

# **ОСОБЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ**

Москва  
2015

**Особые радиоактивные отходы.** — Под общей редакцией И.И. Линге. М.: ООО «САМ полиграфист», — 2015 г. — 240 с.

**ISBN 978-5-00077-364-2**

**Авторы:**

А.А. Абрамов (разд. 2.5, гл. 3-6), А.Н. Дорофеев (гл. 3, 6), Ж.В. Тяжкороб (гл. 3, 6) — Госкорпорация «Росатом»; М.Н. Савкин (гл.1, разд. 2.1, гл. 4, 5), М.В. Ведерникова (разд. 1.2, 2.1, гл. 3-5, разд. 6.2), И.И. Линге (гл. 1-6), С.С. Уткин (гл. 4, разд. 6.1), В.И. Дорогов (гл.3-6), А.А. Самойлов, (разд. 2.5), Д.В. Бирюков (разд. 6.3) — ИБРАЭ РАН; И.И. Крышев (разд. 2.4, 4.8, 5.5) — ФГБУ «НПО «Тайфун»; В.В. Бочкарев (разд. 2.3, 3.4), М.А. Непейпиво (разд. 2.3), А.С. Абакумова (разд. 3.4)– ФБУ «НТИЦ ЯРБ»; В.Г. Барчуков, О.А. Кочетков (разд. 2.2, гл. 4) — ГНЦ РФ ГБУ «ФМБА им. А.И. Бурназяна»; В.В. Касаткин (разд. 1.2, 3.4, 6.1) — АО «ВНИПИПромтехнологии»; Н.П. Поцяпун (разд. 2.2, 6.1) — ФМБА России; В.С. Репин (разд. 3.4, 6.1) — ФБУН НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева; Л.А. Курындина (разд. 2.4, гл.4).

**Авторы выражают благодарность специалистам:**

Ростехнадзор: Е.Г. Кудрявцеву, Е.В. Шевцовой — за активное участие в формировании подходов, рассмотрении и обсуждении результатов первичной регистрации РАО;  
ФБУ «НТИЦ ЯРБ»: А.А. Хамазе, Р.Б. Шарафутдинову, А.Е. Щадилову, Д.Т. Ханбиковой — за активное участие в формировании подходов, рассмотрении и обсуждении результатов первичной регистрации РАО;  
ФГУП «НПО РАО»: А.А. Ковальчук, А.Н. Каманину, А.А. Куликову, О.И. Ивановой, О.Е. Косовой, К.Н. Лаврову, М.В. Старковой — за активное участие в первичной регистрации РАО и её информационном обеспечении на основе СГУК РВ и РАО;  
ФГУП «ПО «Маяк»: Ю.Г. Мокрову — за обсуждение стратегий эволюции водоемохранилищ РАО;  
АО «ВНИПИПромтехнологии»: В.А. Ильичеву, А.В. Касаткину, В.Е. Латышеву — за активное участие в инвентаризации объектов проведения ядерных взрывов в мирных целях;  
НИЦ «Курчатовский институт»: А.В. Чеснокову — за активное участие в рассмотрении и обсуждении методических подходов и результатов первичной регистрации РАО;  
ИБРАЭ РАН: С.В. Панченко, В.А. Иванову, О.Г. Мызниковой, В.А. Казакову, О.А. Самойловой, П.А. Блохину — за помощь в работе.

ISBN 978-5-00077-364-2



9 785000 773642 >

### **Аннотация**

*В монографии обобщен зарубежный и отечественный опыт обращения с накопленными радиоактивными отходами (РАО) в ядерном топливном цикле и оборонном комплексе — «ядерным наследием холодной войны». Рассмотрены современные правовые и нормативные основы формирования Единой государственной системы обращения с РАО. Законодательное выделение удаляемых и особых РАО создает условия для осуществления наиболее безопасных и экономически эффективных вариантов окончательного захоронения удаляемых отходов в централизованных пунктах захоронения и особых РАО в месте их размещения. Дана характеристика регулирующих технических, санитарно-гигиенических и природоохранных требований по безопасному обращению с РАО.*

*Для обоснования отнесения накопленных отходов к особым РАО в качестве критериальных показателей применяются коллективные эффективные дозы облучения, риски потенциального облучения, затраты, связанные с удалением радиоактивных отходов и с захоронением радиоактивных отходов в месте их размещения, а также оценки совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения. Комплекс радиологических, радиоэкологических и экономических факторов за весь период потенциальной опасности РАО для целей стратегического планирования и реализации принципа обоснования практической деятельности впервые введен в системе регулирования в области использования атомной энергии. Это потребовало разработки методических подходов по оценке этих критериальных показателей, которые изложены в монографии.*

*Практическое внедрение методических подходов реализовано в ходе первичной регистрации РАО, проведенной в 2013-2014 годах. Приведены результаты оценки критериальных показателей на примере организаций атомной отрасли, на которых накоплены значительные количества РАО. К особым РАО было отнесено более 99,9% всех накопленных жидких РАО и более 82% по объему накопленных ТРО без учета захороненных в пунктах глубинного захоронения РАО и РАО в центральных зонах мирных ядерных взрывов. Особые РАО размещены в 67 пунктах хранения РАО на территориях семи организаций. Еще в отношении 89 объектов решения были отложены по причинам, которые анализируются в монографии.*

*Рассмотрены среднесрочные и долгосрочные перспективы решения проблем обращения с РАО. Приведены результаты работ, выполненных в отношении пунктов хранения особых РАО, в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года», а также планируемые работы в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года».*

## Оглавление

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение.....                                                                                                 | 6   |
| 1 Особенности обращения с накопленными РАО .....                                                              | 9   |
| 1.1 Обращение с накопленными РАО за рубежом.....                                                              | 9   |
| 1.1.1 США.....                                                                                                | 10  |
| 1.1.2 Великобритания .....                                                                                    | 14  |
| 1.2 Накопленные РАО в России.....                                                                             | 16  |
| 1.2.1 Добыча сырья .....                                                                                      | 18  |
| 1.2.2 Предприятия оборонного комплекса .....                                                                  | 20  |
| 1.2.3 Предприятия Топливной компании «ТВЭЛ».....                                                              | 22  |
| 1.2.4 Научные учреждения для решения задач использования ядерных технологий... 25                             |     |
| 1.2.5 Производство атомной электроэнергии .....                                                               | 27  |
| 1.2.6 Атомный флот.....                                                                                       | 28  |
| 1.2.7 Обращение с РАО в народном хозяйстве.....                                                               | 30  |
| 1.2.8 Ядерные взрывы для народного хозяйства .....                                                            | 32  |
| 1.2.9 Используемые подходы и мероприятия по обеспечению безопасности обращения с РАО .....                    | 33  |
| 1.3 Международные принципы и требования по безопасному обращению с РАО.....                                   | 36  |
| Заключение к главе 1 .....                                                                                    | 51  |
| Список литературы к главе 1 .....                                                                             | 52  |
| 2 Развитие правовых и организационных основ обращения с РАО .....                                             | 56  |
| 2.1 Нормативно-правовые основы .....                                                                          | 56  |
| 2.2 Санитарные нормы и правила .....                                                                          | 60  |
| 2.3 Федеральные нормы и правила.....                                                                          | 66  |
| 2.4 Природоохранные требования .....                                                                          | 76  |
| 2.5 Единая государственная система обращения с РАО .....                                                      | 78  |
| 2.5.1 Обращение с вновь образующимися РАО .....                                                               | 80  |
| 2.5.2 Обращение с накопленными РАО.....                                                                       | 82  |
| Заклучение к главе 2 .....                                                                                    | 83  |
| Список литературы к главе 2 .....                                                                             | 84  |
| 3 Первичная регистрация РАО и установление мест их размещения .....                                           | 89  |
| 3.1 Назначение первичной регистрации РАО .....                                                                | 89  |
| 3.2 Организация и проведение первичной регистрации РАО.....                                                   | 89  |
| 3.3 Промежуточные итоги первичной регистрации РАО .....                                                       | 93  |
| 3.4 Объекты, образовавшиеся при использовании ядерных зарядов в мирных целях.....                             | 95  |
| Заклучение к главе 3 .....                                                                                    | 102 |
| Список литературы к главе 3 .....                                                                             | 103 |
| 4 Методические подходы к обоснованию отнесения РАО к особым РАО .....                                         | 106 |
| 4.1 Состав и границы ПХРО.....                                                                                | 107 |
| 4.2 Период потенциальной опасности РАО.....                                                                   | 108 |
| 4.3 Принципиальная возможность захоронения РАО в месте нахождения .....                                       | 110 |
| 4.4 Сценарии обращения с РАО.....                                                                             | 111 |
| 4.5 Коллективные эффективные дозы .....                                                                       | 113 |
| 4.5.1 Оценка коллективной эффективной дозы облучения, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения..... | 114 |

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5.2 Оценка коллективной эффективной дозы облучения, связанной с удалением РАО..... | 118 |
| 4.6 Риски потенциального облучения .....                                             | 122 |
| 4.7 Затраты, связанные с захоронением РАО в месте нахождения.....                    | 126 |
| 4.8 Совокупный размер возможного вреда окружающей среде.....                         | 129 |
| 4.9 Затраты, связанные с удалением РАО.....                                          | 136 |
| 4.10 Представление итоговых результатов.....                                         | 142 |
| Заключение к главе 4 .....                                                           | 143 |
| Список литературы к главе 4 .....                                                    | 144 |
| 5 Опыт проведения оценок критериальных показателей.....                              | 147 |
| 5.1 Пункты хранения жидких РАО.....                                                  | 149 |
| 5.1.1 Водоем В-17 (оз. Старое болото) ПО «Маяк» .....                                | 149 |
| 5.1.2 Бассейн Б-25 СХК.....                                                          | 153 |
| 5.2 Приповерхностные пункты хранения ТРО.....                                        | 156 |
| 5.2.1 Грунтовые могильники ПО «Маяк» .....                                           | 156 |
| 5.2.2 Хранилище ТРО ГХК.....                                                         | 162 |
| 5.2.3 Приповерхностное хранилище ТРО ГХК .....                                       | 164 |
| 5.3 Хвостохранилища.....                                                             | 169 |
| 5.3.1 Хвостохранилище №1 ЧМЗ.....                                                    | 169 |
| 5.3.2 Хвостохранилище «Верхнее» ППГХО .....                                          | 175 |
| 5.3.3 Хвостохранилище НЗХК .....                                                     | 179 |
| 5.4 Заглубленные пункты хранения ТРО.....                                            | 182 |
| 5.4.1 Графитовая кладка бывшего уран-графитового реактора АД ГХК .....               | 182 |
| 5.4.2 Приреакторные хранилища ТРО ГХК.....                                           | 187 |
| 5.5 Совокупный размер возможного вреда окружающей среде.....                         | 191 |
| 5.6 География расположения пунктов хранения особых РАО .....                         | 201 |
| Заключение к главе 5 .....                                                           | 204 |
| Список литературы к главе 5 .....                                                    | 204 |
| 6 Итоги и перспективы работ по накопленным РАО .....                                 | 209 |
| 6.1 Итоги работ ФЦП ЯРБ.....                                                         | 209 |
| 6.1.1 Типовые работы по удалению РАО и консервации пунктов хранения .....            | 209 |
| 6.1.2 Работы по крупным поверхностным водоемам-хранилищам ЖРО .....                  | 216 |
| 6.1.3 Работы по действующим объектам.....                                            | 217 |
| 6.1.4 Объекты МЯВ .....                                                              | 220 |
| 6.2 Отложенные решения .....                                                         | 224 |
| 6.3 Планы работ на 2016-2030 гг. ....                                                | 226 |
| Заключение к главе 6 .....                                                           | 228 |
| Список литературы к главе 6 .....                                                    | 229 |
| Заключение .....                                                                     | 231 |
| Список используемых сокращений .....                                                 | 234 |

## Введение

Одной из основных составляющих ядерного наследия холодной войны являются накопленные радиоактивные отходы (РАО). Долгое время практика обращения с РАО, как в Советском Союзе, так и США, заключалась в создании временных пунктов хранения РАО в месте их образования на объектах ядерного топливного цикла (ЯТЦ) и оборонного комплекса (ОК). Неявно предполагалось, что решения об окончательной изоляции РАО не являются приоритетными в системе обеспечения безопасности и могут быть отложены на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Регламентация допустимого облучения, в основном, была ориентирована на годовые пределы доз персонала и населения, и глубина системы радиационно-гигиенического нормирования ограничивалась временем жизни одного поколения. Такой концептуальный подход к регулированию имеет свои объяснения, которые находятся в научной области (горизонт знаний), технологических возможностях (создание многобарьерной защиты), доминирующих государственных установках (доктрина национальной безопасности) и уровне развития гражданского общества в ядерных державах (доминирующие социальные, этические и экологические установки). Развитие и влияние указанных составляющих со временем привело к созданию более совершенной международной системы обеспечения безопасности при обращении с вновь образующимися РАО, включая их захоронение. В отношении накопленных «исторических» отходов была дана лишь общая рекомендация по обеспечению приемлемого уровня безопасности с учетом экономических и социальных факторов, а их системное развитие для практического применения предполагалось на национальном уровне.

К настоящему времени накопленные РАО в России — это около 410 млн м<sup>3</sup> жидких и 83 млн м<sup>3</sup> твердых РАО общей активностью  $6,3 \cdot 10^{19}$  Бк (1,7 млрд Ки). Еще 60 млн м<sup>3</sup> ЖРО захоронены в пунктах глубинного захоронения РАО. Основная часть накопленных РАО находится на промышленных площадках организаций Госкорпорации «Росатом».

Период 2003–2007 годов характеризуется становлением современной государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности в России. В декабре 2003 года были утверждены Основы государственной политики обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу. В конце 2005 года была ратифицирована Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. В 2007 году были утверждены мероприятия Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ). В 2008 году были выработаны основные подходы и начата практическая работа по совершенствованию правовых основ в области обращения с РАО, которая завершилась вступлением в силу 2011 г. Федерального закона от 11.07.2011 № 190-ФЗ (далее — №190-ФЗ) [1]. В нем определена ответственность государства за обращение с накопленными РАО, т.е. образовавшимися до 15 июля 2011 года и предусмотрено проведение первичной регистрации РАО и установления мест их размещения, дающей правовое основание отнесения всех накопленных РАО к федеральной собственности. Закрепление конечной ответственности за государством уже реализуется — через субсидии на хранение, переработку, захоронение накопленных РАО и мероприятия ФЦП ЯРБ.

В Статье 4 закона все РАО подразделяются на удаляемые (перемещаемые в централизованные пункты захоронения) и особые (захораниваемые в месте их нахождения), исходя из принципа минимизации рисков и затрат при выборе оптимального варианта обращения с РАО. Выделение категории особых РАО стало стратегическим решением, которое учитывает специфику образования ядерного наследия и государственную ответственность в сфере обращения с РАО. Отнесение РАО к особым должно обеспечить возможность реализации не менее безопасного, но существенно менее затратного способа окончательной изоляции ранее накопленных РАО — консервации пункта хранения РАО, а затем и обособленного с позиций долгосрочной безопасности перевода в пункт захоронения РАО.

Качественные и количественные критерии отнесения РАО к особым РАО были установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1069 (далее — ПП № 1069). [2], а порядок проведения первичной регистрации РАО, в рамках которой проводилось отнесение накопленных РАО к особым, регламентировался постановлением Правительства Российской Федерации [3] и приказом Госкорпорации «Росатом» [4].

Установленные ПП №1069 критерии представляют собой дополнительные регулирующие требования к действующим федеральным и санитарным нормам и правилам в области обеспечения радиационной безопасности. Специфика этих дополнительных требований состоит в том, что они относятся не к референтным индивидам — лицам из критической группы населения и персоналу ядерно и радиационно опасного объекта (ЯРОО), а к популяциям настоящего и будущих поколений. Критерии выражены в форме коллективных эффективных доз и рисков за весь период потенциальной опасности РАО, затрат на обращение с ними и совокупного размера возможного вреда окружающей среде. Такое комплексное сочетание критериальных показателей различной природы для сравнения альтернативных вариантов обращения с РАО нуждалось в научной трактовке с точки зрения современной системы радиационной защиты и согласования позиций регулирующих органов. Эта первая из сложных научных задач, решение которой рассмотрено в настоящей монографии.

Второй сложной задачей являлась необходимость трансляции выработанных подходов к заинтересованным организациям. Основная роль в подготовке материалов для первичной регистрации и разработке обоснования отнесения РАО к особым или удаляемым РАО отводилась эксплуатирующей организации, в чьей собственности, хозяйственном ведении, оперативном управлении находятся пункты хранения РАО (ПХРО). Она обладает наиболее полной информацией по: истории образования РАО, назначению ПХРО, эксплуатации, состоянию физических барьеров безопасности, имеющимся сведениям в отчетах по безопасности, ОВОС, проектных материалах по консервации объекта РАО и др.

Хотя каждый объект хранения РАО может иметь свою специфику, однако, разумная унификация процедуры подготовки обосновывающих материалов, активная работа межведомственных комиссий при прохождении первичной регистрации позволила избежать неверных решений по отнесению РАО к особым РАО. Во внимание была принята различная мотивация вовлеченных в процесс сторон. Например, заинтересованность эксплуатирующих организаций в отнесении РАО к особым РАО заключалась, главным образом, в получении ресурсов для повышения безопасности ПХРО за счет консервации и снижения будущих расходов на их содержание. Регулирующие органы должны были получить гарантии учета требований законодательства Российской Федерации в области использования атомной энергии, охраны природы, радиационной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия, федеральных норм и правил (ФНП) в области использования атомной энергии и рекомендаций признанных международных организаций. Органы государственного управления — убедиться в том, что принятая стратегия обращения с федеральной собственностью является наиболее рачительной и безопасной.

Ключевые аспекты работы по методической и организационной подготовке и проведению первичной регистрации РАО в 2013-2014 годах, в том числе обоснованию отнесения РАО к особым РАО, активно отражались в научной литературе и обсуждались в заинтересованном научном сообществе, в том числе на заседаниях научно-технического совета №10 «Ядерная, радиационная и экологическая безопасность» Госкорпорации «Росатом». Опыт обсуждений проблемы на рабочей группе Общественного совета Госкорпорации «Росатом» и на ряде других общественных мероприятий показали высокую чувствительность к теме признания РАО особыми, то есть подлежащими захоронению на месте.

Назначение настоящей монографии заключается в обобщении всей совокупности материалов по выработке подходов и их практической реализации.

В первой главе рассмотрена история и опыт обращения с накопленными РАО в США, Великобритании и России. Показана эволюция международной системы обеспечения безопасности обращения с вновь образующимися РАО за последние десятилетия. Признавая, что требования и условия обращения с накопленными РАО в прошлом не вписываются в полной мере в современную систему, МАГАТЭ предлагает обосновать и внедрить правовые, регулирующие требования и организационно-технические мероприятия, наиболее уместные в конкретных обстоятельствах на национальном уровне. Дифференцированный и всесторонний подходы рекомендуется применять взамен облигатных единообразных схем регулирования.

Во второй главе дана характеристика отечественной законодательной базы и подзаконных актов в области обращения с РАО. Анализируется становление и расширение области регулирования, начиная с санитарно-эпидемиологического нормирования и надзора, затем лицензирования ОИАЭ и надзора за его деятельностью, и заканчивая экологическими требованиями по защите окружающей среды. С одной стороны, такое расширение тематики безопасности демонстрирует всесторонний охват проблем безопасности источника, человека и защиты окружающей среды, а с другой стороны, требует согласования и гармоничного сочетания регулирующих требований. Во второй главе также изложены основные цели, принципы и задачи формирования Единой государственной системы обращения с РАО (ЕГС РАО). Рассмотрены особенности и перспективы обращения с накопленными РАО и вновь образующимися удаляемыми РАО.

Третья глава содержит сведения о проведении первичной регистрации РАО на различных предприятиях. Изложены трудности этой работы в отношении объектов использования мирных ядерных взрывов (МЯВ), часть из которых оказалась бесхозными объектами. Более детально обсуждаются формальные трудности отнесения РАО к особым РАО вследствие жестких требований к месту размещения пунктов захоронения РАО и их санитарно-защитных зон. Отложенные до лучших времен решения по объектам, которые не могут быть однозначно отнесены к ПХ особым РАО, в определенной степени, тормозят реализацию на практике стратегии наиболее безопасного и экономически эффективного обращения с РАО.

В четвертой главе изложен методический подход по обоснованию отнесения отходов к особым РАО. Даны алгоритмы и исходные данные для оценки критериальных показателей: коллективной дозы персонала и населения и обобщенного риска потенциального облучения за весь период потенциальной опасности РАО, совокупного размера вреда окружающей среде и расходов на захоронение.

В пятой главе приведены многочисленные примеры практического использования методических подходов по оценке критериальных показателей альтернативных вариантов захоронения, изложенных в предыдущей главе, для уникальных и типовых объектов размещения накопленных РАО.

В шестой главе содержатся результаты проведенных в рамках ФЦП ЯРБ мероприятий по обращению с накопленными РАО, а также планы по дальнейшей реализации мероприятий, направленных на кардинальное улучшение долгосрочной безопасности объектов «ядерного наследия». В среднесрочной перспективе эти мероприятия планируется осуществить в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2), подготовленной к настоящему времени.

# 1 Особенности обращения с накопленными РАО

## 1.1 Обращение с накопленными РАО за рубежом

Понятие «ядерное наследие» в широком смысле включает как разработанные технологии мирного и военного использования атомной энергии — основного направления технической революции XX века, так и фактические и/или потенциальные негативные последствия широкого внедрения этих технологий. К негативным радиационным последствиям для нынешнего и будущего поколения относится радиоактивное загрязнение окружающей среды вследствие прошедших радиационных аварий и больших сбросов радиоактивных веществ в открытую гидрологическую сеть, которое требует реабилитации территорий в конкретных сложившихся ситуациях существующего облучения. Также значительную технологическую и финансовую проблему представляют собой накопленные в больших количествах ОЯТ и РАО, хранение и обращение с которыми не соответствует современным требованиям и нуждается в существенном улучшении в рамках ситуации планируемого облучения. В данной монографии рассматривается только один аспект ядерного наследия — накопленные РАО, образовавшиеся в результате широкомасштабных работ в ОК, ЯТЦ и при мирном использовании ядерных технологий, таких как МЯВ.

На рисунке 1.1 схематически показаны РАО, характерные для различных этапов жизненного цикла в ОК и ЯТЦ.

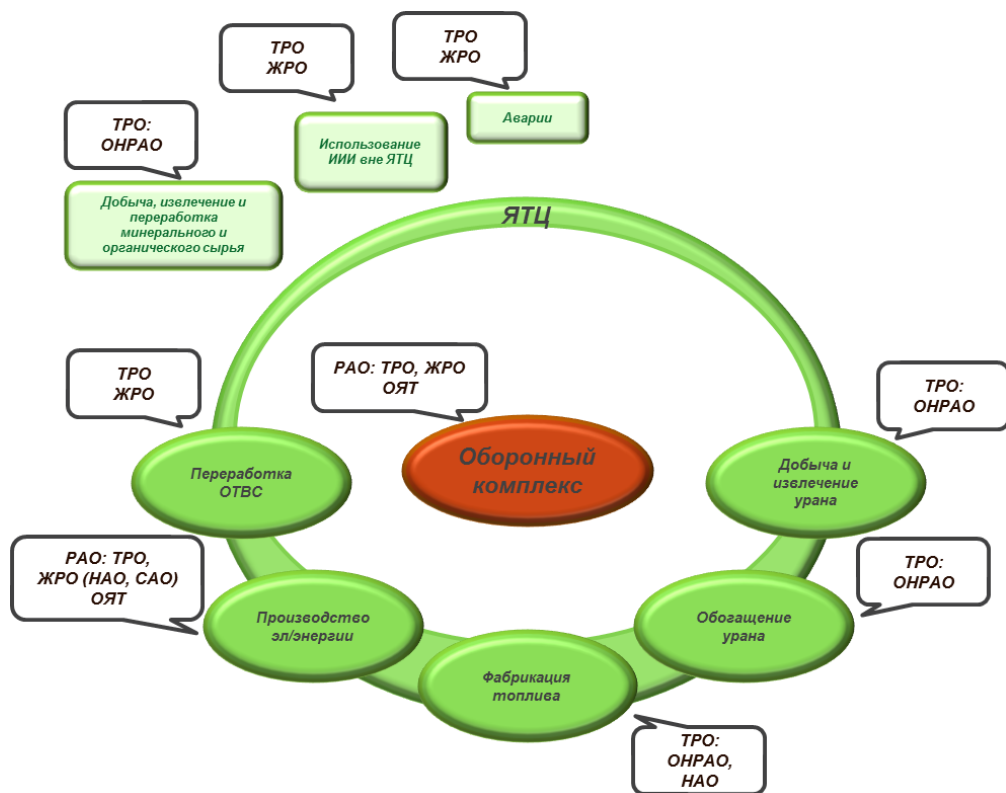


Рисунок 1.1 — Формирование накопленных РАО на этапах жизненного цикла ядерных технологий

Краткий исторический экскурс формирования ядерного наследия и обращения с ним рассмотрен для трех стран: США, Великобритании и СССР (России).

### 1.1.1 США

Начало формирования ОК США относится к 1943 году, когда на трех площадках в Хэнфорде, Окридже и Лос-Аламосе стартовали работы по созданию первой в мире атомной бомбы.

В целом, по назначению все объекты ОК США можно разделить на восемь категорий, основные из них представлены в таблице 1.1 и на рисунке 1.2 [5,6].

Таблица 1.1 — Основные площадки ОК США

| Этап | Операции                          | Промплощадки и полигоны (штаты)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Добыча, обработка и аффинаж урана | <p><u>Добыча и обработка:</u> Белфилд, Боуман (Северная Дакота); Лоуман (Айдахо), Лейквью (Орегон), Ривертон, Спук (Вайоминг), Солт Лейк Сити, Грин Ривер, Монтицелло Сайт, Мексикан Хэт (Юта), Гранд Джанкшн Милл Тейлинг Сайт, Мэйбел, Олд &amp; Нью Райфл, Натурита, Слик Рок, Ганнисон, Дуррандо (Колорадо), Туба Сайт, Монумент Велли (Аризона), Шипрок, Аэбросия Лейк (Нью-Мексико), Фолс Сити (Техас);</p> <p><u>Опробование урановой руды и выпуск промежуточных соединений урана:</u> Ферналд и Миддлсекс;</p> <p><u>Аффинаж:</u> Ферналд и Уэлдон Спринг; Окридж Y-12 (компоненты оружия и реакторное топливо высокого обогащения); Окридж завод К-25, газодиффузионные заводы в Падьюке и Портсмуте (производство топлива на основе UF<sub>6</sub>).</p> |
| 2    | Разделение изотопов               | <p><u>Уран:</u> Окридж завод К-25, газодиффузионные заводы в Падьюке и Портсмуте;</p> <p><u>Литий:</u> Окридж комплекс Y-12 — заводы COLEX и ELEX;</p> <p><u>Тяжелая вода:</u> завод по производству тяжелой воды в Саванна Ривер и завод Дана.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3    | Изготовление ТВЭЛов и мишеней     | <p><u>ВОУ:</u> зона 300М Саванна Ривер;</p> <p><u>Уран:</u> Ферналд, Аштабула, зона 300 Хэнфорд, зона 300М Саванна Ривер;</p> <p><u>Обогащенный литий:</u> Окридж Y-12 и Саванна Ривер зона М.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4    | Реакторное производство           | <p><u>Хэнфорд:</u> реакторы В, D, F, H, DR, C, KW, KE и N;</p> <p><u>Саванна Ривер:</u> реакторы R, P, K, L, и C.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5    | Радиохимия                        | <p><u>Оружейный плутоний:</u> Хэнфорд зоны 200 East&amp;West (PUREX, REDOX, заводы Т и В, 231-Z); Саванна Ривер (комплекс F);</p> <p><u>Переработка урана:</u> Хэнфорд (PUREX, REDOX, завод U); Саванна Ривер (каньон Н), Национальная техническая лаборатория Айдахо (завод по химической переработке);</p> <p><u>Тритий:</u> Саванна Ривер.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 6    | Производство компонентов оружия   | <p><u>Плутоний:</u> Роки Флэтс, Хэнфорд (установка для аффинажа плутония), Лос Аламос (ТА-21 и ТА-55);</p> <p><u>Высокообогащенный и обедненный уран:</u> Окридж Y-12 и Роки Флэтс;</p> <p><u>Тритий (в т.ч. восстановление и переработка):</u> Маунд, Саванна Ривер;</p> <p><u>Дейтерид лития-VI (в т.ч. восстановление и переработка):</u> Окридж Y-12;</p> <p><u>Переработка плутония:</u> Роки Флэтс, Лос Аламос (ТА-55), Хэнфордский аффинажный завод.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 7    | Производство оружия               | <p><u>Неядерные производства:</u> Пантекс (шт. Техас), Окридж Y-12, Маунд, Канзас Сити, Пинеллас (шт. Флорида);</p> <p><u>Сборка и демонтаж:</u> Сандийский лаборатории, Пантекс, Берлингтон;</p> <p><u>Совершенствование технологий и техническое обслуживание:</u> Пантекс, Берлингтон, Сандийские лаборатории, Кларксвилл, модификационный центр Медина.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|   |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | Исследования, разработка и испытания | <p><u>Национальные лаборатории:</u> Лос-Аламосская лаборатория, Ливерморская лаборатория им. Лоренса, Сандийские лаборатории (шт. Калифорния и шт. Нью-Мексико);</p> <p><u>Испытательные полигоны:</u> испытательный полигон в штате Невада; атоллы Бикини и Эниветок, о. Рождества, атолл Джонстон, о. Амчитка, испытательный полигон в Тонопа, испытательный полигон на оз. Солтон-Си.</p> |
|---|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

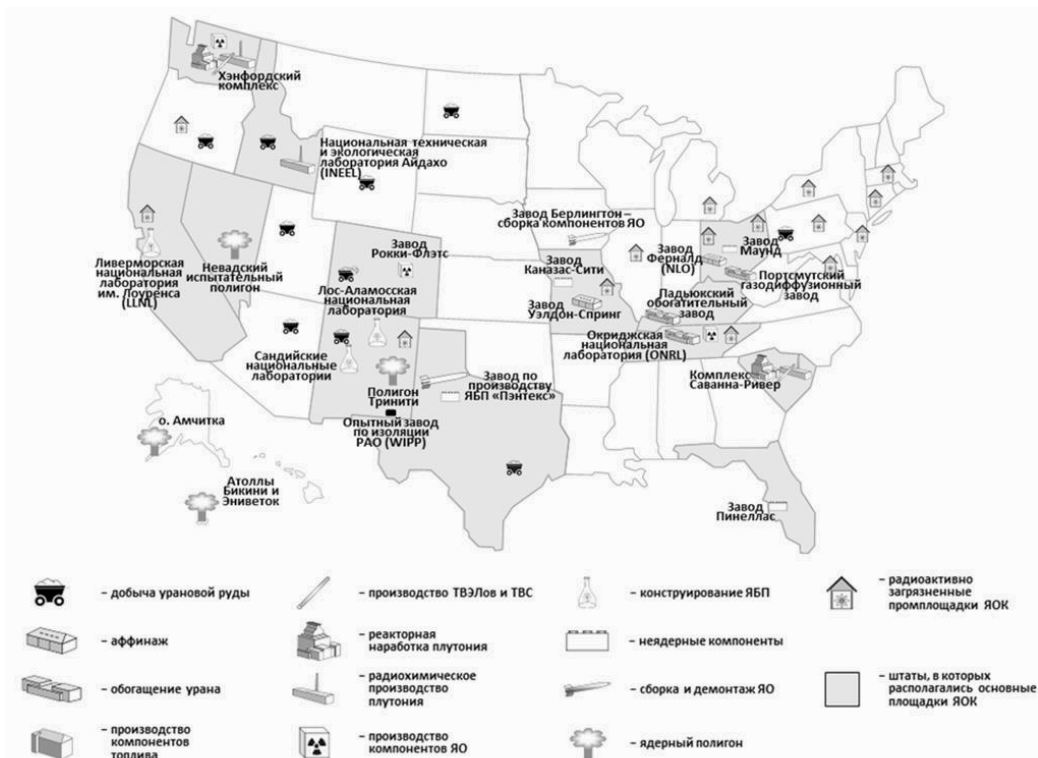


Рисунок 1.2 — География размещения основных площадок ОК США с 1943 по 1989 год

В рамках программы мирных ядерных взрывов “Plowshare”, разработанной в 1957 году, с 1961 по 1973 год было произведено 27 ядерных взрывов в 3 штатах, в основном, на площадке Най округа Невада. Некоторые из взрывов сопровождались радиоактивным загрязнением прилегающей территории, что стало одной из причин закрытия программы [7].

Категоризация РАО с учетом их радиационных, физических и химических признаков является исходным пунктом при обращении с РАО, включая их захоронение. Она, с одной стороны, позволяет стандартизовать технологии обращения с различными видами РАО, исходя из их потенциальной опасности, существующей производственной базы и норм безопасности, а с другой стороны, влияет на формирование национальной стратегии и функционирование системы регулирования и надзора на всех этапах обращения с РАО.

В США ситуация с классификацией отходов выглядит достаточно запутанной, что обусловлено тем, что регулирование при использовании атомной энергии в оборонной и коммерческой деятельности осуществлялось независимо двумя органами: Министерством энергетики (DOE) и с 1957 года Комиссией по ядерному регулированию (NRC).

Классификация военных РАО включает ВАО, НАО, трансурановые РАО и вторичные РАО. Большая часть ВАО образовалась на военных установках Хэнфорда и Саванна

Ривер. Однако и для этих двух объектов DOE имеются терминологические расхождения, а численные значения в классах РАО отличаются друг от друга.

В таблице 1.2 приведена классификация РАО, находящихся в регулирующей юрисдикции NRC. Можно отметить, что категории САО нет, но ее заменяет класс выше С в категории НАО.

Таблица 1.2 — Категоризация РАО в США [8]

| Категория РАО | Определение                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (BAO-HLW)     | 1) ОЯТ коммерческих реакторов*<br>2) Отходы переработки: жидкие отходы экстракции урана и плутония и твердые отходы, в которые переходят жидкие фазы.<br>DOE считает, BAO — это 2), а NRC — 1) и 2)                                                                                              |
| ТУЭ           | Отходы с атомным номером больше 92, включающие нуклиды с периодом полураспада больше 20 лет и концентрацией более 100 нКи/г (3,7 кБк/г).                                                                                                                                                         |
| (HAO-LLW)     | Это отходы, которые не относятся к BAO, ОЯТ, ТУЭ, или побочные продукты, например урановые хвосты. Среди классов наименее опасный Класс А, а наиболее опасный — класс выше С.                                                                                                                    |
| Класс А       | Начальное загрязнение КЖН в среднем $0,1 \text{ Ки/куб.фут}$ ( $1,3 \cdot 10^5 \text{ Бк/см}^3$ )                                                                                                                                                                                                |
| Класс В       | Большее загрязнение КЖН по сравнению с Классом А — в среднем $2 \text{ Ки/куб. фут}$ ( $2,6 \cdot 10^6 \text{ Бк/см}^3$ )                                                                                                                                                                        |
| Класс С       | Может быть большее загрязнение КЖН и ДЖН чем в Классах А и В — в среднем $7 \text{ Ки/куб.фут}$ ( $9,2 \cdot 10^6 \text{ Бк/см}^3$ )                                                                                                                                                             |
| Класс выше С  | Наиболее радиоактивные НАО в среднем $300 - 2500 \text{ Ки/куб.фут}$ ( $3,9 \cdot 10^8 - 3,3 \cdot 10^9 \text{ Бк/см}^3$ ). Величина 300 основана на инвентаризации 1985 года, а 2500 это ожидаемая величина объемной активности в 2020, включая отходы, образующиеся при выводе из эксплуатации |

\* С 1977 года в США запрещено осуществлять переработку ОЯТ. Поэтому ОЯТ рассматривается в качестве BAO, за окончательное захоронение которых в пункте глубинного геологического захоронения ответственность несет государство.

Класс А требует защиты персонала или населения и наблюдения до 100 лет, до тех пор пока радиоактивный распад не приведет к приемлемым уровням объемной активности. Класс В требует изоляции и защиты во время обращения с РАО. Класс С требует изоляции от биосферы в течение 500 лет. Отходы должны быть захоронены на глубину не менее 5 м и иметь защитные барьеры (контейнер или засыпка грунтом). Отходы класса выше С не могут быть захоронены в приповерхностных сооружениях. Они включают в себя коммерческие ТУЭ с периодом полураспада более 5 лет и удельной активностью выше 100 нКи/г (3,7 кБк/г).

«Ядерное наследие» в соответствии с законодательством США включает в себя четыре основных компонента [9]:

- отходы, в том числе BAO, трансурановые РАО, НАО, другие опасные отходы, а также вторичные материалы, признаваемые РАО в соответствии с законом «Об атомной энергии» США от 1954 г. и последующими поправками к нему [10];
- загрязненные компоненты окружающей среды, в том числе почва, грунтовые и поверхностные воды, донные отложения, загрязненный строительный мусор, обломочные породы и др. материалы;
- остановленные ядерные установки, в прошлом использовавшиеся для производства ядерного оружия, дальнейшая эксплуатация которых не предусмотрена и планируется проведение работ по дезактивации и выводу их из эксплуатации;
- ядерные материалы (уран, плутоний, литий, ОЯТ) и неядерные материалы, включенные в реестр (неиспользуемое оборудование, компоненты ядерного оружия и др.), не отне-

сенные к категории РАО, находящиеся в хранилищах Министерства энергетики США (DOE), которые на данный момент не используются.

Обязанности по обращению с ядерным наследием возложены на DOE. К 1989 году на момент начала реализации американской программы по выводу из эксплуатации (ВЭ), восстановлению качества окружающей среды и рекультивации загрязненных земель были определены объемы наследия и сформулированы следующие задачи [11]:

- осуществить обращение с более чем 2 млн м<sup>3</sup> РАО, в том числе с НАО, смешанными, трансурановыми отходами и ВАО;
- осуществить обращение с более чем 500 000 м<sup>3</sup> ВАО, хранящимися в громадных стареющих подземных резервуарах, треть из которых на момент начала работ по реабилитации уже дала течь;
- провести дезактивацию и ликвидацию сотен крупных радиоактивно загрязненных зданий и сооружений (реакторов, обогатительных и радиохимических заводов, пунктов хранения и лабораторий);
- стабилизировать и рекультивировать площадки тысяч брошенных урановых рудников и урановых хвостохранилищ, содержащих порядка 20 млн тонн РАО;
- произвести очистку грунтовых вод и почвы (порядка 3,7 млрд м<sup>3</sup>);
- осуществить обращение с 730 000 т материалов реакторного производства, в том числе с сотнями тонн оружейных материалов, содержащих высокообогащенный уран и плутоний, а также с порядка 20 000 радионуклидных источников, использовавшихся в медицине, промышленности и науке.

По состоянию на 2000 год DOE имел обязанности по рекультивации 114 промышленных площадок предприятий (44 оставалось еще очистить), некоторые из которых были образованы на заре ядерного века. Для того, чтобы проводить ВЭ большого числа загрязнённых предприятий, DOE разработал и внедрил стратегию, направленную на приоритетное выполнение работ с источниками, которые создают наибольшее приращение рисков, и тех работ, которые способствуют сокращению высоких затрат на контроль и техническое обслуживание. При таком подходе не полностью дезактивированные предприятия становятся безопасными и устойчивыми, а техническое обслуживание обходится достаточно дешево. Среди всех объектов ОК США следует выделить четыре промышленных комплекса, занимавших центральное место в реализации американской ядерной программы: Хэнфорд, Окридж, Саванна Ривер и Лос-Аламос. Именно эти площадки подверглись наиболее значительному радиоактивному загрязнению и включают наибольшее количество крупных объектов, подлежащих ВЭ и захоронению.

Годовое бюджетное финансирование DOE по статье «Реабилитация внешней среды» (Defense Environmental Cleanup) ежегодно увеличивается примерно на 6%, — в 2013 году оно составляло свыше 4,6 млрд долларов, а в бюджетной заявке на 2016 год фигурирует 5,8 млрд долларов, что составляет 19% от общего бюджета DOE.

Обращение с РАО — это составная часть системы работ на площадках DOE. Для координации работ создана Интегрированная Система Управления на всех площадках, включающая пятиэтапный процесс:

- 1 — определение временных рамок работ и задач, которые надо решить;
- 2 — определение опасностей и рисков, связанных с выполнением работ;
- 3 — разработка и внедрение программы производственного контроля для предотвращения или ограничения опасностей при производстве работ;
- 4 — выполнение работ, согласно установленным требованиям, как только будет подтверждена готовность и получено разрешение;
- 5 — обеспечение обратной связи по проверки адекватности контроля и улучшению процесса уточнения и проведения работ.

Такая схема ориентирует проектную организацию и исполнителя работ на заблаговременный анализ опасностей до их возникновения. Оценено, что около 70% стоимости жизненного цикла зависит от проектных решений, адекватно учитывающих опасности и

риски и включающих организационные и инженерно-технические мероприятия по их снижению, в т.ч. уменьшение объемов отходов и соответствующих затрат на обращение с ними.

Необходимо подчеркнуть, что минимизация РАО и предотвращение загрязнения — это требование федеральных агентств США. Президент Клинтон подписал в 1998 году Исполнительный Акт № 13101 об обязанностях Агентств по этому вопросу. С 1993 по 2000 год DOE снизил объем отходов от рутинных операций на 50% и еще на 30% к 2005 году. Другой важным направлением является внедрение и развитие культуры безопасности на всех уровнях.

В середине 90-х в DOE и NRC решили обновить прежнее регулирование в области обращения с РАО на основе принципа оптимизации радиационной защиты ALARA, рекомендованного в Публикации 60 МКРЗ и стандартах МАГАТЭ. Этот дифференцированный и гибкий подход по улучшению практической деятельности обращения с РАО отличается от прежнего предписывающего (обязательного) характера регулирования. Здесь на первый план вышла оценка опасностей для человека, окружающей среды с учетом социального компонента и затрат на их снижение в каждом конкретном случае.

Четверть вековой опыт, связанный с обращением с накопленными РАО, выводом из эксплуатации и вмешательствами, полученный DOE и извлеченные уроки, могут быть полезны другим странам со сходными проблемами.

### 1.1.2 Великобритания

В январе 1947 года правительство Великобритании приняло решение о начале самостоятельной программы создания ядерной бомбы, так как, несмотря на союзнические отношения с США, доступ к ядерной технологии для нее был закрыт. На площадке Селлафилд (Sellafield) были созданы реакторное (1950 г.) и радиохимическое производство (1952 г.). Другой реакторный завод был введен в эксплуатацию на площадке Чапелкросс (Chapelcross). Топливо для промышленных реакторов вырабатывалось в Спрингфилд (Springfield) из урана, поставляемого, главным образом, из Канады [12]. Схема расположения основных предприятий ОК Великобритании дана на рисунке 1.3.

За все время функционирования реакторных заводов было наработано около 4,1 т делящихся материалов оружейного качества [12]. Причем 1 т от этого количества Великобритания передала США в обмен на высокообогащенный уран и тритий из-за возникших технологических трудностей по разделению изотопов урана.

Натурные испытания ядерных зарядов проводились в пустынной местности Австралии и впоследствии на о. Рождества (1952 г. — атомная бомба и 1958 г. — водородная бомба). Значительная часть ядерного наследия Великобритании приходится на комплекс Селлафилд. Его расположение на побережье Ирландского моря при несовершенстве технологий в ранний период создало предпосылки для массовых сбросов ЖРО в морскую среду. Так сбросы  $\beta$ -излучающих радионуклидов в Селлафилде (без учета трития) составили  $1,3 \cdot 10^{17}$  Бк, что сопоставимо со сбросами в р.Теча с 1949 по 1956 год, — около  $1,1 \cdot 10^{17}$  Бк (3 МКи), и радиоактивных сбросами Хэндфордского ядерного центра в р. Колумбия [13].

Классификация и объемы накопленных РАО в Великобритании характеризуются следующими показателями:

- ВАО — отходы, характеризующиеся высокими уровнями тепловыделения, обусловленными их радиоактивностью, которые необходимо принимать во внимание при проектировании пунктов хранения или захоронения, —  $1\ 100\text{ м}^3$ ;
- САО — отходы, уровни радиоактивного излучения от которых превышают пределы, установленные для НАО, но уровни тепловыделения от таких РАО не следует принимать во внимание при проектировании пунктов хранения или захоронения, —  $290\ 000\text{ м}^3$ ;
- НАО — это РАО, удельная активность которых не превышает 4 кБк/г для альфа-излучателей или 12 кБк/г для бета- и гамма-излучателей, —  $1\ 400\ 000\text{ м}^3$
- ОНАО — часть НАО, в свою очередь, делится на два класса: ОНАО малого объема и ОНАО большого объема,  $\sim 2\ 800\ 000\text{ м}^3$ . Первые можно безопасно захоранивать совмест-

но с промышленными, бытовыми или коммунальными отходами, вторые — в специализированных могильниках.

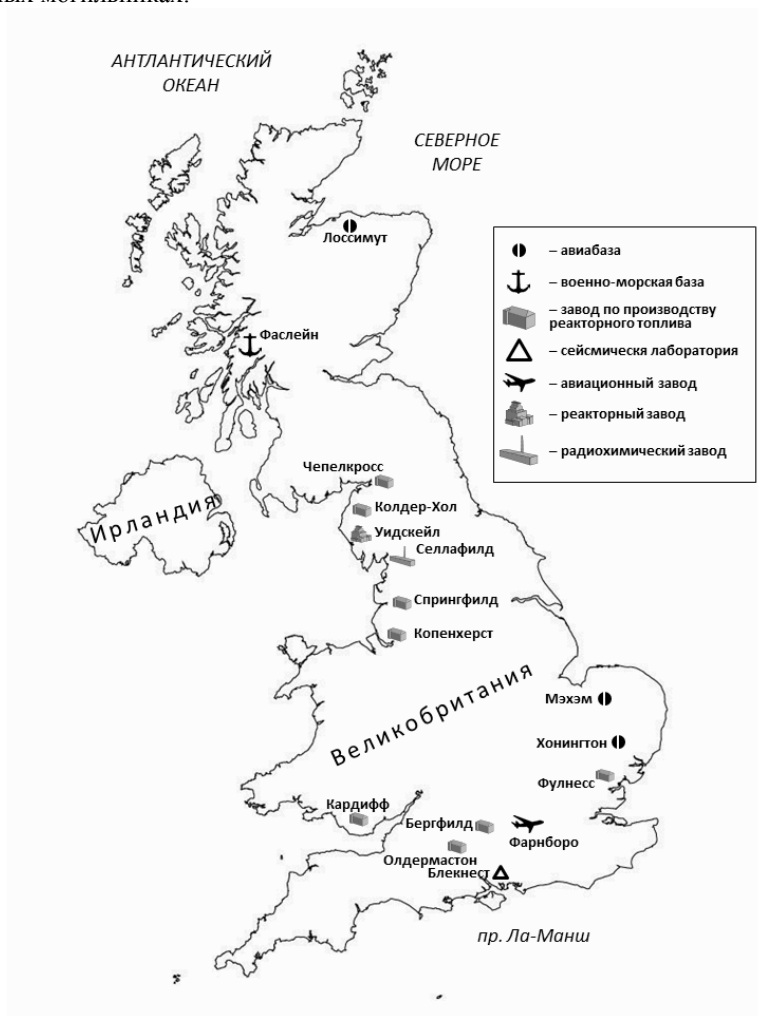


Рисунок 1.3 — Схема размещения ОК Великобритании

С целью определения общей стратегии и приоритетов при ВЭ ядерно и радиационно опасных объектов и обращении с объектами, образовавшимися в ядерном топливном цикле, в 2004 году было образовано Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов (NDA) [14]. Формально NDA не является органом государственного управления, т.е. непосредственно не управляет ядерными предприятиями Великобритании, но оно организует работы путем финансирования контрактов со специализированными компаниями, лицензированными на проведение работ по ВЭ, обращению с РАО и дезактивацией на данных площадках. Эффективное внедрение инноваций и всесторонняя экспертиза контрактов со стороны NDA рассматривается в ходе серии конкурсов аналогично модели, используемой в США. Годовой бюджет NDA составляет 3,2 млрд фунтов стерлингов (около 5 млрд долларов). Основными задачами в своей деятельности NDA определяет:

- исключение опасностей на площадках и развитие решений по отходам;
- гарантирование высочайших стандартов безопасности, сохранности и экологического управления;

- строительство эффективных промышленных объектов мирового уровня;
- достижение полного одобрения и поддержки от заинтересованных сторон (работников, подрядчиков, правительства, местного сообщества и населения);
- обеспечение наиболее эффективного использования трудовых ресурсов, технических и других материальных средств и максимальной отдачи от использования финансов.

Для решения поставленных задач были проведены организационные мероприятия. Ответственность за эксплуатацию объектов была распределена между 6 компаниями, лицензированными на право проведения работ на конкретных площадках (Site Licence Company — SLC). Управление ими было передано в руки частных материнских групп: Sellafeld Ltd, Magnox Ltd, Dounreay Site Restoration Ltd, Research Sites Restoration Ltd, LLW Repository Ltd, Springfields Fuels Ltd.

В 2005 году общие затраты на ВЭ объектов наследия оценивались на уровне 55,8 млрд фунтов стерлингов (£), включая 31,5 млрд £ для Селлафилда. Однако уже в 2006 NDA доложило, что затраты на обращение с накопленными отходами будут выше чем ранее думалось, и дало новую оценку затрат на ВЭ — около 72 млрд £ за 100-летний период. В 2008 году оценка затрат снова возросла до 73,6 млрд £ или после учета фактора дисконтирования до 44,1 млрд £. Последние оценки 2013 года (с учетом фактора дисконтирования) вновь возросли до 64,9 млрд £, причем исключительно за счет пересмотра в сторону увеличения затрат для Селлафилда (47,9 млрд £). Годовое финансирование Селлафилда, как основного объекта ядерного наследия, возросло за последнее десятилетие с 900 млн фунтов стерлингов до 1,6 млрд фунтов стерлингов (примерно до 2,5 млрд долларов). В этой связи Комитет по госбюджету постановил, что частный консорциум, управляющий Селлафилдом, потерпел неудачу по снижению затрат и допустил задержку выполнения запланированных работ. Данный пример призван продемонстрировать, что даже в условиях высокоразвитой страны с эффективной рыночной экономикой долгосрочное планирование расходов имеет значительные неопределенности, особенно в части обращения с накопленными и вторичными РАО.

## 1.2 Накопленные РАО в России

Детальный обзор и анализ проблем, связанных с ядерным наследием в России, и путей их решения содержится в трехтомной монографии [15]. Общие сведения о накопленных отходах на промплощадках различных предприятий ЯТЦ, включая АЭС, Атомфлот и другие предприятия Госкорпорации «Росатом», научных учреждений и специализированных предприятий по обращению с РАО приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Данные о количествах накопленных РАО на предприятиях

| Предприятия                                                                 | Накопленные РАО | Кол-во<br>ПХРО | Объем<br>РАО, м <sup>3</sup> |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| <i>Добыча урана, монацита, радия и др.</i>                                  |                 |                |                              |
| Бывшее предприятие «Алмаз»                                                  |                 | 1              | $1,06 \cdot 10^7$            |
| ПАО «ППГХО»                                                                 |                 | 3              | $5,32 \cdot 10^7$            |
| Режевская администрация, п. Озерный                                         |                 | 1              | $4,25 \cdot 10^4$            |
| ГКУ Свердловской области «УралМонацит»                                      |                 | 3              | $1,35 \cdot 10^3$            |
| пгт. Водный муниципального объединения городской округ Ухта Республики Коми |                 | 1              | $1,68 \cdot 10^5$            |
| <i>Предприятия ядерного топливного цикла</i>                                |                 |                |                              |
| ФГУП «ПО «МАЯК»                                                             |                 | 54             | $4,06 \cdot 10^8$            |
| АО «СХК»                                                                    |                 | 14             | $4,26 \cdot 10^6$            |
| АО «ОДЦ УГР»                                                                |                 | 19             | $6,80 \cdot 10^4$            |
| ФГУП ФЯО «ГХК»                                                              |                 | 29             | $3,82 \cdot 10^5$            |

|                                                                              |     |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------|
| ФГУП Комбинат «Электрохимприбор»                                             | 1   | $8,76 \cdot 10^3$ |
| ПАО «НЗХК»                                                                   | 2   | $9,56 \cdot 10^5$ |
| АО «ЧМЗ»                                                                     | 2   | $4,18 \cdot 10^6$ |
| АО «АЭХК»                                                                    | 6   | $8,73 \cdot 10^4$ |
| АО «ПО ЭХЗ»                                                                  | 3   | $1,89 \cdot 10^4$ |
| АО «УЭХК»                                                                    | 5   | $7,30 \cdot 10^4$ |
| ПАО «МСЗ»                                                                    | 3   | $4,10 \cdot 10^5$ |
| <i>Научные учреждения для решения задач использования ядерных технологий</i> |     |                   |
| НИЦ «Курчатовский институт»                                                  | 15  | $2,65 \cdot 10^3$ |
| АО «ВНИИХТ»                                                                  | 1   | $7,69 \cdot 10^0$ |
| АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»                                                              | 10  | $2,59 \cdot 10^4$ |
| ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина»                              | 3   | $3,39 \cdot 10^3$ |
| ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»                                                           | 13  | $1,46 \cdot 10^4$ |
| АО «ГНЦ НИИАР»                                                               | 6   | $4,23 \cdot 10^4$ |
| Филиал НИФХИ им. Л.Я. Карпова                                                | 1   | $7,98 \cdot 10^2$ |
| ФГУП РНЦ «Прикладная химия»                                                  | 1   | $1,45 \cdot 10^3$ |
| <i>Производство электроэнергии</i>                                           |     |                   |
| Атомные электростанции                                                       | 79  | $2,48 \cdot 10^5$ |
| <i>Атомный флот</i>                                                          |     |                   |
| АО «ПО «Севмаш»                                                              | 2   | $5,03 \cdot 10^2$ |
| АО «ЦС «Звездочка»                                                           | 10  | $2,85 \cdot 10^3$ |
| СРЗ «Нерпа»                                                                  | 12  | $1,34 \cdot 10^3$ |
| АО «СВРЦ»                                                                    | 14  | $7,66 \cdot 10^2$ |
| АО «10 СРЗ»                                                                  | 19  | $1,74 \cdot 10^3$ |
| ФГУП «Атомфлот»                                                              | 4   | $1,49 \cdot 10^3$ |
| АО «ДВЗ «Звезда»                                                             | 3   | $5,99 \cdot 10^2$ |
| ФГУП «Приборостроительный завод»                                             | 10  | $3,34 \cdot 10^3$ |
| <i>Обращение с РАО в народном хозяйстве</i>                                  |     |                   |
| ФГУП «РАДОН»                                                                 | 43  | $1,30 \cdot 10^5$ |
| ФГУП «РосРАО»                                                                | 224 | $4,27 \cdot 10^5$ |
| АО «Соликамский магниевый завод»                                             | 1   | $1,20 \cdot 10^5$ |
| АО «ЕВРАЗ ЗСМК»                                                              | 1   | $1,97 \cdot 10^2$ |
| АО «Амурметалл»                                                              | 1   | $1,58 \cdot 10^3$ |
| ОАО «Ключевский завод ферросплавов»                                          | 1   | $8,51 \cdot 10^3$ |
| ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» имени М.В. Проценко»                                   | 2   | $5,13 \cdot 10^2$ |
| <i>Пункты захоронения РАО</i>                                                |     |                   |
| ФГУП «НО РАО»                                                                | 3   | $6,02 \cdot 10^7$ |
| Другие предприятия                                                           | 98  | $5,74 \cdot 10^3$ |

Кратко остановимся на истории создания и функционирования организаций, на территории которых размещены объекты хранения РАО.

В 1940 г. под председательством академика В.Г. Хлопина была создана Комиссия по проблеме урана и организации работ. В 1942 г. вышло первое официально распоряжение Государственного Комитета Обороны № 2352сс от 28 сентября 1942 г. «Об организации работ по урану». Данный документ является стартовым для работ по Атомному проекту СССР. Уже в феврале 1943 г. было создано первое научно-исследовательское учреждение,

призванное заняться атомной проблемой — Лаборатория № 2, или Лаборатория измерительных приборов Академии наук СССР [15] (в настоящее время — НИЦ «Курчатовский институт»). Спустя 11 дней после бомбардировки Хиросимы и Нагасаки — 20 августа 1945 г. Постановлением Государственного Комитета Оборона № 9887сс/оп «О Специальном комитете при ГКО» был создан Специальный комитет под председательством Л.П. Берия, который был наделен особыми и чрезвычайными полномочиями для решения любых проблем, связанных с реализацией Уранового проекта.

Работы над Атомным проектом велись в условиях крайне сжатых сроков, что во многом явилось причиной тех проблем на объектах, которые теперь принято называть «ядерным наследием».

В 1946 году Лабораторией № 2 была разработана программа создания атомной бомбы, включавшая общую характеристику объемов и содержания научно-исследовательских работ и разработок в области ядерной физики, геологии, металлургии урана, технологии разделения изотопов, получения плутония. Предусматривалось строительство предприятий, составляющих производственную базу ОК.

### **1.2.1 Добыча сырья**

#### ***Добыча урана***

##### *Бывшее предприятие «Алмаз»*

В 1949 г. Советом Министров СССР принято решение о разработке урановых месторождений горы Бештау. В 1953 г. была поднята нагора первая руда и закончено строительство одного из основных предприятий — ГМЗ, а в следующем году пущено в работу все Горно-химическое рудоуправление. В 1975 г. добыча руды прекращена, а рудник ликвидирован, за исключением двух штолен (№ 16 и № 32).

В перечень основных объектов предприятия «Алмаз» входили:

- Рудник № 1 (г. Бештау) с 27 отвалами горных пород;
- Рудник № 2 (г. Бык) с 13 отвалами выщелочных пород;
- Гидрометаллургический завод по первичной переработке урановой руды (после прекращения добычи урана на нем до настоящего времени производятся удобрения и кормовые добавки из Кольских апатитов);
- Электромеханический завод (сегодня производится насосное оборудование);
- Хвостохранилище РАО уранового производства при металлургическом заводе.

Хвостохранилище гидрометаллургического завода «Алмаз» сооружено в 1957 г. Площадка хвостохранилища ГМЗ «Алмаз» расположена в 3 км к западу от г. Лермонтова. Отходы переработки урановых руд, сбрасывавшиеся в хвостохранилище, представляли собой пульпы, содержащие жидкую и твердую фазы. За время эксплуатации с 1957 по 1993 г. в хвостохранилище накоплено свыше 10 млн м<sup>3</sup> низкоактивных РАО.

В 1992 г. указом Президента Российской Федерации в целях сохранения природных свойств курортов Кавказских Минеральных Вод присвоен статус особо охраняемого эколого-курортного региона Российской Федерации, имеющего федеральное значение. Таким образом, хвостохранилище оказалось расположенным на особо охраняемой территории.

В рамках ФЦП ЯРБ, выполнялись работы по рекультивации хвостохранилища, а также объектов гидрометаллургического завода и урановых рудников № 1 и 2. В 2008-2011 годах проведены изыскания, разработана проектная и рабочая документация, ОВОС, проведены общественные слушания. В 2012 году реализован первый этап проекта, в том числе осуществлено тампонирующее устройство ряда штолен для предотвращения выноса радионуклидов и недопущения местного населения в опасные выработки. В настоящее время завершаются последние работы по рекультивации отвалов бывших урановых рудников, что позволяет обеспечить радиационную безопасность в природоохранной зоне Бештаугорского заповедника на горах Бештау и Бык.

##### *ПАО «ППГХО»*

Урановое месторождение в пределах Стрельцовского рудного поля Читинской области было открыто в 1963 г. В 1968 г. Совет Министров СССР принял постановление о

строительстве Приаргунского горно-химического комбината (на сегодняшний день — ПАО «ППГХО»). Промышленная добыча ведется с 1972 г. В 1976 г. была введена в эксплуатацию первая очередь по переработке урановых руд, производительностью 1700 тыс. т в год.

Сегодня ПАО «ППГХО» является крупнейшим в России и одним из крупнейших уранодобывающих предприятий в мире (более 90% российской и 8% мировой добычи). Добыча урана ведется шахтным способом на 15 урановых и молибденово-урановых месторождениях. На гидрометаллургическом заводе имеется два пункта хранения РАО «Среднее» и «Верхнее».

### ***Добыча тория***

#### ***Бывший Свердловский завод радиоаппаратуры***

В 1946 г. в Режевском районе Свердловской области было начато строительство обогатительной фабрики. Строительство фабрики было обусловлено необходимостью добычи тория-232, для дальнейшей наработки урана-233, который планировалось использовать при создании ядерного оружия. В пойме реки Озерная добывался монацитовый песок, который направлялся на обогащение. В ходе работы обогатительной фабрики, полученный концентрат монацита вывозился, а остальные пески накапливались в виде отвалов.

В 1964 г. обогатительная фабрика была остановлена. В последующие годы отвальный песок широко использовался населением, в том числе поселка Озерный, для строительства (приготовление бетона, строительства дорог и т.д.). В результате многие здания и улицы содержали повышенные концентрации радиоактивных элементов, что привело к внешнему и ингаляционному облучению населения дочерними продуктами распада торона. Кроме этого, похожая ситуация наблюдалась и на соседней железнодорожной станции Костоусово, через которую проводилась транспортировка монацитового концентрата.

В начале 1990-х производственное объединение «Торон» проводило дезактивационные работы на территории п. Озерный и Костоусово. Образовавшиеся при проведенных работах отходы, направлялись в могильник №2, который расположен за заводом «Радиоаппаратуры» в п. Озерный. Работы по заполнению могильника №2 и его закрытию выполнены в соответствии с проектом производства работ по дезактивации зданий, сооружений и территорий п. Озерный Режевского района Свердловской области и захоронению отходов, выполненном ПО «Спецатом» в 1990 году. Фактическая дата окончания эксплуатации могильника №2 — 1993 г. ТРО размещены навалом без упаковки и кондиционирования.

При въезде в п. Озерный расположен могильник №1. Восточная граница могильника №1 выходит к реке Озерная и образует ее левый берег. Категория земель размещения объекта — культурно-бытовая. По данным регистрационных форм, удельная активность Th-232 в отвалах достигает 194,4 Бк/г, что соответствует значениям монацитовых месторождений. Закрытие могильников выполнено путем засыпки из камней (щебень, гравий), а также неактивным грунтом.

Отходы, размещенные в могильниках, содержат остатки сырья (монацитовый песок), загрязненное оборудование, загрязненный грунт после дезактивации. Удельные активности радионуклидов U-238, Th-232, Th-228, Ac-228, Ra-226, Pb-210 относятся к НАО.

Могильники ранее принадлежали Свердловскому заводу радиоаппаратуры, предприятие было ликвидировано в 90-е годы, архивы предприятия сданы не были. В настоящее время могильники № 1 и № 2 находятся в собственности администрации Режевского городского округа. В документах на право собственности указаны «могильники», а не «пункты хранения». Проекты на могильники №1, 2 отсутствуют.

#### ***Государственное казенное учреждение Свердловской области «УралМонацит».***

Ориентация на уран-плутониевый топливный цикл привела к потере интереса к монациту, как к сырью для решения проблемы делящихся материалов, и в конце 50-х годов XX века было принято решение перевести запасы монацита на хранение. Так было создано ГКУ Свердловской области «УралМонацит» (в разные годы — предприятие «Каменный пояс», филиал комбината «Победа» Госкомрезерва России).

Хранилище расположено в 12 км от г. Красноуфимска Свердловской области вблизи железнодорожной станции Зюрья. Монацитовый концентрат помещался на хранение в бумажных крафт-мешках и деревянных ящиках [16]. В декабре 2011 года закончено возведение металлических ангаров над всеми деревянными складами.

### ***Добыча радия***

#### ***Пгт Водный***

После ликвидации радиевого производства на территории пгт Водный муниципального объединения городской округ Ухта Республики Коми и в его окрестностях остались участки с неблагоприятной радиационной обстановкой, в том числе хранилище РАО. В районе пос. Водный расположено 12 бывших «заводов» по добыче и переработке воды, содержащей радий. Радиоактивное загрязнение на территориях этих заводов носит локальный характер. Территории бывших «заводов» являются малопосещаемыми и не оказывают влияния на состояние речной сети. В селитебной зоне пос. Водный на берегу реки Ухта расположено хранилище отходов радиевого производства.

В 2009-2010 гг. в рамках ФЦП ЯРБ<sup>1</sup> было проведено исследование отдельных радиоактивно загрязненных участков. При анализе архивных материалов о происхождении хранилища РАО установлено следующее:

- 1) Хранилище РАО является результатом деятельности предприятия по производству радия в 1930-1950-е гг. В 1931-1953 гг. радий добывали из пластовых вод Ухтинского нефтяного месторождения, в 1946-1956 гг. — из отходов урановой промышленности.
- 2) Хранилище РАО образовалось стихийно в начале 1940-х годов, проектная документация не сохранилась. Работы по обустройству хранилища РАО начались в 1957 г. после закрытия радиевого производства.
- 3) На хранилище РАО захоронены отходы нескольких видов:
  - ♦ «черные отвалы» — отходы производства радия из пластовых вод;
  - ♦ «красные отвалы» — отходы производства радия из отходов урановой промышленности;
  - ♦ металлическое оборудование радиевого производства;
  - ♦ отходы, образовавшиеся при дезактивации (загрязненный грунт, древесная зола, кирпичный бой и пр.);
  - ♦ а также промышленные отходы (осколки пьезокерамики) «Ухтинского электрокерамического завода «Прогресс» (с 1957 г. до начала 1980-х гг.) [17].

### **1.2.2 Предприятия оборонного комплекса**

#### ***ПО «Маяк»***

В 1945 г. Постановлением Правительства СССР № 3007-892 от 1 декабря 1945 г. для строительства ПО «Маяк» (ФГУП «ПО «Маяк») — первого предприятия по производству плутония, был отведен большой участок недалеко от г. Кыштыма Челябинской области. Для промышленной площадки была выбрана территория на южном берегу озера Кызылташ, а под жилой массив — полуостров на южном берегу озера Иртяш.

В состав первой очереди предприятия должны были входить три основных производства:

- реакторное — уран-графитовый реактор на естественном уране (завод «А»);
- радиохимическое по выделению плутония-239 из облученного в реакторе естественного урана (завод «Б»);
- химико-металлургическое по получению особо чистого металлического плутония (завод «В»), а также целый комплекс инфраструктурных подразделений, среди которых важно отметить комплекс «С», предназначенный для хранения высокоактивных РАО.

Подробнее история ФГУП «ПО «Маяк» описана в [15]. В условиях острого дефицита ресурсов и времени на производствах предприятия принимались упрощенные схемы об-

<sup>1</sup> Работы проводились Федеральным государственным унитарным геологическим предприятием «Гидроспецгеология» совместно с Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН по договору № 4/20-2009 от 15.06.2009 г. и № 7/20-2010 от 04.06.2010 г.

ращения с РАО. Сбросы ЖРО в открытую гидрографическую сеть и локальные водоемы изначально предусматривались в проектах реакторных заводов (оз. Кызылташ, р. Теча), радиохимических заводов (оз. Кызылташ, водоемы В-9 (Карачай), В-17 (Старое Болото), р. Теча) и химико-металлургического производства (оз. Татыш — водоем В-6).

Вплоть до осени 1951 г. основной объем ЖРО радиохимического производства средней и низкой удельной активности сбрасывался в р. Течу. В последующий период в качестве накопителей сбросов ЖРО использовались естественные и искусственные водоемы. Сбросы ЖРО в открытую гидрографическую сеть были прекращены в 1956 году. Начиная с 1993 года сбросы ЖРО в спецводоемы согласовывались с компетентными органами и утверждались в установленном порядке.

#### *АО «СХК»*

Решение о создании в Сибири вблизи г. Томска Сибирского химического комбината (Комбината № 816, сейчас — АО «СХК») было принято 26 марта 1949 г. Советом Министров СССР (Постановление № 1252-443). Документом предусматривалось создание комплекса заводов для получения двух видов ядерных оружейных материалов — плутония и урана-235, завода по изготовлению из них компонентов ядерных зарядов, заводов по промежуточной переработке делящихся материалов, мощной теплоэлектроцентрали и атомной электростанции из двух очередей на базе промышленных уран-графитовых ядерных реакторов — непосредственных наработчиков плутония.

Производственная деятельность СХК, также как и ПО «Маяк», сопровождалась образованием большого количества РАО. Твердые РАО в основном поступали на площадку 16 (ХМЗ), которая была предназначена для долговременного хранения (по сути, окончательной изоляции). Вопрос извлечения РАО из пунктов хранения не рассматривался как один из возможных. Часть ТРО реакторного завода размещалась согласно принятой схеме в приреакторных хранилищах, а также в пунктах захоронения низкоактивных ТРО, которые входят в состав Сублиматного завода и Завода разделения изотопов.

В начальный период работы СХК схема обращения с ЖРО была аналогична принятой на ПО «Маяк» — использовались открытые хранилища отходов (Б-2, Б-1, пульпохранилища, водохранилища, Б-25). Ввод в эксплуатацию Полигона захоронения «Площадка 18» (в настоящее время пункт захоронения ФГУП «НО РАО») позволил локализовать большие объемы образующихся ЖРО на заводе в пластах-коллекторах (два коллекторных песчаных горизонта на глубинах 349–386 м и 270–320 м с эффективной мощностью 30–50 м и 50–90 м соответственно).

В настоящее время АО «СХК» входит в состав Топливной компании «ТВЭЛ».

#### *ФГУП ФЯО «ГХК»*

Решение о строительстве в Красноярском крае Комбината № 815 (ныне — ФГУП ФЯО «ГХК») — не имеющего аналога в мире подземного комплекса в скальных выработках было принято Советом Министров СССР в 1950 г. (постановление от 26 февраля № 826/302 сс/оп). Объем подземных выработок составляет несколько миллионов кубометров.

Система обращения с РАО складывалась постепенно. Первоначально ТРО размещались в могильниках, расположенных на площадке и рядом с реакторами, а в дальнейшем в специальные железобетонные сооружения.

В 1967 г. был введен в эксплуатацию объект глубинного захоронения ЖРО (полигон «Северный», в настоящее время пункт захоронения ФГУП «НО РАО»). Для промежуточного хранения ЖРО до поступления на полигон была введена в эксплуатацию система емкостей-хранилищ на радиохимическом производстве (в горном массиве) и водоем-хранилища на промплощадке предприятия. Также были введены в эксплуатацию емкости-хранилища ЖРО на поверхности.

В 1991 году было принято Межправительственное Соглашение между США и СССР об остановке атомных реакторов по наработке оружейного плутония. В 2008 году были остановлены последние промышленные ядерные реакторы в г. Северске Томской области.

26 сентября 2007 года Коллегией Госкорпорации «Росатом» было принято решение о создании Опытно-демонстрационного Центра по выводу из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов. В 2009 году руководством Госкорпорации «Росатом» утверждена концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту безопасного захоронения на месте. В сентябре 2010 года в соответствии с программой развития атомной отрасли и Планом организационно-технических мероприятий по созданию отраслевой системы вывода из эксплуатации ЯРОО на базе реакторного завода АО «СХК» создан АО «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов» (АО «ОДЦ УГР»).



Рисунок 1.4 — Площадка АО «ОДЦ УГР» а) Северная площадка (пл.11) — 2 ПУГР; б) Южная площадка (пл.2) — 3 ПУГР [18]

В феврале 2011 г. АО «ОДЦ УГР» (рисунок 1.4) признан организацией пригодной эксплуатировать объекты использования атомной энергии (сооружения и комплексы с ядерными ректорами И-1, ЭИ-2, АДЭ-3, АДЭ-4, АДЭ-5, пункты хранения ЯМ, хранилища РАО).

#### *Комбинат «Электрохимприбор»*

ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» основано в 1947 году как завод по разделению изотопов урана электромагнитным методом. Свою первую продукцию оно выпустило в 1950 году и на следующий год завод был переориентирован на промышленный выпуск спецбоеприпасов. Сегодня комбинат также выпускает продукцию для нефтегазового, электроэнергетического комплексов и геофизических организаций, производит медицинскую технику и обладает технологией получения 210 изотопов 47 химических элементов.

Размещение образующихся в ходе производственной деятельности РАО проводилось на промышленном полигоне «Сосна» (спроектирован ВНИПИЭТ в 1963 году), построенном и введенном в эксплуатацию в 1965 году. ТРО размещались в земляные траншеи до 1998 года и бетонные карты до 2008 года, которые были закрыты слоем грунта. Низкоактивные ЖРО и ТРО, а также ТРО в виде ОЗРИ помещены для хранения в отсеки здания 625 (три бетонные карты с ТРО, три емкости с ЖРО). Также на территории полигона размещена асфальтированная площадка для временного складирования РАО и железнодорожная цистерна с ЖРО. В настоящее время по итогам проведенного комплексного инженерно-радиационного обследования (КИРО) разрабатывается проект по выводу полигона из эксплуатации.

### **1.2.3 Предприятия Топливной компании «ТВЭЛ»**

В 1990 гг. предприятия по производству ядерного топлива и его компонентов были интегрированы в АО «ТВЭЛ» (корпорация ТВЭЛ) — рисунок 1.5.

К предприятиям АО «ТВЭЛ», на территории которых накоплены значительные объемы РАО, относятся ПАО «НЗХК», АО «ЧМЗ», АО «ПО ЭХЗ», АО «УЭХК», АО «СХК», АО «АЭХК», а также ПАО «МСЗ». На начальном этапе своей деятельности все эти предприятия были широко задействованы в реализации оборонных программ, в том числе при переработке урановых концентратов и получении металлического урана,

редкоземельных элементов, необходимых для получения урана высокой степени чистоты как для военных целей, так и для производства топлива для промышленных уран- графитовых реакторов [15].



Рисунок 1.5 — Схема размещения объектов наследия АО «ТВЭЛ»

#### АО «НЗХК»

«Новосибирский завод химконцентратов», строительство которого начато в 1948 году, выпускает ядерное топливо для АЭС и исследовательских реакторов, литий и его соединения. В начале работы деятельность предприятия была направлена на создание производства с полным технологическим циклом — от переработки природного урана до выпуска тепловыделяющих элементов для промышленных реакторов. В 1955 г. организован цех по производству лития и его солей, а в 1957 г. сдан в эксплуатацию комплекс литиевого производства. 5 марта 1958 г. получена первая продукция цеха производства лития, а в декабре выполнен государственный план по товарной продукции. В 1970 гг. было начато производство ТВЭЛОВ и тепловыделяющих сборок для исследовательских реакторов. В 1980 гг. создано серийное производство тепловыделяющих элементов и ТВС для энергетических реакторов большой мощности, охлаждаемых водой под давлением. На территории ПАО «НЗХК» размещено хвостохранилище (раздел 5.3.3).

#### АО «ЧМЗ»

«Чепецкий механический завод» — производитель изделий из циркониевых сплавов, природного и обедненного урана, металлического кальция и его соединений. Становлению предприятия послужили постановление Совета Министров СССР от 9 декабря 1946 г. и приказ начальника Первого главного управления от 19 декабря того же года о передаче патронного завода № 544 Министерства вооружений СССР в систему ПГУ, для организации на его базе крупномасштабного производства металлического урана. В мае 1957 г. Совет Министров и руководство Минсредмаша приняли решение об организации производства металлического циркония на Чепецком механическом заводе для развития атомной энергетики, а 11 ноября 1966 г. был издан приказ о строительстве на ЧМЗ прокатно-прессового производства изделий из циркониевых сплавов. На территории АО «ЧМЗ» накопленные РАО размещены в Хвостохранилищах №1 и №2 (раздел 5.3.1).

#### АО «ПО ЭХЗ»

«Производственное объединение «Электрохимический завод» — предприятие по производству низкообогащенного урана, выпускает стабильные и радиоактивные изотопы различных химических элементов, осуществляет хранение и переработку обедненного

гексафторида урана, попутно производя фтористоводородную кислоту и безводный фтористый водород, а также реализует ряд других высокотехнологичных товаров. Накопленные РАО размещены на хранение в Шламонакопителе (сооружение 313), сооружении 40 (хранилище РАО траншейного типа) и в хранилище ТРАО. Все накопленные РАО содержат долгоживущие радионуклиды: U-234, U-235, U-238. Общий объем накопленных отходов превышает 18 тыс. м<sup>3</sup>, по уровню удельной активности отходы относятся к ОНРАО.

#### АО «УЭХЗ»

«Уральский электрохимический комбинат» начал эксплуатироваться в 1949 году для обогащения урана, поставляемого для обеспечения потребностей в ядерном топливе атомных электростанций и других ядерных энергетических установок. Он был первым в СССР промышленным предприятием по разделению изотопов урана газодиффузионным методом. В 1954 году было начато производство низкообогащенного урана (НОУ) для обеспечения потребностей атомной энергетики страны (реакторов морских энергетических установок, исследовательских реакторов и реакторов атомных электростанций). Кроме этого, на предприятии был введен центрифужный разделительный завод, завод по обогащению урана высокоэффективным центрифужным методом (в 1962 г.), и др. производства.

На территории АО «УЭХК» размещен пункт хранения накопленных РАО — Сооружение 185, которое состоит из трех карт (К-1, К-2, К-3), обвалованных дамбами (ввод в эксплуатацию — декабрь 1966 года). Карты К-1 и К-2 находятся в эксплуатации с 1992 года. Карта К-3 сооружения 185 эксплуатировалась с 1967 по 1992 гг. и была законсервирована в 1996 году по проекту [19]. Твердые РАО, размещенные в карте К-3 сооружения 185, образовались в результате деятельности УЭХК, участвовавшего в выполнении программы по наработке высокообогащенного урана для целей государственного оборонного заказа. Проектом концепции вывода из эксплуатации объектов ядерной установки АО «УЭХК» [19] предусмотрен вывод из эксплуатации сооружения 185 (карты № 1, 2) в 2020–2030 годы. В рамках вывода из эксплуатации предусматривается извлечение ТРО из карты № 2, приведение их в соответствие с критериями приемлемости, контейнеризация, передача для захоронения национальному оператору по обращению с РАО.

Также на территории предприятия большой объем накопленных отходов размещен в пункте хранения «ПХТРО», который расположен в 5 км от ближайшего населенного пункта, вне водоохранных зон и природоохранных объектов. «ПХТРО» состоит из девяти карт — котлованов прямоугольной формы, вместимостью около 5000 м<sup>3</sup> каждый. Часть карт уже законсервирована в соответствии с проектом. Общий объем накопленных РАО около 50 тыс. м<sup>3</sup>. РАО накопленные в АО «УЭХК» содержат долгоживущие радионуклиды: <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U, <sup>238</sup>U.

#### АО «АЭХК»

«Ангарский Электролизный Химический Комбинат» был основан в 1954 г. в г. Ангарске Иркутской области для производства обогащенного урана. На комбинате были созданы диффузионный завод, сублиматный завод, завод по обогащению урана, электролизный завод. На территории АО «АЭХК» накопленные РАО размещены в шести пунктах хранения. В состав «Сооружения 310. Комплекс сооружений» входит девять железобетонных сооружений различной конструкции, перекрытых сверху железобетонными плитами. Пункт хранения «Сооружение 311. Шламоотстойник» состоит из шести шламоотстойников, принятых в эксплуатацию в период с 1961 по 1981 годы. Шламоотстойники представляют собой наземные сооружения прямоугольной формы проектной вместимостью от 17000 до 18000 м<sup>3</sup>. Размещение шламов, содержащих РАО, в «Сооружение 311. Шламоотстойник» прекращено в 2012 году. Пункт хранения «Хранилище ТРО траншейного типа. «Могильник». Комплекс сооружений 715» предназначен для хранения ТРО и представляет собой комплекс сооружений, в состав которого входят пять земляных и 10 железобетонных траншей, сооруженных в естественном грунте с подстилающими, боковыми и верхними гидроизолирующими экранами. В состав пункта хранения «Траншейное хранилище ТРО «Могильник» входят четыре грунтовые траншеи, эксплуатация которых

была начата в 1981 году, размещение РАО было прекращено в 2005 г. Также РАО размещаются в пункт хранения «Траншея «могильника» ТРО», который представляет собой грунтовую траншею, оборудованную защитным экраном из глины, проектная дата окончания эксплуатации 2015 год.

#### *ПАО «МСЗ»*

«Машиностроительный завод» был построен в годы Первой мировой войны для производства боеприпасов. 1954 год стал началом развития нового направления деятельности завода — производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и тепловыделяющих сборок (ТВС) для атомной энергетики. В этом году была изготовлена первая партия ТВС для первой в мире АЭС, построенной в городе Обнинск. Также было организовано производство активных зон для атомного флота страны. В 1965 году начато серийное производство ТВЭЛов для атомных электростанций. В 1982 году на заводе введена в эксплуатацию автоматизированная линия изготовления ТВЭЛов.

За время работы предприятия были накоплены значительные объемы РАО (более 410 тыс. м<sup>3</sup>), которые размещены в трех хвостохранилищах. Отходы по уровню удельной активности относятся к НАО и ОНРАО, и содержат долгоживущие радионуклиды: <sup>238</sup>U, <sup>230</sup>Th и <sup>226</sup>Ra.

#### **1.2.4 Научные учреждения для решения задач использования ядерных технологий**

Как сказано выше, первым научным учреждением в области военного использования ядерных технологий была — Лаборатория №2 (в настоящее время — Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»). Впоследствии было создано еще несколько важных институтов. На территории нескольких из них накоплены значительные объемы РАО.

##### *НИИ-10 (ныне — АО «ВНИИХТ»)*

АО «ВНИИХТ» создан в 1951г. Сегодня институт является единственным в стране научным учреждением, осуществляющим полный цикл научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по разработке технологий и созданию на их основе промышленных производств по переработке урановых, литиевых, бериллиевых и других руд с получением урана, лития и их соединений, а также конструкционных металлов (цирконий, гафний, тантал, ниобий, бериллий, редкоземельные металлы) в интересах атомной энергетики, оборонной и атомной промышленности России, а также других отраслей народного хозяйства.

##### *Лаборатория «В» (ныне АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»)*

АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» создан в 1945 г.



*Рисунок 1.6 — Сооружение 227 до начала работ в рамках ФЦП ЯРБ*

В «ГНЦ РФ-ФЭИ» размещена первая в мире атомная электростанция (пуск состоялся 27 июня 1954 г.), исследовательские реакторы и установки, несколько пунктов хранения накопленных РАО. ПХРО «Сооружение 227 П» состоит из 11 земляных траншей, 8 емкостей и 3 сооружений, в дальнейшем планируется провести работы по извлечению

РАО, переработке и передаче национальному оператору на захоронение. В рамках ФЦП ЯРБ проводятся работы по выводу из эксплуатации пункта хранения «Сооружение 227» (рисунок 1.6), которое на момент создания было единственным в Центральном регионе, куда РАО свозились из организаций Москвы, Ленинграда и других предприятий. Хранилище расположено вне промплощадок «ГНЦ РФ-ФЭИ» в районе городских очистных сооружений. Также на территории РАО размещены в нескольких зданиях и сооружениях, в том числе в непосредственной близости от объектов размещения исследовательских реакторов и стендов.

*НИИ-1011 (ныне — ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина»)*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина» создано в 1955 году для ускорения темпов работ по созданию ядерного оружия. Первый принятый на вооружение в Советском Союзе термоядерный заряд был разработан и испытан в 1957 году. Также проводились фундаментальные радиационно-биологические исследования и исследования в области экстремальных состояний вещества и высокоинтенсивных динамических процессов. Накопленные РАО размещены в трех комплексах хранения. «Пункт захоронения радиоактивных отходов» представляет собой выгороженный металлическим забором участок территории, на котором размещены цистерны для хранения ЖРО, 11 земляных траншей, заполненных ТРО, и несколько колодцев-труб, в которых захоронены контейнеры с ОЗРИ. Период эксплуатации — 1958-1966 гг., общий объем накопленных РАО около  $135 \text{ м}^3$ . «Пункт приповерхностного захоронения РАО» представляет собой локальный участок, на котором находится бетонный колодец для сбора и хранения РАО, объект эксплуатировался с 1948 год. В 1988 и 2001 году проведены работы по консервации объекта, целью которых являлось исключение распространения радиоактивного загрязнения за его пределами (накоплено около  $4 \text{ м}^3$ ). Также РАО размещались в комплексе сооружений «Пункт постоянного хранения радиоактивных отходов», включающем в свой состав специализированные здания и сооружения для хранения ЖРО и ТРО.

*Научно-исследовательский институт атомных реакторов (ныне — АО «ГНЦ НИИАР»)*

АО «ГНЦ НИИАР» образован в 1956 г. для научно-технического обеспечения работ по созданию широкого спектра ядерных реакторов для атомной энергетики. На площадке института было построено несколько реакторных установок различного типа. В институте в разное время были созданы и успешно функционируют также комплексы для проведения материаловедческих исследований элементов активных зон ядерных реакторов, образцов облученных материалов и ядерного топлива, радиохимический и химико-технологический — для проведения исследовательских работ в области ядерного топливного цикла; специализированный комплекс для исследования свойств трансурановых элементов, радионуклидов высокой удельной активности; разработки и выпуска источников ионизирующих излучений; комплекс по переработке и захоронению РАО [20].

За время работы института были накоплены значительные объемы РАО. Наибольший объем размещен в комплексе по переработке и захоронению РАО, в настоящий момент — пункт захоронения ЖРО ФГУП «НО РАО».

*КБ-11 (ныне ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»)*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» было создано в исполнение постановления Совета Министров СССР от 9 апреля 1946 года N 805-327сс о создании при Лаборатории №2 Академии наук СССР конструкторского бюро КБ-11. Базой для развертывания КБ-11 был выбран завод №550 Народного комиссариата боеприпасов, выпускавший корпуса артиллерийских снарядов. Завод находился в поселке Сарова Горьковской области. КБ-11 стало одним из ведущих предприятий отрасли. Уже 29 августа 1949 года была испытана первая отечественная атомная бомба РДС-1, созданная в КБ-11. В 1962 году была решена уникальная задача зажигания и горения термоядерного горючего при отсутствии делящихся материалов. Это был важный шаг на пути к термоядерной энергетике будущего. РАО размещены на нескольких площадках в 13 комплексах хранения РАО. В пунктах хранения размеща-

лись ТРО и ЖРО разных категорий. Пункты хранения представляют собой специализированные приповерхностные железобетонные сооружения и земляные траншеи для размещения ТРО, емкости для хранения ЖРО, а также специализированные здания разной конструкции. По ряду объектов были проведены работ по их консервации.

*Обнинский филиал НИФХИ (ныне Филиал ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»)*

Филиал ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» был создан в 1959 году для решения задач по развитию радиационно-химических и ядерно-физических технологий. В ходе деятельности филиала РАО образовывались при эксплуатации исследовательского ядерного реактора ВВР-ц; при дезактивации оборудования и ремонте; производстве радионуклидов и радиофармпрепаратов на их основе; научно-исследовательских работах; при эксплуатации облучательных изотопных установок на основе кобальта-60 и других работах. Площадка филиала НИФХИ им. Л.Я. Карпова оборудована пунктом хранения твёрдых негорючих РАО высокой, средней и низкой активности. Пункт сооружён по проекту ГСПИ 1962 года, представляет собой территорию, огороженную забором, на которой расположены: сооружение № 28 — хранилище высокоактивных ТРО, сооружение № 66 — хранилище среднеактивных ТРО, сооружение № 67 — хранилище для РАО со следами радиоактивных веществ, здание № 9 — пункт дезактивации спецмашин и контейнеров с гаражом для стоянки трёх спецмашин, здание № 71 — склад цемента. До настоящего времени не разработан порядок и меры по выводу данного объекта из эксплуатации. Общий объем накопленных РАО — менее 800 м<sup>3</sup>.

*ФГУП «РНЦ «Прикладная химия»*

Предприятие, как Опытный завод, было создано задолго до развития атомной отрасли для производства фосфора, бертолетовой соли, фосфорного ангидрида, фосфорной кислоты, минеральных и органических красителей, чистых реактивов и др. В 1925 г. было преобразовано в институт, позже на его базе создано объединение. В послевоенный период предприятие было привлечено к разработке химических аспектов атомной энергетики, обеспечения химическими продуктами и конструкционными материалами новой техники [21].

### **1.2.5 Производство атомной электроэнергии**

На сегодняшний день в России эксплуатируется 10 АЭС:

- 18 энергоблоков с реакторами типа ВВЭР (из них 12 энергоблоков ВВЭР–1000 и 6 энергоблоков ВВЭР–440 различных модификаций);
- 15 энергоблоков с канальными реакторами (11 энергоблоков с реакторами типа РБМК–1000 и 4 энергоблока с реакторами типа ЭГП–6);
- 1 энергоблок с реактором на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением БН–600.

ТРО на АЭС образуются в результате загрязнения радиоактивными веществами поверхности или объема твердых материалов, а также в результате нейтронной активации конструкционных материалов реактора. Состав и количество отходов зависят от типа реактора, его «возраста» и условий эксплуатации. При эксплуатации типового энергетического ядерного реактора образуются ТРО разных категорий, которые представляют собой металлические конструкции или их части, различное оборудование, теплоизоляцию, ионообменные смолы и фильтры системы газоочистки, лабораторную посуду, защитную одежду и обтирочные материалы, производственный мусор и т.д. Также ТРО будут неизбежно образовываться в большом объеме при выводе из эксплуатации и демонтаже ЯУ. Система обращения с ТРО представляет собой комплекс технологических и организационных мероприятий по обращению с ТРО и кондиционированными ЖРО. Система создавалась длительное время и менялась в соответствии с требованиями и технологическими возможностями в отрасли.

Хранение РАО на АЭС осуществляется в специально оборудованных хранилищах с системой барьеров, предотвращающей поступление радионуклидов в окружающую среду. Они представляют собой инженерные сооружения наземного типа, оборудованные техническими средствами загрузки на хранение и выгрузки отходов для переработки или захоронения. Практикуются следующие способы размещения ТРО в хранилищах:

- безконтейнерное хранение (навальным способом). При размещении навальным способом количественные характеристики (масса и объём) ТРО либо неизвестны, либо определяются с некоторой степенью приближения. ПХРО, заполненные указанным способом, присутствуют практически на всех АЭС. Для этих случаев, единственной документированной оценкой является объём ТРО. Оценка массы таких отходов отличается недостоверностью, а сведения о радионуклидном составе отсутствуют.
- упорядоченное размещение маркированных контейнеров с ТРО. В ПХРО могут располагаться как идентифицированные тем или иным способом упаковки с ТРО, так и не идентифицированные.

ЖРО на АЭС образуются в различных процессах (неорганизованные протечки, воды дезактивации помещений, воды спецпрачечных, санпропускников, лабораторий и пр.). Они представляют собой жидкости (растворы) различного состава с повышенным относительно природной среды содержанием радионуклидов. Система обращения с ЖРО основывалась в основном на решениях 60-70 годов XX века. Жидкие радиоактивные среды собираются, усредняются по физико-химическому и радиохимическому составу и перерабатываются методом выпаривания и ионного обмена с получением ЖРО и очищенной воды. Полученные ЖРО — кубовые остатки и ионообменные смолы в жидком виде или в виде пульпы направляются на хранение [22]. Всего на АЭС в настоящее время 79 пунктов хранения РАО, в которых размещено более 247 тыс. м<sup>3</sup> отходов (таблица 1.4).

Таблица 1.4 — Объемы и активности накопленных РАО на АЭС

| АЭС                 | Кол-во ПХРО | Объем РАО, м <sup>3</sup> |
|---------------------|-------------|---------------------------|
| Балаковская АЭС     | 5           | 1,16·10 <sup>4</sup>      |
| Белоярская АЭС      | 5           | 1,99·10 <sup>4</sup>      |
| Билибинская АЭС     | 4           | 4,13·10 <sup>3</sup>      |
| Калининская АЭС     | 7           | 6,69·10 <sup>3</sup>      |
| Кольская АЭС        | 10          | 1,46·10 <sup>4</sup>      |
| Курская АЭС         | 8           | 6,07·10 <sup>4</sup>      |
| Ленинградская АЭС   | 7           | 5,87·10 <sup>4</sup>      |
| Нововоронежская АЭС | 23          | 3,83·10 <sup>4</sup>      |
| Ростовская АЭС      | 3           | 6,65·10 <sup>2</sup>      |
| Смоленская АЭС      | 7           | 3,26·10 <sup>4</sup>      |

Для решения проблемы поддержания на минимально достижимом уровне наработки РАО Концерном реализованы и планируются к выполнению следующие мероприятия:

- переработка и кондиционирование ЖРО;
- сортировка по методам переработки, переработка, кондиционирование ТРО;
- дезактивация загрязненного оборудования, материалов до уровней вывода из-под радиационного контроля или максимального снижения удельной загрязненности;
- ежегодная разработка на АЭС организационно-технических мероприятий по сокращению образования и поступления РАО;
- оснащения АЭС комплексом установок по переработке РАО, реконструкции существующих и созданию новых хранилищ РАО на территории АЭС, обеспечивающих экологическую безопасность АЭС в течение всего периода ее эксплуатации;
- передача накопленных отходов специализированным организациям для их переработки, кондиционирования, хранения и последующего захоронения ФГУП «НО РАО».

Приказом Концерна вводятся нормативы годового образования РАО по каждой АЭС.

### 1.2.6 Атомный флот

РАО были накоплены на следующих предприятиях, обслуживающих атомных флот России, среди них:

АО «ПО «Севмаш» основано в 1939 году и является судостроительным комплексом, главной задачей которого является строительство атомных подводных лодок для ВМФ. Завод с территорией более 300 га объединяет в своей структуре более 100 подразделений. Образующиеся в ходе производственной деятельности РАО размещались на территории хранилища «Миронова гора». Хранилище представляет собой заглубленное железобетонное сооружение, состоящее из двух блоков. Для предотвращения попадания в хранилище атмосферных осадков, сверху покрытия имеется асфальтовый слой с уклоном. ПХРО сдано в эксплуатацию в 1961-1962 гг. Загрузка ТРО в хранилище проводилась с 1961 по 1968 гг. Планируется ликвидация хранилища ТРО «Миронова гора». Накопленные РАО также расположены на «Площадке временного хранения радиоактивных отходов», сооруженной в 1992 году. ПХРО представляет собой металлический ангар, в который размещаются ТРО в первичных упаковках; для хранения крупногабаритного оборудования используется специальная открытая площадка.

Центр судоремонта «Звездочка» (ныне — АО «ЦС «Звездочка») — судостроительная и судоремонтная верфь, созданная в 1946 году, на территории которой проводились работы на подводных лодках, сторожевых кораблях, эскадренных миноносцах, а также на гражданских судах (траулеры, буксиры, танкеры и др.). На заводе проводятся работы по ремонту и модернизации атомных подводных лодок (АПЛ), атомных ледоколов.

В ноябре 2007 года предприятие было переименовано и реорганизовано в ФГУП «ЦС «Звездочка», в состав которого вошли 6 судоремонтных заводов: в том числе СРЗ «Нерпа» (г. Снежногорск), 176 судоремонтный завод (г. Архангельск), СРЗ № 35 (г. Мурманск), судоремонтный завод №5 (г. Темрюк), 1-я судовой верфь (пос. Лазаревское), Астраханский судоремонтный завод и НПО «Винт» (г. Москва) с опытным заводом «Вега» (г. Боровск). СРЗ «Нерпа» создан для круглогодичного ремонтно-профилактического обслуживания и переоборудования подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками в 1970 г.

АО «10 СРЗ» начал работу по ремонту кораблей в 1935 году. Сегодня основными видами деятельности предприятия являются, в том числе комплексный ремонт кораблей (судов ВМФ), средств вооружения и военной техники кораблей; — утилизация кораблей, судов и других плавучих средств, средств вооружения военной техники.

Предприятие «49 Судоремонтный завод ВМФ» (ныне — АО «СВРЦ») создано в 1957 году для ремонта боевых кораблей ТОФ (надводных кораблей, дизельных и атомных подводных лодок), в дальнейшем предприятие стало заниматься и утилизацией атомных подводных лодок

ФГУП «Атомфлот» предназначено для обеспечения эксплуатации и технологического обслуживания атомных ледоколов и судов вспомогательного флота. В рамках ФЦП ЯРБ проводились работы по изменению условий хранения ТРО и подготовки их к захоронению (рисунок 1.7).

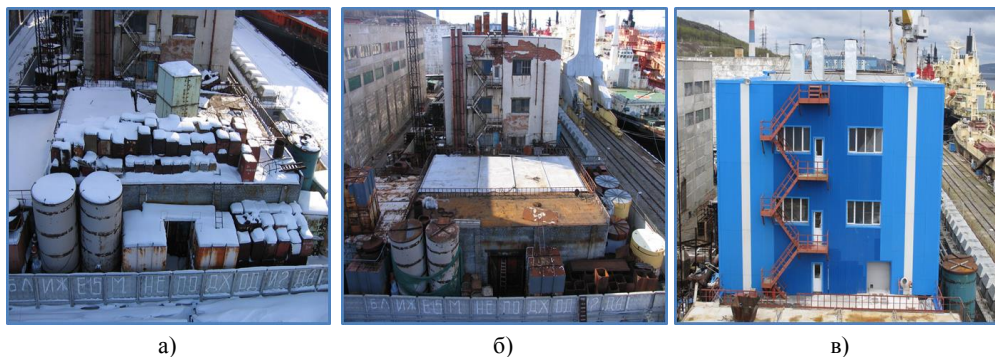


Рисунок 1.7 — Хранение ТРО ФГУП «Атомфлот» а) 2007 г.; б) 2009 г.; в) 2011 г. [23]

АО «ДВЗ «Звезда» — предприятие по ремонту подводных лодок Тихоокеанского флота и единственное на Дальнем Востоке, специализирующееся на ремонте, переоборудовании и модернизации кораблей атомных подводных ракетноносцев.

### 1.2.7 Обращение с РАО в народном хозяйстве

К середине 50-х годов на территории и предприятиях СССР накопилось значительное количество РАО. Чтобы ограничить контакт персонала и населения с РАО, включая контакт с отработавшими источниками излучения, было принято решение создать систему сбора и безопасного хранения (ранее считалось «захоронение») таких отходов. Территория СССР была разделена на 35 крупных регионов, в каждом из которых был создан спецкомбинат (16 — на территории современной Российской Федерации, 6 — на Украине, и по одному в каждой из бывших союзных республик). Каждый такой спецкомбинат отвечал за свой территориальный регион обслуживания. В начале 60-х годов система начала давать результат.

Значительная часть предприятий, в результате деятельности которых образовывались РАО, располагалась в Москве и в наукоградах Подмосковья. Постановлением Совета Министров СССР от 2 февраля 1960 года и решением Исполкома Моссовета от 27 февраля 1960 года был создан Спецкомбинат «РАДОН» (в настоящее время ФГУП «Радон») в Сергиево-Посадском районе Московской области (рисунок 1.8). Первый, «пробный» рейс спецавтомобилей за радиоактивными отходами состоялся 27 января 1961 года. В нем участвовало восемь машин, направленных на два объекта в Москве — Курчатовский институт и Щукинскую станцию водоочистки [24]. К сегодняшнему дню на территории предприятия накоплено более 130 тыс. м<sup>3</sup> РАО в 43 ПХРО.



Рисунок 1.8 — Площадка ФГУП «РАДОН» [25]

В 2008 году в управление Госкорпорации «Росатом» были переданы 15 специализированных комбинатов «Радон», объединенных в ФГУП «РосРАО». Позднее, предприятию была передана площадка Кирово-Чепецкого химического комбината (2009 г.), а также и предприятия ФГУП «СевРАО» и ФГУП «ДальРАО», созданные ранее в целях утилизации атомных подводных лодок и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками Северного и Тихоокеанского флотов (рисунок 1.9).

В ФГУП «РосРАО» входят также пункты хранения РАО бывшего Кирово-Чепецкого химического комбината имени Б. П. Константинова (г. Кирово-Чепецк), строительство которого было начато в 1946 году. На комбинате проводилась переработка уранового сырья и сопутствующих ей химических производств для выпуска продукции на основе соединений хлора и фтора. С 1951 г. по 1974 гг. на комбинате функционировало полномасштабное производство гексафторида урана. Кроме этого, на предприятии проводилась переработка облученных сырьевых материалов, функционировало производство лития, химической продукции гражданского назначения и др. производства.



Рисунок 1.9 — Филиалы и отделения ФГУП «РосРАО» [26]

В 1994 г. была проведена приватизация комбината (распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 1994 года № 713-р) с преобразованием предприятия в акционерное общество открытого типа. В процессе приватизации объекты уран-перерабатывающего производства были исключены из уставного капитала ОАО, возвращены в федеральную собственность и переданы в последующем ФГУП «РосРАО».

РАО образовывались не только в атомной промышленности, но и в других отраслях народного хозяйства. Необходимость создания мест изоляции РАО заключалась в наличии организаций, имеющих дело с радиоактивными материалами, где уже скопилось некоторое количество РАО.

Наибольший объем накопленных РАО, образовавшихся на предприятиях, не относящихся к атомной промышленности, размещен в АО «Соликамский магниевый завод». ПХРО расположен в 8 км к юго-востоку от поселка Калиец г. Соликамска Пермского края, предназначен для хранения ТРО, образующихся в процессе получения редкоземельных элементов при переработке лопаритового сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов ( $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ). ПХРО построен по проекту 1969 года, представляет собой комплекс сооружений, включающий здание дезактивации для автотранспорта и приповерхностные емкости, предназначенные для хранения твердых РАО. Срок эксплуатации проектом не определен. Межотраслевым экспертно-сертификационным, научно-техническим и контрольным центром ядерной и радиационной безопасности (РЭСцентр) разработан «Отчет по оценке безопасности приповерхностного пункта хранения РАО ОАО «Соликамский магниевый завод» для периода времени после вывода емкостей хранения РАО из эксплуатации (этап 2)» и выполнены работы по «Оценке и анализу последствий внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объект использования атомной энергии пункт хранения РАО Открытого акционерного общества «Соликамский магниевый завод», на основании данных работ экспертным центром сделано заключение, что ПХРО имеет достаточный уровень безопасности на долгосрочный период (прогнозируемый период — десятки тысяч лет) при условии проведения работ по мониторингу ПХРО. Также сделан вывод, что в соответствии с прогнозом после вывода ПХРО из эксплуатации (закрытия путем консервации емкостей в соответствии с проектом) дефицита безопасности не обнаруживается. На сегодняшний день в пункте хранения размещено более 130 тыс. м<sup>3</sup> РАО.

Кроме этого, РАО накоплены на следующих предприятиях:

- АО «ЕВРАЗ ЗСМК» — крупнейшее в Сибири предприятие по производству стали;
- АО «Амурметалл» — дальневосточное металлургическое предприятие;
- АО «Ключевский завод ферросплавов» — основан в 1941 г. для промышленного производства преимущественно алюминотермическим способом группы малотоннажных и мелкосерийных ферросплавов и лигатур специального назначения с редкими и редкоземельными металлами;
- ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» имени М.В. Проценко» — начало свою работу в 1958 году. На предприятии создано радиотехническое производство, производство технических средств охраны и т.д.;
- и ряде других.

### 1.2.8 Ядерные взрывы для народного хозяйства

В 1963 г. между СССР и США был подписан Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. В период с 1964 по 1988 гг. в СССР в рамках выполнения «Программы №7», или «Ядерные взрывы для народного хозяйства» на территории СССР было проведено 124 подземных взрывов (МЯВ) с использованием 135 ядерных взрывных устройств, в том числе:

- в России — 80 взрыв (84 заряда);
- в Казахстане — 39 взрывов (46 зарядов);
- в Узбекистане — 2 взрыва;
- в Украине — 2 взрыва;
- в Туркмении — 1 взрыв.

На рисунке 1.10 показано географическое распределение проведенных МЯВ.



Рисунок 1.10 — Тематическая карта СССР-1985 г. «Местоположение взрывов, выполненных для нужд народного хозяйства»

Объекты, образовавшиеся при проведении МЯВ, находятся на территории всех 8 федеральных округов Российской Федерации, существовавших до возвращения Крыма в Россию. Заказчиками мирных взрывов были различные ведомства. В таблице 1.5 представлены основные направления решаемых задач. Необходимо отметить, что в ряде случаев, после

проведения работ на объектах на поверхности оставалось загрязненное оборудование или загрязненные территории, после проведения работ по их дезактивации образовывались приповерхностные хранилища РАО. В соответствии со ст. 26 №190-ФЗ центральные зоны ядерных взрывов, образовавшиеся при использовании ядерных зарядов в мирных целях, могут быть отнесены к особым РАО. Статус самих объектов, включающих поверхностные сооружения и территории их размещения, законодательно не определен.

Таблица 1.5 — Распределение по целевому назначению МЯВ, осуществленных в СССР

| Заказчик                                         | Целевое назначение                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Министерство геологии СССР                       | Глубинное сейсмозондирование земной коры с целью поиска структур, перспективных для разведки полезных ископаемых                                                                                                      |
|                                                  | Опытно-промышленные работы по интенсификации притоков нефти на стадии разведки                                                                                                                                        |
|                                                  | Опытно-промышленные работы по интенсификации добычи газа из слабопроницаемых формаций на стадии разведки                                                                                                              |
|                                                  | Опытно-промышленные работы по интенсификации добычи нефти из слабопроницаемых газонефтяных формаций на стадии разведки                                                                                                |
|                                                  | Опытный взрыв по созданию емкости в каменной соли для хранения нефти при исследовании результатов взрывов по интенсификации добычи нефти и газа                                                                       |
|                                                  | Глушение газовых фонтанов                                                                                                                                                                                             |
| Министерство газовой промышленности СССР         | Опытно-промышленная работа по интенсификации притоков газа                                                                                                                                                            |
|                                                  | Опытно-промышленные работы по созданию подземных емкостей                                                                                                                                                             |
| Министерство нефтяной промышленности СССР        | Опытно-промышленные работы по интенсификации добычи нефти и повышению коэффициента нефтеотдачи                                                                                                                        |
| Министерство удобрений СССР                      | Опытно-промышленные работы по дроблению апатитовой руды                                                                                                                                                               |
| Министерство энергетики СССР                     | Опытная работа по созданию траншеи-выемки с целью определения возможности сооружения Печоро-Колвинского канала в аллювиальных грунтах                                                                                 |
| Министерство цветных металлов СССР               | Экспериментальная работа по созданию плотины-хвостохранилища рыхлением пород                                                                                                                                          |
| Министерство нефтехимической промышленности СССР | Опытно-промышленные работы по захоронению в глубокие геологические формации биологически опасных промстоков нефтехимических производств                                                                               |
| Министерство химической промышленности СССР      | Опытно-промышленные работы по захоронению в глубокие геологические формации биологически опасных промстоков химических производств                                                                                    |
| Министерство угольной промышленности СССР        | Опытно-промышленные работы по проверке эффективности регионального мероприятия по борьбе с внезапными выбросами газа и угольной пыли в угольных шахтах путем обработки ядерным взрывом наиболее взрывоопасных пластов |
| Министерство среднего машиностроения СССР        | Опытно-промышленные работы по созданию водоемов на выброс в результате образования воронки и перекрытия навалом русла реки                                                                                            |

### 1.2.9 Используемые подходы и мероприятия по обеспечению безопасности обращения с РАО

#### Классификации РАО

До 2012 г. в России отнесение производственных отходов, загрязненных или содержащих радионуклиды, к категории РАО устанавливалось в ОСПОРБ-99 и СПОРО-2002 [27, 28]. Жидкие и твердые РАО подразделялись по удельной активности на три катего-

рии: НАО, САО, ВАО. Эта система категорирования РАО, в основном, была разработана в целях защиты персонала при обращении с РАО и не подходила для выработки критериев приемлемости РАО для захоронения, так как не учитывала технологические особенности окончательной стадии обращения с РАО.

Согласно принятому в июле 2011 года №190-ФЗ удаляемые РАО, включая отработавшие закрытые источники излучения (ОЗРИ), для целей их захоронения должны классифицироваться по нескольким признакам, в том числе по периоду полураспада, по уровню удельной активности и т.д. Критерии классификации РАО для целей их захоронения установлены Правительством Российской Федерации в 2012 г. №1069 (таблица 1.6) и нашли свое отражение в 2013 году в изменениях к ОСПОРБ-99/2010 и СПОРО-2002.

Таблица 1.6 — Классификация удаляемых РАО [2]

| Класс РАО | Способ захоронения                                                                                    | Требования                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                         |                                  |                     |                      |                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|           |                                                                                                       | Агрегатное состояние                                                                                                                                                                                                                                            | Категория РАО                                                           | Уровни удельной активности, Бк/г |                     |                      |                     |
|           |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                         | третий<br>содержащие             | бета-<br>излучающие | альфа-<br>излучающие | трансурановые       |
| 1         | в пунктах глубинного захоронения                                                                      | ТРО                                                                                                                                                                                                                                                             | ВАО, требующие предварительной выдержки с целью снижения тепловыделения | более $10^{11}$                  | более $10^7$        | более $10^6$         | более $10^5$        |
| 2         | в пунктах глубинного захоронения РАО                                                                  | ТРО, ОЗРИ (I и II категорий опасности)                                                                                                                                                                                                                          | ВАО, без тепловыделения                                                 | более $10^{11}$                  | более $10^7$        | более $10^6$         | более $10^5$        |
|           |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 | САО, долгоживущие РН                                                    | от $10^8$ до $10^{11}$           | от $10^4$ до $10^7$ | от $10^3$ до $10^6$  | от $10^2$ до $10^5$ |
| 3         | в пунктах приповерхностного захоронения РАО, размещаемых на глубине до 100 метров                     | ТРО, ОЗРИ (III категории опасности)                                                                                                                                                                                                                             | САО                                                                     | от $10^8$ до $10^{11}$           | от $10^4$ до $10^7$ | от $10^3$ до $10^6$  | от $10^2$ до $10^5$ |
|           |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 | НАО, долгоживущие РН                                                    | от $10^7$ до $10^8$              | от $10^3$ до $10^4$ | от $10^2$ до $10^3$  | от $10^1$ до $10^2$ |
| 4         | в пунктах приповерхностного захоронения РАО, размещаемых на одном уровне с поверхностью земли         | ТРО, ОЗРИ (IV и V категорий опасности)                                                                                                                                                                                                                          | НАО                                                                     | от $10^7$ до $10^8$              | от $10^3$ до $10^4$ | от $10^2$ до $10^3$  | от $10^1$ до $10^2$ |
|           |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 | ОНРАО                                                                   | до $10^7$                        | до $10^3$           | до $10^2$            | до $10^1$           |
| 5         | в пунктах глубинного захоронения РАО, сооруженных и эксплуатируемых на день вступления в силу №190-ФЗ | ЖРО                                                                                                                                                                                                                                                             | САО                                                                     | от $10^7$ до $10^8$              | от $10^3$ до $10^7$ | от $10^2$ до $10^6$  | от $10^1$ до $10^5$ |
|           |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 | НАО                                                                     | до $10^4$                        | до $10^3$           | до $10^2$            | до $10^1$           |
| 6         | в пунктах приповерхностного захоронения РАО                                                           | РАО, образующиеся при добыче и переработке урановых руд, а также при осуществлении не связанных с использованием атомной энергии видов деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов |                                                                         |                                  |                     |                      |                     |

Введение классификации РАО именно для целей их захоронения направлено на переход от системы отложенного решения, которая на сегодняшний день применяется в России в отношении обращения РАО, к практике окончательного захоронения РАО.

Новая классификация устанавливает требования не к отходам, а к упаковкам РАО, т.е. к конечной форме РАО, что позволит существенно упростить оценку безопасности при проектировании, эксплуатации, закрытии и в пост-эксплуатационный период пункта захоронения РАО, а также оценку полезного объема пункта захоронения РАО. При этом упаковка РАО должна отвечать критериям приемлемости [29].

В отношении накопленных РАО, захоронение которых более приемлемо в месте их нахождения, эта классификация не применима. Система обращения с данными отходами подробно рассмотрена в следующих главах.

### ***Организационно-технические мероприятия при размещении предприятий***

#### ***Установление санитарно-защитной зоны предприятий***

При принятии решения о строительстве производства, комбината, завода в соответствии с санитарными правилами устанавливается санитарно-защитная зона (СЗЗ). Назначение данной зоны — защита населения от влияния вредных производственных факторов, в том числе от выбросов. По сути, СЗЗ — это зона, между промышленными предприятиями и ближайшими населенными пунктами, жилыми и общественными зданиями. В СССР ширина СЗЗ устанавливалась из такого расчёта, чтобы выбросы от промышленных предприятий, достигающие за её пределами районов жилой застройки, не приводили к превышению установленных предельно-допустимых концентраций. В настоящее время ширина СЗЗ зависит от степени вредности выделяемых в атмосферу промышленных выбросов, совершенства технологических процессов, наличия очистных сооружений и т.д. Все промышленные предприятия подразделяют на 5 классов: для предприятий 1-го класса — 1000 м, 2-го — 500 м, 3-го — 300 м, 4-го — 100 м, 5-го — 50 м.

Согласно действующим НРБ-99/2009 СЗЗ — это «территория вокруг радиационного объекта, за пределами которой уровень облучения населения за счет нормальной эксплуатации радиационного объекта не превышает установленную для него квоту» [30]. Размеры СЗЗ определяются на основании [31].

#### ***Установление охранной зоны предприятий***

На первых этапах создания атомного оружия на территориях вокруг сооружаемых комбинатов и заводов устанавливался особый режим их функционирования, включая специальные условия проживания населения. Названия ЗАТО чаще всего совпадали с названиями городов района: Челябинск-40, Томск-7, Красноярск-26, Сальск-7 и т.д.

В 1992 г. список таких территорий был рассекречен и утвержден специальный закон [32], в соответствии с которым к закрытым административно-территориальным образованиям относятся ЗАТО, созданные «в целях обеспечения безопасного функционирования находящихся на его территории организаций, осуществляющих разработку, изготовление, хранение и утилизацию оружия массового поражения, переработку радиоактивных и других представляющих повышенную опасность техногенного характера материалов, военных и иных объектов (далее — организации и (или) объекты), для которых в целях обеспечения обороны страны и безопасности государства устанавливается особый режим безопасного функционирования и охраны государственной тайны, включающий специальные условия проживания граждан».

Список ЗАТО утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 5 июля 2001 г. № 508. На территориях ЗАТО размещены такие предприятия как: ФГУП «ПО «Маяк», АО «СХК», ФГУП ФЯО «ГХК», АО «ПО ЭХЗ», ПАО «НЗХК», АО «ЧМЗ», АО «УЭХК» и др.

#### ***Становление правовой и нормативной базы до 2011 года.***

На ранних этапах становления и развития атомной промышленности вопросы безопасного обращения с РАО были на втором плане в силу крайней нехватки времени, однако уже к 60-м годам XX века пришло понимание необходимости создания

специализированной системы инженерно-технических и организационных решений. Для размещения твердых РАО начали сооружаться специальные бетонные хранилища, для жидких РАО на трех предприятиях были введены в эксплуатацию пласты коллекторы — пункты захоронения ЖРО. Как говорилось выше, были созданы спецкомбинаты «Радон», на территории которых проводилось так называемое «захоронение» РАО.

Отношение к накопленным РАО сильно изменилось в 90-х гг., когда были рассекречены данные по предприятиям, участвовавшим в Атомном проекте СССР, а также были обнародованы данные о произошедших авариях на ФГУП «ПО «Маяк» и др. В последнем десятилетии XX века был принят Федеральный закон от 21.11.1995 г. №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии». Для реализации требований закона были разработаны федеральные нормы и правила в области обращения с РАО (НП-19-2000, НП-20-2000 и др.), санитарные правила при обращении с РАО на разных стадиях (ОСПОРБ-99, СПОРО-2002), была создана Система государственного учета и контроля РВ и РАО [33].

В 2005 г. Российской Федерацией была ратифицирована Объединенная конвенция о безопасности обращения с ОЯТ и о безопасности обращения с РАО, в рамках которой государство взяло на себя определенные обязательства, в том числе учитывать лучший опыт в области обеспечения безопасности обращения с ОЯТ и РАО. Вопросам решения проблем накопленных РАО с целью их окончательно изоляции стало уделяться особое внимание.

### 1.3 Международные принципы и требования по безопасному обращению с РАО

РАО образуются в больших количествах как в атомной промышленности и энергетике, так и при использовании радиоактивных веществ в медицине, промышленности, сельском хозяйстве, исследованиях и образовании (рисунок 1.1). В различных странах используется большое разнообразие подходов по сбору, сортировке, кондиционированию и хранению РАО перед захоронением и вариантов захоронения, начиная от поверхностных могильников в обустроенных амбарах или траншеях и кончая хранилищами в стабильных геологических формациях на глубине сотни метров. Помимо объективных технологических возможностей и физических причин, влияющих на потенциальную опасность РАО, такое многообразие объясняется еще и тем, что в прошлом обращение с РАО (при проектировании, эксплуатации и тем более выводе из эксплуатации) не регламентировалось в должной мере регулирующими органами. МАГАТЭ, как орган ООН, уполномоченный обобщать накопленный в странах опыт использования атомной энергии, в свою очередь, неоднократно корректировал подходы и критерии к классификации отходов и правила по хранению и захоронению в направлении повышения требований безопасности. Можно условно выделить три этапа ревизии стандартов МАГАТЭ: начало 80-х, 90-е годы прошлого века и последнее десятилетие. Ниже дана характеристика этой эволюции, которая продолжается и в настоящее время.

**МКРЗ.** Научная идеология радиационной защиты (РЗ) при обращении с РАО и их захоронении разрабатывалась МКРЗ с 1993 по 2013 годы в пяти специальных публикациях [34-39]. В Рекомендациях МКРЗ 2007 года [38] содержится весьма лаконичный текст по РЗ применительно к захоронению РАО. Предлагается рассматривать РЗ в рамках ситуации планируемого облучения, как составную часть деятельности с радиационным источником. Для ограничения облучения населения от хранилища РАО ранее МКРЗ рекомендовало устанавливать значение граничной дозы на уровне не более 0,3 мЗв в год [36]. В Рекомендациях 2007 года указанный критерий формально остался без изменений. Однако при этом часть граничной дозы от долгоживущей компоненты не должна превышать 0,1 мЗв. Следовательно, для долгоживущих РАО национальным органам регулирования предлагается использовать дозовое ограничение на уровне или ниже 0,1 мЗв в год. Количественные критерии риска потенциального облучения (граничные риски) в Рекомендациях 2007 года не приведены. Специальные публикации МКРЗ, вышедшие в свет в 1993-1998 гг. [34,36,37], которые раскрывают политику РЗ при захоронении отходов, область и

структуру применения концепции потенциального облучения, остаются действующими рекомендациями в рамках новой системы РЗ. На этапах обращения с РАО до захоронения обеспечение РБ не имеет особой специфики по сравнению с другими видами деятельности с открытыми и закрытыми источниками. Поэтому МКРЗ не останавливается подробно на особенностях РЗ при сортировке, кондиционировании и транспортировке РАО. К числу особенностей РЗ при захоронении РАО МКРЗ относит:

- неопределенности долгосрочного прогноза радиационной обстановки на длительный период времени (поэтому усечение периода времени, принимаемого в расчет при обосновании РБ, как правило, составляет несколько сот лет);
- проблему равной защищенности нынешнего и будущих поколений (в отличие от других видов деятельности в области использования атомной энергии, для которых приоритетом является извлечение пользы для ныне живущих, захоронение РАО преследует далеко идущие (во времени) цели);
- существенные ограничения на применение коллективной дозы в процедуре оптимизации РЗ при захоронении РАО с учетом распределения индивидуальных доз (малые дозы, большие облучаемые популяции и длительный период облучения вызывают необходимость усечения коллективных доз со стороны очень малых индивидуальных доз);
- и, конечно, оценка потенциального облучения. Принимается, что если экстремальные условия, приводящие к аварийным ситуациям, могут возникать с частотой менее чем 1 раз в 100 лет, то такие события следует исключить из оценок безопасности в нормальных условиях. Возникающие в этих случаях облучения следует рассматривать как потенциальные, и вероятность их возникновения и ожидаемые индивидуальные дозы учитывать в процессе принятия решений.

**МАГАТЭ.** Циклы обновления стандартов МАГАТЭ синхронизированы с изданием основных Рекомендаций МКРЗ (1977 г. — Публикация 26, 1990 г. — Публикация 60, 2007 г. — Публикация 103). Значительное число действующих в настоящее время отечественных регулирующих документов основано на международной системе требований по безопасности при обращении с РАО 90-х годов прошлого века, когда были приняты основополагающие нормативные документы МАГАТЭ и других организаций системы ООН, а также Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и безопасности обращения с РАО [40-43].

Ниже дано краткое изложение принципов, классификации РАО, основных требований, использованное в тот период, и их ревизия к текущему моменту времени (по состоянию на 2015 год).

#### *Принципы.*

До 2006 года в документах МАГАТЭ серии «Основы безопасности» формулировки принципов безопасности ядерных установок, радиационной защиты и безопасности источников и безопасности при обращении с РАО несколько различались. Так принципы безопасного обращения с РАО [41] включали следующие аспекты:

№1 — *охрана здоровья людей* путем контроля путей облучения, ограничения облучения в рамках национальных норм и соблюдения принципов обоснования, оптимизации и принципа нормирования (только для нормальной эксплуатации техногенных источников);

№2 — *охрана окружающей среды* путем минимизации сбросов и выбросов (концентрирование и удержание радионуклидов предпочтительнее их разбавления и рассеяния), ограничения негативного воздействия захоронения РАО на использование природных ресурсов;

№3 — *обеспечение безопасности за пределами национальных границ* при аварии с РАО или при трансграничном перемещении РАО;

№4 — *защита здоровья будущих поколений* от радиационного воздействия, ограничивая возможное облучение уровнями, не превышающими ныне установленные нормативы, использование принципа многобарьерности изоляции РАО при захоронении и учет неопределенностей долгосрочных оценок безопасности;

№5 — *предотвращение необоснованного бремени на будущие поколения;*

№6 — *наличие национально правовой структуры*, включая распределение текущих и долгосрочных обязанностей, обеспечение независимости регулирующего органа, учреждение финансовых механизмов на длительный период времени;

№7 — *контроль образования РАО*, предполагающий удержание образования и накопления РАО на минимальном технически достижимом уровне;

№8 — *взаимосвязь между этапами обращения с РАО*, учитывая их взаимообусловленность и длительность реализации;

№9 — *безопасность установок по обращению с РАО* на протяжении всего срока эксплуатации.

В 2000 году МАГАТЭ с другими международными организациями начал подготовку единого свода основополагающих принципов безопасности № SF-1, которые были приняты в 2006 году [44]. Из 10 принципов первые три относятся к правовой категории (ответственность за обеспечение безопасности, роль правительства, включая создание независимого регулирующего органа, и руководство безопасностью). Следующие три относятся к нормативным аспектам (обоснование деятельности, оптимизация РЗ и ограничение радиационных рисков в отношении физических лиц). Седьмой принцип относится к защите нынешнего и будущего поколений и окружающей среды от радиационных рисков. Именно в этом принципе дан рецепт долгосрочного обеспечения безопасности в отношении РАО: *«Обращение с РАО должно быть организовано таким образом, чтобы оно не вело к созданию неоправданных проблем для будущих поколений, т.е. поколения, производящие отходы, должны изыскивать и применять рациональные и экологически приемлемые методы долгосрочного обращения с отходами. Образование отходов должно сводиться к минимальному практически возможному уровню посредством осуществления соответствующих проектных мер и процедур, таких, как вторичная переработка и повторное использование материала (п.3.29)»*

Последние три принципа относятся к трем ситуациям облучения, введенным в рекомендациях МКРЗ: планируемой, аварийной и существующей (предотвращение аварий путем создания глубокоэшелонированной защиты; аварийной готовности и реагирования; обоснованному и оптимальному введению защитных мер по имеющимся или нерегулируемым рискам). Следует отметить терминологическую доминанту при формулировке основополагающих принципов, — повсеместное использование термина «радиационный риск». Термин «доза» используется лишь 3 раза в принципах обоснования и ограничения радиационного риска. Это обстоятельство в очередной раз подчеркивает фундаментальное значение развития методологии анализа риска в задачах обеспечения радиационной безопасности.

#### *Международная классификация РАО.*

Классификация РАО может быть полезна на любой стадии от их возникновения, кондиционирования, временного хранения, транспортирования и захоронения. Кроме того, классификация должна служить многим целям, начиная со стратегического концептуального уровня, продолжая рабочими процедурами и, кончая взаимодействием экспертов, администраторов, регуляторов и населения различных стран для одинакового понимания проблемы. Для достижения этих целей, в идеале, классификация РАО должна охватывать все виды РАО, учитывать все стадии «жизненного цикла РАО», отражать потенциальную опасность, быть простой для понимания и универсально полезной для любых конкретных условий. Специалисты различных стран сходятся во мнении, что универсальной системы классификации РАО не существует, несмотря на многочисленные попытки ее создания: классификация не может быть одновременно универсальной и в тоже время отражать детали и особенности каждой стадии обращения с РАО.

Тем не менее, более точная классификация, над которой работают регулирующие органы ряда стран, позволила бы облегчить взаимодействие, упростить обмен информацией и опытом особенно на международном уровне, что в конечном итоге будет способствовать повышению безопасности обращения с РАО. На пути к этому идеалу было несколько итераций.

До 1994 года система классификации включала 3 класса РАО [45, 46]:

ВАО — жидкие высокоактивные отходы, содержащие продукты деления и актиниды радиохимического производства в ЯТЦ; ОЯТ, если он декларировался как РАО, и другие отходы с такой активностью, которая приводит к значительному тепловыделению при радиоактивном распаде;

САО — отходы, требующие защиты, но не нуждающиеся в теплоотводе при обращении и транспортировке;

НАО — отходы с низким содержанием радионуклидов, не требующие защиты при нормальном обращении с ними и транспортировке.

В классах САО и НАО были выделены короткоживущие и долгоживущие отходы, а также альфа-излучающие нуклиды.

Предложенная классификация была полезна для общих целей. Однако она имела ряд недостатков: слабую связь с аспектами безопасности обращения с РАО в хранилищах; несогласованность с определениями РАО во многих странах, согласно которым осуществлялись национальные программы; пробелы в количественном определении границ между классами; отсутствие класса отходов, содержащих столь мало радиоактивности, что их можно было бы считать «нерадиоактивными» и изъять из-под контроля, как РАО; и, наконец, неопределенность в отношении больших объемов отходов шахт и рудников с малой удельной активностью природных радионуклидов.

В 1994 году МАГАТЭ опубликовало пересмотренную схему классификации РАО [47] в основе которой были введены три основных класса (рисунок 1.11):

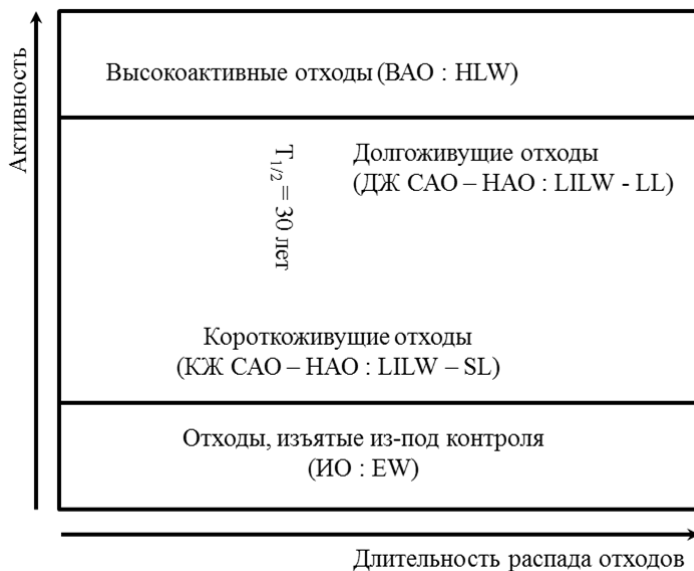


Рисунок 1.11 — Система классификации РАО-1994 [47]

- отходы, содержащие такие низкие концентрации радионуклидов, что они могут быть изъяты из регулирующего контроля, так как риски, связанные с ними, являются незначительными;
- отходы, содержащие такие концентрации радионуклидов, которые требуют действий по защите персонала и населения, или краткосрочно, или длительное время. Этот класс, охватывает широкий диапазон отходов от уровней активности выше уровней изъятия (exemption levels), не требующих защиты или специального контаймента, до отходов с такой высокой активностью, которые нуждаются в физической защите и, возможно, отводе тепла. Для таких отходов разработан ряд методов захоронения;

- отходы, содержащие такие высокие концентрации радионуклидов, что требуется их надежная изоляция от биосферы длительное время, и обычно применяется как защита, так и теплоотвод.

Хотя принципы предыдущей системы классификации и сохранились, классификация 1994 года отдавала приоритет безопасности захоронения. Был учтен накопленный опыт национальных программ и требований.

В табл. 1.7 приведена схема классификации твердых РАО и соответствующие варианты захоронения.

*Таблица 1.7 — Типовая характеристика классов РАО [47]*

| Класс отходов                               | Характеристика                                                                                                                                        | Вариант захоронения                          |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Отходы, изъятые из-под контроля (ИО: EW) | Активность ниже уровней освобождения (clearance levels), соответствующих годовой дозе населения 0,01 мЗв                                              | Никаких радиологических ограничений          |
| 2. CAO — НАО                                | Активность выше уровней освобождения для РАО и тепловыделение ниже 2 кВт/м <sup>3</sup>                                                               | Приповерхностное или подземное хранилище РАО |
| 2.1. Короткоживущие CAO — НАО               | Ограниченная активность ДЖН (не более 4000 Бк/г альфа-излучающих на отдельную упаковку и не более 400 Бк/г в среднем на упаковки РАО)                 | Приповерхностное или подземное хранилище РАО |
| 2.2. Долгоживущие CAO — НАО                 | Ограничения, превышающие таковые для объектов с короткоживущими РАО                                                                                   | Подземное хранилище РАО                      |
| 3. ВАО                                      | Удельная активность долгоживущих нуклидов превышает ограничения, установленные для короткоживущих РАО и тепловыделение превышает 2 кВт/м <sup>3</sup> | Подземное хранилище РАО                      |

Для отходов, изъятых из-под контроля, удельная активность радионуклидов, соответствующая 0,01 мЗв, находится в диапазоне от 0,1 Бк/г до 10<sup>4</sup> Бк/г. Консенсус по критериям безусловного освобождения от контроля, особенно, важен при транспортировке РАО между странами. Если уровни активности несколько выше установленных значений, то может идти речь об условном освобождении РАО из-под контроля при заранее определенных условиях.

Границей между НАО и CAO обычно считали контактную мощность дозы 2 мкЗв/ч. Однако такой подход не учитывал индивидуальные свойства радионуклидов и пути формирования дозы от них, в т.ч. при радиационных инцидентах. Поэтому было предложено дополнительное разделение отходов на короткоживущие и долгоживущие. Качественный критерий такого разделения состоит в различной длительности государственного надзора за временными или постоянными хранилищами. Важно подчеркнуть, что существующие радиологические критерии для короткоживущих НАО и CAO не позволяют точно определить оптимальный вариант захоронения РАО, — приповерхностный или подземный. Для долгоживущих НАО-CAO важно надежно изолировать отходы от внешней среды, чтобы предотвратить или максимально купировать поступление радиоактивности к человеку в течение всего периода потенциальной опасности отходов. В текущей практике отходы с удельной активностью альфа-излучающих радионуклидов не более 4000 Бк/г могут размещаться в приповерхностных хранилищах. Некоторые страны устанавливают ограничение средней активности всех упаковок РАО на уровне 400 Бк/г с тем, чтобы впоследствии имелась возможность безопасного удаления из приповерхностного хранилища упаковок (контейнеров) с высокой активностью. Для ВАО прежняя система классификации осталась неизменной. Точная количественная граница ВАО не может быть обоснована только

радиационными характеристиками радионуклидов. Необходимо учитывать конкретные условия на объекте и физико-химические свойства РАО.

В 2009 году была завершена разработка новой классификации, в которой учтены новые реалии после принятия Конвенции по безопасности ОЯТ и безопасности обращения с РАО [43, 48]. Она охватывает широкую номенклатуру отходов, начиная с ОЯТ, которые могут признаваться РАО в странах-участниках МАГАТЭ, и, кончая отходами такой низкой активности, что они выводятся за рамки действия документа. Под классификацию попадают и отработавшие закрытые источники излучения (ОЗРИ), и отходы с природными радионуклидами; отходы, образованные в ходе практической деятельности, и от вмешательства после аварий.

Классификационная схема МАГАТЭ представляет собой оболочку для всех видов обращения с РАО в долгосрочном плане, обеспечения безопасности в долгосрочной перспективе и не зависит от фактической деятельности до образования РАО. Тем не менее, для некоторых этапов обращения с РАО (сортировка, кондиционирование, хранение и транспортирование) в основную классификацию могут быть введены подклассы РАО. Принципиально отходы классифицируются по степени защищенности и изоляции, которая требуется для долгосрочной безопасности, исходя из потенциальной опасности РАО. Это соответствует дифференцированному подходу (graded approach) в достижении безопасности. Выделяются по степени защищенности и изоляции следующие 6 вариантов захоронения РАО:

- изъятие или освобождение;
- временное хранение для распада;
- хранение в инженерно обустроенных наземных сооружениях;
- приповерхностные хранилища типа траншей, бункеров или неглубоких (до десятков метров) скважин;
- обустроенные хранилища на глубине от десятков до сотен метров, включая хранение в скважинах малого диаметра;
- обустроенные хранилища в стабильных глубоких геологических формациях на глубинах свыше сотен метров.

Параметры, используемые в классификационной схеме (суммарная активность, удельная активность, период полураспада) применяются для индикации уровня опасности конкретного типа отходов, но не точного обозначения границ между классами. Например, суммарная активность и удельная активность — подходящие критерии для больших количеств РАО, но неадекватно характеризуют отработавшие неиспользуемые (утерянные) закрытые источники. Дозовые критерии, применяемые при обращении с природными РАО, могут отличаться от аналогичных критериев при обращении с РАО ядерных объектов, содержащими техногенные радионуклиды.

Взамен прежних трех основных классов [47] с учетом перечисленных выше вариантов захоронения устанавливаются следующие 6 классов (рисунок 1.12):

(ОНАО-EW) — отходы, содержащие такие низкие концентрации радионуклидов, что они могут быть изъяты из регулирующего контроля, так как риски, связанные с ними, являются незначительными. Критерии освобождения, изъятия и исключения из регулирующего контроля (clearance, exemption or exclusion from regulatory control) приведены в Требованиях МАГАТЭ RS-G-1.7 и в новых МОНБ [49];

(КЖ РАО-VSLW) — отходы, содержащие короткоживущие радионуклиды, которые могут храниться несколько лет до распада и получения разрешения на их неконтролируемое захоронение или сброс. Примером могут служить радионуклиды, используемые в исследовательских и медицинских целях с периодом полураспада не более 100 суток;

(ОНРАО- VLLW) — отходы, активность которых выше чем критерии ОРАО, но которые не требуют большой защищенности и изоляции и поэтому могут храниться в наземных объектах при ограниченном регулирующем контроле. Эти объекты могут хра-

нить и другие опасные отходы. Примером могут служить отходы, включающие землю и строительные отходы с низкой концентрацией;

(НАО-LLW) — отходы, требующие защиты и изоляции в обустроенных приповерхностных хранилищах до нескольких сот лет. Эти отходы могут содержать большую активность короткоживущих радионуклидов и относительно небольшую активность долгоживущих радионуклидов (выше уровней освобождения из-под контроля);

(САО-ILW) — отходы, содержащие долгоживущие радионуклиды (в частности, альфа излучающие) с такой активностью, что требуется их захоронение на десятки-сотни метров для их надежной защиты и изоляции. Однако обеспечения специального теплосъема от них не требуется. Ранее применяемый критерий 2 мкЗв/ч на поверхности контейнера с РАО для установления границы между НАО и САО теперь не применяется;

(ВАО-HLW) — отходы с такой активностью, которая приводит к выделению большого количества тепловой энергии, или отходы с большой активностью долгоживущих радионуклидов, что диктует необходимость их захоронения в стабильных геологических формациях на глубинах свыше сотен метров по специальному проекту.

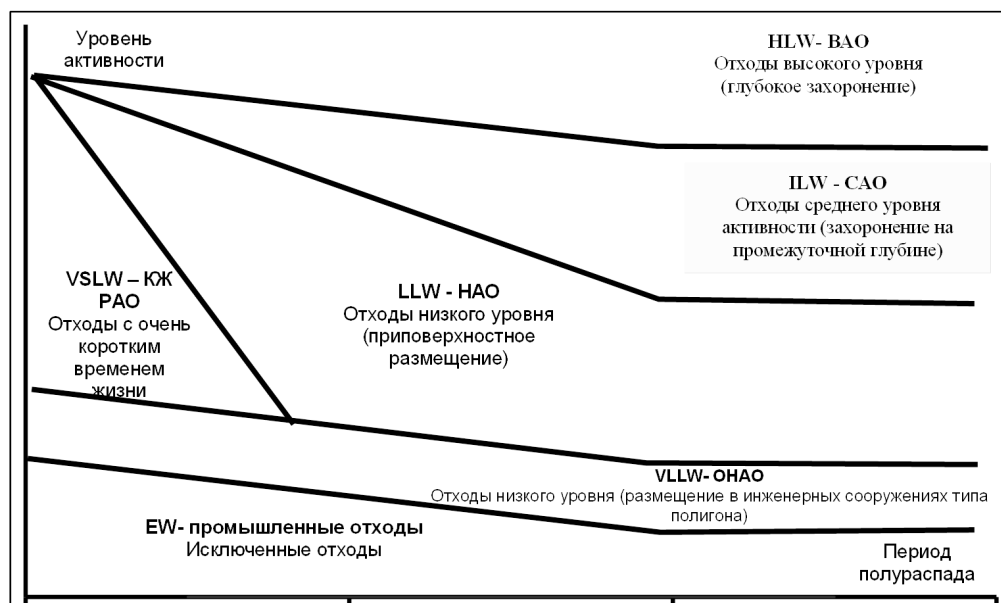


Рисунок 1.12 — Система классификации РАО — 2009 [48]

Таким образом, эволюция международной классификации РАО происходит в направлении расширения номенклатуры РАО и учета классификационных признаков, значимых для обоснования варианта захоронения РАО.

Предлагаемая МАГАТЭ классификационная схема фокусируется на твердых отходах и не дает полезных советов для «смешанных» отходов, включающих в себя, как радиоактивные, так и вредные нерадиоактивные вещества. Точные границы между классами МАГАТЭ сознательно не устанавливаются. Считается, что это право и обязанность национальных регулирующих органов, которые должны учитывать особенности государственной стратегии в области обращения с РАО.

Механическое внедрение классификации РАО, разработанной в некой высокоразвитой ядерной державе, на иную национальную почву может оказаться не оптимальным на взгляд МАГАТЭ. Это положение, тем не менее, не противоречит идее учета зарубежного опыта в отечественном регулировании.

### *Требования безопасности.*

Нормы МАГАТЭ по безопасности состоят из документов трех иерархических уровней:

I. Основ безопасности, включающих основополагающую цель безопасности и 10 принципов безопасности;

II. Общих требований в отношении безопасности, состоящих из 7 частей:

Часть 1. Правительственный, правовой и регулирующий механизм обеспечения безопасности;

Часть 2. Руководство и управление в интересах обеспечения безопасности;

Часть 3. Радиационная защита и безопасность источников излучения;

Часть 4. Оценка безопасности установок и деятельности

Часть 5. Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением;

Часть 6. Снятие с эксплуатации и прекращение деятельности;

Часть 7. Аварийная готовность и реагирование

и Конкретных требований безопасности, состоящих из 6 разделов:

1. Оценка площадок для ядерных установок

2. Безопасность АЭС

2.1. Проект и сооружение

2.2. Ввод в эксплуатацию и эксплуатация

3. Безопасность исследовательских реакторов

4. Безопасность установок ЯТЦ

5. Безопасность установок для захоронения РАО

Требования должны выполняться для достижения целей и соблюдения принципов безопасности. Если требования не выполняются, например, для технологий или установок, созданных в прошлом, то должны предприниматься меры для достижения или восстановления требуемого уровня безопасности.

### *I. Руководства по безопасности.*

Они представляют собой рекомендательные материалы, характеризующие пути соблюдения требований. В них обобщены лучшие образцы национального опыта обеспечения безопасности, одобренные на основе международного консенсуса специалистов из стран-участников МАГАТЭ. Перечень утвержденных и разрабатываемых руководств по безопасности при обращении с РАО приведен в табл. 1.8.

*Таблица 1.8 — Перечень действующих и перерабатываемых руководств МАГАТЭ по безопасности при обращении с РАО (по состоянию на июнь 2015 года)*

| №пп | Наименование документа                                                                                                                         | Вид документа               | Пер. №                    | Год  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------|
| 1   | Обращение с РАО низкого и среднего уровня активности перед их захоронением                                                                     | Руководство по безопасности | WS-G-2.5<br>UR*<br>DS 448 | 2005 |
| 2   | Обращение с РАО высокого уровня активности перед их захоронением                                                                               | Руководство по безопасности | WS-G-2.6<br>UR DS 447     | 2005 |
| 3   | Обращение с отходами высокого уровня активности перед их захоронением.                                                                         | Руководство по безопасности | WS-G-2.6                  | 2005 |
| 4   | Радиационная защита и обращение с РАО при эксплуатации АЭС                                                                                     | Руководство по безопасности | NS-G-2.7                  | 2005 |
| 5   | Обращение с РАО, образующимися в результате использования радиоактивных материалов в медицине, сельском хозяйстве, исследованиях и образовании | Руководство по безопасности | WS-G-2.7<br>UR DS 454     | 2006 |
| 6   | Хранение РАО                                                                                                                                   | Руководство по безопасности | WS-G-6.1                  | 2008 |
| 7   | The management system for the disposal of radioactive waste                                                                                    | Safety guide                | GS-G-3.4                  | 2008 |

|    |                                                                                           |                                           |                       |      |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|------|
| 8  | The management system for the processing, handling and storage of radioactive waste       | Safety guide Py-ководство по безопасности | GS-G-3.3<br>UR DS 477 | 2008 |
| 9  | Borehole disposal facilities for radioactive waste                                        | Safety guide                              | SSG-1                 | 2009 |
| 10 | Geological disposal facilities for radioactive waste                                      | Specific safety guide                     | SSG-14                | 2011 |
| 11 | The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive waste               | Specific safety guide                     | SSG-23                | 2012 |
| 12 | The safety case and safety assessment for the predisposal management of radioactive waste | General safety guide                      | GSG-3                 | 2013 |
| 13 | Near surface disposal facilities for radioactive waste                                    | Specific safety guide                     | SSG-29                | 2014 |
| 14 | Monitoring and surveillance of radioactive waste disposal facilities.                     | Specific safety guide                     | SSG-31                | 2014 |

\* UR — under revision — документ пересматривается

В контексте темы настоящей монографии целесообразно, хотя бы конспективно, изложить общие требования по обращению с РАО до захоронения [50] и правила по безопасности установок для захоронения РАО [51].

*Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением. Общие требования безопасности. Часть 5 № GSR Part 5. МАГАТЭ, Вена (2010)*

Обращение с РАО перед захоронением охватывает все стадии обращения с ними от их образования до захоронения, включая переработку (предварительную обработку, обработку и кондиционирование), хранение и перевозку. Главной целью переработки РАО является получение формы отходов, совместимой с выбранным или ожидаемым вариантом захоронения. В промежутках между основными стадиями обращения с РАО и в их рамках также могут осуществляться манипуляции с ними и производиться их хранение, в связи с чем, будет необходимо также обеспечить, чтобы РАО имели форму, пригодную для таких манипуляций и хранения, а также для любой перевозки.

Во многих случаях, установки для захоронения (ПЗРО) отсутствуют, поэтому до того, пока они будут созданы, может потребоваться длительное хранение РАО.

Общие требования безопасности группируются по разделам соответствующим основополагающим принципам.

*Требования 1-4. Правовая, регулирующая и политическая основа.*

Согласно этим требованиям правительство должно обеспечить надлежащую национальную правовую и регулирующую основу, в рамках которой можно планировать и безопасно осуществлять деятельность по обращению с РАО. Это включает четкое и однозначное распределение обязанностей, обеспечение финансовых и других ресурсов и осуществление независимых регулирующих функций. В надлежащих случаях и при необходимости, когда воздействию могут быть подвергнуты соседние государства, защита обеспечивается также и за пределами национальных границ.

Для гарантирования эффективного обращения с РАО и контроля за ними правительство обеспечивает разработку национальной политики и стратегии обращения с РАО. Эти политика и стратегия должны соответствовать характеру и объему РАО в этой стране с учетом социальных условий.

Регулирующий орган устанавливает требования применительно к разработке установок для обращения с РАО и вводит официальные процедуры соблюдения требований на различных стадиях процесса лицензирования. Регулирующий орган рассматривает и оценивает обоснование безопасности и оценку воздействия на окружающую среду установок и деятельности по обращению с РАО по мере их подготовки оператором как до выдачи

официальных разрешений, так и периодически во время эксплуатации. Регулирующий орган осуществляет выдачу, изменение, приостановку или отмену лицензий с учетом любых необходимых условий.

Регулирующий орган осуществляет надзор за соблюдением оператором этих условий и при необходимости применяет санкции в случае отступлений от требований и условий или их несоблюдения.

На операторов возлагается ответственность за безопасность установок или деятельности по обращению с радиоактивными отходами перед захоронением. Оператор выполняет оценки безопасности и разрабатывает обоснование безопасности, а также обеспечивает, чтобы вся необходимая деятельность по выбору площадки, проектированию, строительству, вводу в эксплуатацию, эксплуатации, останову и снятию с эксплуатации велась в соответствии с юридическими и регулирующими требованиями.

*Требования 5-7.* Комплексный подход к обеспечению безопасности. Эти требования, во-первых, относятся к мерам безопасности и физической безопасности при обращении с РАО перед захоронением. Уровень физической безопасности, который требуется обеспечить, должен быть соразмерным уровню радиационной опасности и характеру отходов.

Во-вторых, должны быть надлежащим образом учтены взаимозависимости между всеми стадиями обращения с РАО перед захоронением, а также воздействие ожидаемого варианта захоронения. Вся деятельность с РАО до их захоронения должна рассматриваться как совокупность компонентов большого целого, и элементы управления каждой стадией выбираются с учетом совместимости с другими стадиями. Это достигается в первую очередь путем применения государственного управления и регулирующих требований и подходов. Особенно важно учитывать установленные критерии приемлемости для захоронения отходов или критерии, которые, как ожидается, будут применяться для наиболее вероятного варианта захоронения. Комплексному подходу не отвечает независимая оптимизация лишь отдельных стадий обращения с РАО, при этом налагаются значительные ограничения на последующие стадии или заранее исключаются жизнеспособные варианты.

Системы управления применяются ко всем стадиям и элементам обращения с РАО.

Выбор площадки, проектирование, строительство, эксплуатация, техническое обслуживание, останов и снятие с эксплуатации должны опираться на эффективную систему управления, которая способствует созданию и поддержанию высокой культуры безопасности.

*Требования 8-12.* Стадии обращения с РАО.

Образование РАО должно удерживаться на минимальном практически достижимом уровне, и контролироваться должны все РАО.

На различных стадиях обращения с РАО перед захоронением определяются характеристики и классификация РАО в соответствии с требованиями, установленными регулирующим органом. Характеристики РАО должны определяться с точки зрения их физических, механических, химических, радиологических и биологических свойств. Классификация РАО может проводиться для различных целей, и в ходе последовательных стадий обращения с отходами могут использоваться различные схемы классификации. Самая распространенная классификация — это классификация с точки зрения их будущей утилизации

Переработка РАО основывается на надлежащем учете характеристик отходов и требований, налагаемых различными стадиями обращения с ними (предварительная обработка, обработка, кондиционирование, перевозка, хранение и захоронение). Упаковки отходов проектируются и изготавливаются таким образом, чтобы надлежащим образом сохранять радиоактивный материал в условиях нормальной эксплуатации и в аварийных условиях, которые могут возникнуть при манипулировании с отходами, их хранении, перевозке и захоронении.

Отходы хранятся таким образом, чтобы можно было обеспечить их инспектирование, мониторинг, извлечение и сохранение в состоянии, пригодном для последующего обра-

щения с ними. Обеспечивается надлежащий учет в отношении предполагаемого периода хранения, и, насколько это возможно, применяются средства пассивной безопасности. В отношении, в частности, долгосрочного хранения принимаются меры по предотвращению деградации внешней защитной оболочки отходов.

В контексте обращения с РАО хранение означает временное помещение РАО в установку, в которой обеспечиваются надлежащая изоляция и мониторинг. Хранение должно осуществляться между основными стадиями обращения с РАО перед захоронением и в рамках этих стадий. Хранение должно использоваться для облегчения выполнения последующей стадии обращения с РАО; в качестве буферной операции в промежутках между стадиями обращения с отходами и в их рамках; в ожидании распада радионуклидов до освобождения от контроля или санкционированного сброса; или в отношении отходов, образующихся в аварийных ситуациях, до принятия решения о дальнейшем обращении с ними.

Хранение по определению является временной мерой, но оно может длиться несколько десятилетий. Предназначение хранения отходов состоит в том, чтобы отходы могли быть извлечены для освобождения от контроля, переработки и/или захоронения на более позднем этапе. Если РАО предполагается хранить в течение длительного периода времени, то должны рассматриваться вопросы защиты нынешнего и будущих поколений.

Упаковки отходов и неупакованные отходы, приемлемые для переработки, хранения и/или захоронения, отвечают определенным критериям в соответствии с обоснованием безопасности.

Разработанные критерии приемлемости определяют радиологические, механические, физические, химические и биологические характеристики упаковок отходов и неупакованных отходов, подлежащих переработке, хранению или захоронению; например, их радионуклидный состав или пределы активности, их тепловыделение и свойства формы и упаковок отходов.

*Требования 13-20.* Разработка и эксплуатация установок и осуществление деятельности по обращению с РАО перед захоронением.

Ответственность за подготовку оценки безопасности в рамках обоснования безопасности в соответствии с требованиями регулирующего органа возлагается на оператора. В случае поэтапной разработки или в случае модификации установки или деятельности обоснование безопасности и связанная с ним вспомогательная оценка безопасности по мере необходимости обновляются.

Обоснование безопасности установки для обращения с РАО перед захоронением включает описание того, каким образом все аспекты безопасности площадки, проектирования, эксплуатации, останова и снятия с эксплуатации установки, а также меры управленческого контроля отвечают регулирующим требованиям. Обоснование безопасности и связанная с ним вспомогательная оценка показывают уровень обеспечиваемой защиты и обеспечивают уверенность регулирующего органа в том, что требования безопасности будут выполнены.

Установки для обращения с РАО перед захоронением размещаются и проектируются таким образом, чтобы обеспечивать безопасность в течение ожидаемого срока эксплуатации как в нормальных, так и в возможных аварийных условиях, и в течение их снятия с эксплуатации.

Аспекты, предусматриваемые при проектировании, зависят от потенциальных радиологических и нерадиологических опасностей, связанных с РАО, обращение с которыми предстоит осуществлять, а также от требований регулирующего органа.

Строительство установок для обращения с РАО перед захоронением ведется в соответствии с проектом, который описывается в обосновании безопасности и утверждается регулирующим органом. Ввод установки в эксплуатацию осуществляется для проверки того, что оборудование, конструкции и элементы систем, а также установка в целом функционируют так, как это запланировано.

Эксплуатация установок для обращения с РАО перед захоронением осуществляется в соответствии с национальными регулирующими положениями и условиями, предписанными регулирующим органом. Эксплуатация основывается на документально оформленных процедурах. Для обеспечения безопасной работы установки должное внимание должно уделяться ее техническому обслуживанию. Планы аварийной готовности и реагирования, если они будут разработаны оператором, подлежат утверждению регулирующим органом.

Вопрос о снятии с эксплуатации установок для обращения с РАО должен рассматриваться на этапе проектирования. Это делается для того, чтобы ограничить облучение персонала, образование отходов и потенциальную возможность возникновения аварий в ходе снятия с эксплуатации. Оператор разрабатывает первоначальный план останова и снятия с эксплуатации установок и периодически обновляет его в течение всего периода эксплуатации. Снятие установки с эксплуатации осуществляется на основе плана окончательного снятия с эксплуатации, утвержденного регулирующим органом. Кроме того, предоставляются гарантии наличия достаточных финансовых средств для осуществления останова и снятия с эксплуатации.

*Требования 21 и 22 отнесены в рубрику «Другие положения».*

Первое из них относится к установкам, подпадающим под действие соглашений об учете ядерных материалов, в ходе проектирования и эксплуатации установок для обращения с РАО перед захоронением. Применение системы учета и контроля ядерных материалов производится таким образом, чтобы не поставить под угрозу безопасность установки.

Последнее требование относится к существующим установкам. Для проверки соответствия современным требованиям необходимо проводить рассмотрение вопросов безопасности на существующих установках. Связанные с безопасностью модернизации производятся оператором в соответствии с национальной политикой и требованиями регулирующего органа.

Определенные в GSR Part 5 общие требования предназначены для применения ко всем установкам. Поскольку существующие установки могут не соответствовать всем требованиям, решения в отношении безопасности этих установок должны приниматься в соответствии с национальной политикой. В таком случае инициированное регулирующим органом рассмотрение должно быть направлено на выявление тех установок, которые не соответствуют всем требованиям и нуждаются в дополнительных модификациях или в ограничениях по эксплуатации, или в прекращении эксплуатации.

В таблице 1.9 дана оценка соблюдения общих требований МАГАТЭ при обращении с накопленными РАО к 2010 году.

*Таблица 1.9 — Соответствие отечественной системы обращения с накопленными РАО общим требованиям МАГАТЭ (по состоянию на 2010 год)*

| №№ требований | Содержание требований                         | Оценка соответствия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-4           | Правовая, регулирующая и политическая основа  | Отсутствие закона, регламентирующего окончательное захоронение накопленных РАО                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5-7           | Комплексный подход к обеспечению безопасности | Взаимозависимости между всеми стадиями обращения с РАО не учтены надлежащим образом, частично применяется дифференцированный подход, критерии приемлемости отсутствуют                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8-12          | Стадии обращения с РАО                        | Стимулы для сокращения объемов РАО отсутствуют, Мониторинг условий хранения РАО и состояния барьеров безопасности в ПХРО накопленных РАО носит ограниченный и выборочный характер, надзор только за текущей безопасностью. Сроки временного хранения не определены. Не проработаны вопросы закрытия пунктов глубинного захоронения ЖРО. Вопросы защиты нынешнего и будущих поколений при хранении в течение длительного периода времени не рассмотрены. Классификации для целей захоронения нет |

|         |                                                            |                                                                                    |
|---------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 13-20   | Проектирование и эксплуатация установок перед захоронением | Проекты консервации и их реализация для ряда ПХ накопленных РАО                    |
| 21 и 22 | Другие положения                                           | Требование 21 выполняется, требование 22 прорабатывается на законодательном уровне |

*Захоронение РАО. Специальные требования безопасности. №SSR-5. МАГАТЭ, Вена (2011)*

Термин «хранение» относится к содержанию РАО в пункте их размещения или месте с намерением последующего извлечения. Термин «захоронение» относится к помещению РАО в ПЗРО без намерения их последующего извлечения, однако это не означает, что такое извлечение является невозможным. Оба варианта, захоронение и хранение, предназначены удерживать отходы и изолировать их, в необходимой степени, от доступной биосферы. Важное различие состоит в том, что хранение является временной мерой, после чего планируется осуществить кондиционирование или упаковку отходов и, в конечном итоге, их захоронение.

Первичная цель захоронения РАО — это защита людей и охрана окружающей среды в долгосрочной перспективе, в том числе после закрытия установки для захоронения. В этот период может произойти миграция радионуклидов в доступную биосферу, рассеяние радионуклидов в доступную биосферу и последующее облучение людей. Это является последствием медленной деградации инженерно-технических компонентов и медленного переноса радионуклидов с установки природными процессами. Разрозненные события могут привести к более ранним или более мощным выбросам. Такие события могут иметь либо природное, либо антропогенное происхождение.

Ранее требования МАГАТЭ по безопасности захоронения РАО излагались в нескольких руководствах предназначенных для различных типов ПЗРО. В публикации SSR-5 установлены требования безопасности, связанные с захоронением РАО всех типов. В ней определены цель и критерии защиты людей и окружающей среды от радиационных рисков, являющихся следствием эксплуатации и закрытия ПЗРО. Основные положения этого документа включают следующее.

Конкретными целями захоронения являются: удержание отходов; изоляция отходов от доступной биосферы и существенное сокращение вероятности и всех возможных последствий непреднамеренного вмешательства человека в процесс захоронения; воспрепятствование, сокращение и задержка миграции радионуклидов из ПЗРО в окружающую среду с тем, чтобы возможные радиологические последствия всегда оставались приемлемо низкими.

В соответствии с дифференцированным подходом способность выбранной системы захоронения обеспечивать удержание отходов и изолировать их от людей и окружающей среды должна быть соразмерной потенциальным рискам, связанным с отходами. Это означает, что конкретные варианты удержания отходов посредством использования пассивных инженерно-технических и природных средств и их изоляции от доступной биосферы должны выбираться, исходя из потенциальной опасности РАО. Не ожидается, что ПЗРО должен обеспечить полное удержание и полную изоляцию отходов в течение всего времени; это не представляется практичным и не обусловлено связанной с отходами угрозой, которая со временем снижается.

Приняты следующие варианты захоронения, соответствующие классам РАО:

Специальное захоронение ОНРАО с земляной засыпкой аналогичное пункту захоронения промышленных отходов, но с возможным принятием мер для покрытия отходов. Типичные отходы представляют собой почву и щебень, образующиеся в результате работ по снятию с эксплуатации ЯРОО;

Приповерхностное захоронение НАО в специальных технических траншеях или камерах, сооруженных на поверхности земли или на глубине до нескольких десятков метров;

Захоронение САО путем их размещения в имеющихся или сооруженных кавернах, камерах или шахтах на глубине, как минимум, от нескольких десятков до нескольких сотен метров под поверхностью земли. Оно может осуществляться в штольнях в склонах гор или холмов, если толщина покрытия вышележащей горной породы превышает 100 метров;

Геологическое захоронение ВАО, в т.ч. ОЯТ в туннелях, камерах или шахтах в конкретной геологической формации (с учетом ее долгосрочной стабильности и гидрогеологических свойств) на глубине, как минимум, нескольких сотен метров под поверхностью земли;

Захоронение сравнительно малых объемов отходов, в частности, закрытых радионуклидных источников в скважинах глубиной от нескольких десятков до нескольких сотен метров.

Захоронение отходов, образующихся в результате горнодобывающей деятельности и переработки полезных ископаемых, после их стабилизации на поверхности земли или в приповерхностном слое, с покрытием слоями горной породы и почвы.

Жизненный цикл ПЗРО представляет собой многоэтапный процесс, включающий выбор и оценку площадки, проектирование, строительство, длительный период эксплуатации и период после закрытия объекта.

Поэтапный подход позволяет обеспечить: упорядоченное накопление и оценку необходимых научно-технических данных; оценку возможных площадок; разработку концепций захоронения; проведение итеративных исследований по проектированию конструкции и оценке безопасности с использованием постоянно уточняемых данных качества; рассмотрение органами технического и регулирующего надзора; организацию общественных консультаций; и принятие политических решений. Однако уровень исследований и скорость процесса будут зависеть от типа установки и национальной практики. Этот подход может включать варианты возвращения к предыдущему этапу или даже, для большинства типов ПЗРО, извлечения отходов после их размещения, если это будет сочтено целесообразным. Однако никакие ослабления норм или требований безопасности не допустимы для любых технических решений извлечения отходов, которые могут оказывать неприемлемое негативное воздействие на безопасность или функционирование системы захоронения.

Оценка безопасности является важным средством при выборе и анализа площадки и проектировании ПЗРО. Она также используется для оценки базового варианта захоронения и связанных с ним неопределенностей, которые заслуживают внимания с точки зрения улучшения понимания аспектов, влияющих на безопасность системы захоронения. Масштабы и сложность такой оценки зависят от типа установки и связана с потенциальной опасностью отходов.

Согласно современной терминологии МАГАТЭ [52] ПЗРО считается источником излучения, который должен находиться под регулирующим контролем в ситуации планируемого облучения. Требования радиационной безопасности и соответствующие критерии безопасности, применяемые в течение эксплуатационного периода, аналогичны требованиям и критериям, применяемым в отношении любой ядерной установки или вида деятельности, установленным в Международных основных нормах безопасности (МОНБ-2014) [52]. ПЗРО, получающие отходы от предприятий ЯТЦ, обычно должны получать лицензию, как ядерные установки, и эксплуатироваться в соответствии с условиями лицензии. ПЗРО малых количеств, например, ОЗРИ, могут и не рассматриваться в некоторых государствах в качестве ядерных установок, но должны соответствовать регулирующим требованиям и иметь соответствующую лицензию.

Критерии радиационной защиты в период после закрытия ПЗРО включают в себя:

*а) Предел эффективной дозы для лиц из состава населения для всех планируемых ситуаций облучения в размере 1 Мзв в год [52]. Эта доза и ее эквивалент риска считаются критериями, которые не должны быть превышены в будущем.*

*б) В целях соблюдения этого предела дозы установка для захоронения (рассматриваемая в качестве единого источника) проектируется так, чтобы расчетная доза или риск для лица из состава населения, которое может подвергнуться облучению в будущем в результате возможных природных процессов, затрагивающих установку для захоронения, не превышала граничную дозу 0,3 мЗв в год или ограничение, обусловленное риском, порядка  $10^{-5}$  в год.*

*с) Что касается последствий случайного вмешательства человека после закрытия установки, если ожидается, что такое вмешательство приведет к получению лицами, живущими в окрестностях площадки, годовой дозы менее 1 мЗв, то представляется не оправданным предпринимать усилия по сокращению вероятности вмешательства или ограничению его последствий.*

*д) Если вмешательство человека, как ожидается, приведет к возможному получению лицами, живущими в окрестностях площадки, годовой дозы более 20 мЗв, то тогда следует рассмотреть альтернативные варианты захоронения отходов; например, захоронение отходов под поверхностью или разделения содержимого радионуклидов, являющихся источником более высоких доз.*

*е) Если определяются годовые дозы в диапазоне 1-20 мЗв, то тогда представляется оправданным предпринять усилия на этапе разработки установки с целью сокращения вероятности вмешательства или ограничения последствий посредством оптимизации конструкции установки.*

*ф) Аналогичные соображения применяются в тех случаях, когда могут быть превышены соответствующие пороги детерминированных эффектов.*

Признано, что дозы облучения людей в будущем можно оценивать только приблизительно и что неопределенности, связанные с этими оценками, возрастают по мере увеличения рассматриваемых периодов будущего времени. Необходимо проявлять осторожность при применении критериев для весьма отдаленных периодов времени в будущем. За пределами таких временных сроков неопределенности, связанные с оценками доз, становятся настолько большими, что критерии не могут далее служить разумной основой для принятия решений.

Ограниченная оптимизация — это центральный подход, принятый с целью обеспечения безопасности установки для захоронения отходов. В данном контексте оптимизация защиты является основанным на экспертной оценке процессом, учитывающим социальные и экономические факторы. Оптимизация осуществляется на структурированной, но чрезвычайно качественной основе с поддержкой количественным анализом.

*Объединенная конвенция о безопасности обращения с обработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [43].*

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности.

Для договаривающихся сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным базисом для обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций.

«Объединенная конвенция о безопасности обращения с обработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» (далее Конвенция) была подписана в Вене 5 сентября 1997 года, ратифицирована Федеральным собранием (Федеральный закон от 4 ноября 2005 года № 139-ФЗ — Собрание законодательства Российской Федерации, 2005, N 45, ст. 4587) и вступила в силу для Российской Федерации 19 апреля 2006 года.

В преамбуле Конвенции обозначены исходные положения, по которым у Договаривающихся сторон имеется одинаковая позиция. Отметим лишь 3 аспекта, важные для темы ядерного наследия:

*«Договаривающиеся стороны:*

*...vi) подтверждая, что конечная ответственность за обеспечение безопасности обращения с отработавшим топливом и с радиоактивными отходами лежит на государстве;*

*vii) признавая, что определение политики в области топливного цикла остается прерогативой государства, а также то, что некоторые государства считают отработавшее топливо ценным ресурсом, который может быть переработан, а другие предпочитают его захоронение;*

*viii) признавая, что обращение с отработавшим топливом и с радиоактивными отходами, на которые не распространяется действие настоящей Конвенции, поскольку они находятся в рамках военных или оборонных программ, должно осуществляться в соответствии с целями, провозглашенными в настоящей Конвенции;... договорились о нижеследующем...»*

Далее в Конвенции закреплены обязанности и прав стран. Непосредственно к историческому ядерному наследию в виде накопленных РАО Конвенция содержит только одну статью.

*Статья 12. Существующие установки и практическая деятельность в прошлом*

*Каждая Договаривающаяся сторона своевременно принимает соответствующие меры для рассмотрения:*

*i) безопасности любой установки для обращения с радиоактивными отходами, существующей на момент вступления настоящей Конвенции в силу для этой Договаривающейся стороны, и обеспечения того, чтобы в случае необходимости были выполнены все разумно осуществимые на практике усовершенствования в целях повышения безопасности такой установки;*

*ii) результатов практической деятельности в прошлом с целью определения необходимости какого-либо вмешательства по причинам радиационной защиты, учитывая, что уменьшение вредного воздействия в результате сокращения дозы должно быть достаточным для обоснования ущерба и издержек, в том числе социальных издержек, связанных с таким вмешательством.*

В то же время предусматривается, что каждая из договаривающихся сторон берет на себя обязательства по обеспечению безопасности деятельности в сфере Конвенции. Для оценивания степени их выполнения регламентом Конвенции предусмотрено представление всеми договаривающимися сторонам национальных докладов с несколькими этапами их подробного рассмотрения и выработки соответствующих коллективных рекомендаций. В каждом из национальных докладов Российской Федерации отражено последовательное выполнение взятых на себя обязательств в области ядерного наследия, важнейшим из которых в части обращения с РАО являлась разработка и принятие закона об обращении с РАО.

## **Заключение к главе 1**

Приведенная краткая характеристика накопленных отходов в США и Великобритании и опыта обращения с ними показывает сходство общих подходов и национальные особенности реализации политики и стратегий хранения и захоронения РАО. Национальная политика основывается на законодательном базисе и устанавливается правительством или уполномоченным правительственным органом. С одной стороны, исторически США и Великобритания гораздо раньше по сравнению с СССР и Россией создали законы, регулирующие использование атомной энергии, в том числе обращение с РАО. С другой стороны, национальные стратегии обращения с отходами в ранний период (до 80-х годов XX века) фактически мало чем отличались между собой, и не являлись приоритетными в период «холодной войны». США раньше других стран сформулировали современную политику и стратегии обращения с РАО, создали инфраструктуру и механизмы устойчивого обеспечения финансовыми и материальными ресурсами на уровне 5 млрд долларов в год и

более. Причем обращение с накопленными РАО являлось составной частью государственной стратегии реабилитации загрязненных вследствие прошлой деятельности территорий и объектов. В Великобритании, несмотря на очевидные недостатки в обеспечении безопасности и охраны окружающей среды в прошлом, обращение с накопленными и вторичными РАО является составной частью заключительных стадий жизненного цикла (ЗСЖЦ) конкретной ядерной технологии, лейтмотивом которых является ВЭ.

Со временем особое внимание в обеих странах стало уделяться работе с заинтересованными сторонами, как профессиональным сообществом, включая регулирующие органы, так и политиками и общественностью. Эта демократическая процедура может приводить к большой задержке реализации проектов захоронения. Характерным примером является проект пункта глубинного захоронения РАО в Юкка-Маунтин США. Несмотря на более чем 20-летние исследования, и с учетом того, что к 2008 г. на проект было израсходовано около 9 млрд долларов, решение о сооружении не принято.

Объекты наследия создавались в СССР (России) также при отсутствии опыта и апробированных технологий, что вынуждало искать простые и быстрые решения для реализации Атомного проекта. К ним можно отнести размещение ЖРО в приповерхностных водоемах, а твердых отходов — в грунтовых, а в дальнейшем в железобетонных могильниках без намерения их последующего извлечения.

Вплоть до 2011 года, когда был принят №190-ФЗ, система регулирования безопасности в области использования атомной энергии не ставила вопрос об обязательности захоронения РАО. Вопросы обращения с РАО в основном решались в рамках отдельных предприятий, что привело к созданию уникальных объектов размещения РАО, накоплению огромных количеств РАО, и создало видимость экономичности. По сути, решение об окончательном захоронении откладывалось и становилось бременем для будущих поколений. Захоранивались только ЖРО в пункты глубинного захоронения, размещенные на трех предприятиях. Сложившаяся практика препятствовала развитию более современных технологий в области обращения с РАО, а также не понуждала предприятия отрасли уменьшать объемы образовавшихся РАО и изменять технологии их переработки с целью приведения их к форме, пригодной для захоронения.

Между тем к началу XXI века были разработаны современные требования МАГАТЭ [49], которые предназначены для применения ко всем этапам обращения с образующимися РАО, включая их захоронение. С учетом того факта, что уже созданные до разработки данных требований технологии и установки зачастую не соответствуют или могут не соответствовать всем требованиям МАГАТЭ, решения в отношении безопасности этих установок должны приниматься в соответствии с национальной политикой. Инициированное регулирующим органом рассмотрение должно быть направлено на выявление тех установок, которые не соответствуют всем требованиям и нуждаются в дополнительных модификациях или в ограничениях по эксплуатации, или в прекращении эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что непосредственно к действующим пунктам хранения накопленных отходов, на которых используются исторически сформировавшиеся требования и методы обращения с РАО, относится только одно из двадцати двух основных требований МАГАТЭ, которое возлагает всю ответственность принятия стратегических и оперативных решений на национальные органы управления и регулирования. Такой осторожный взвешенный подход обусловлен тем, что многообразие сложившихся ситуаций, мест обращения с РАО, состояния барьеров безопасности и финансовых возможностей и механизмов не позволяет обеспечить на международном уровне унификацию и стандартизацию.

## **Список литературы к главе 1**

1. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

- 2.Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».
- 3.Постановление Правительства Российской Федерации от 25 июля 2012 г. № 767 «О проведении первичной регистрации РАО».
- 4.Приказ Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 24.01.2013 №1/41-П «Об утверждении Порядка проведения первичной регистрации радиоактивных отходов и установления мест их размещения».
- 5.US Congress 1991. U.S. Congress, Office of Technology Assessment, Complex Cleanup: The Environmental Legacy of Nuclear Weapons Production, OTA-O-484 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, February 1991).
- 6.US DOE 1997. Linking Legacies Connecting the Cold War Nuclear Weapons Production Processes to Their Environmental Consequences, The U.S. Department of Energy Office of Environmental Management, January 1997.
- 7.<https://www.osti.gov/opennet/reports/plowshare.pdf>. Plowshare Program. Executive Summary US DOE.
- 8.Conference IAEA 2000 Huizenga. D Huizenga, D.W. Tonkay, K Owens. Existing facilities and past practices: Lessons learned. Proceedings of an International Conference, Cordoba, Spain, 13-17 March 2000. p.169-186
- 9.US Cleaning Up 2008. Cleaning Up Nuclear Weapons Complex, An Update for States 2008 Edition, NGA, Center for Best Practices
- 10.US Act 1954. Atomic Energy Act of 1954.
- 11.Alvarez 2012. Robert Alvarez. Military Nuclear Wastes in the United States. Friends of the Earth US, December 1, 2012.
- 12.Сутягин, 1997. И.Сутягин. Ядерный оружейный комплекс Великобритании. М., Изд. Красная Звезда, Зарубежное военное обозрение №5 (602), 1997 с.12-16
- 13.Ильин 2001. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Р.М. Алексахин, Л.А. Булдаков, В.А. Губанов и др. Под общей ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова/ М., ИздАт, 2001 -752 с.
- 14.UK Energy Act 2004
- 15.Проблемы ядерного наследия и пути их решения. — Под общей редакцией Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. — 2012 г. — 356 с. — Т1.
- 16.Особенности радиационной обстановки на Урале / В.И. Уткин, М.Я. Чеботина, А.В. Евстигнеев, Н.М. Любашевский. Екатеринбург, УрО РАН, 2004.
- 17.Аннотационный отчёт ФГУП «Гидроспецгеология» по работам, выполненным в 2009-2010 гг. и планируемые на 2012-2014 гг. работы в пос. Водный (Республика Коми), Москва, 2011 г.
- 18.А.М. Измestьев, Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового ядерного реактора. VIII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2015», Москва. 9-11 ноября 2015.
- 19.Обосновывающие материалы для отнесения радиоактивных отходов, размещенных в пункте хранения «Сооружение 185, карта К-3» ОАО «УЭХК», к особым радиоактивным отходам, утвержденные заместителем Генерального директора по техническому обеспечению и качеству — техническим директором от 18.06.2014 №12-49/35839-ВК-ДСП.
- 20.<http://www.niiar.ru/?q=history>
- 21.<http://www.giph.su/ru/history>
- 22.Стратегия обращения с радиоактивными отходами ОАО «Концерн Росэнергоатом», инв. УД/2218/28.06.2013.

23. А.В. Манула, Реализация Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года». VIII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2015», Москва. 9-11 ноября 2015.
24. <http://www.radon.ru/about/history/>
25. А.В. Лужецкий, ФГУП «РАДОН» –реализация первого этапа создания ЕГС РАО, планы на будущее. VIII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2015», Москва. 9-11 ноября 2015.
26. <http://www.rosrao.ru/wps/wcm/connect/rosrao/rosraosite/enterprise/structure/>
27. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010), СП 2.6.1.2612-10, Роспотребнадзор, 2010.
28. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-02), СП 2.6.6.1168-02, Минздрав России, 2002 (в ред. от 23.12.2010 № 167).
29. Федеральные нормы и правила. Критерии приемлемости РАО для захоронения. НП-093-2014.
30. СП 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) утверждены ГГСВ Российской Федерации 07.07.09 г.
31. СП 2.6.1.2216-07 Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ.
32. Федеральный закон от 14 июля 1992 г. №3297-1 «О закрытом административно-территориальном образовании» (с изменениями и дополнениями).
33. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.10.97 N 1298 «Об утверждении Правил организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и РАО».
34. ICRP, 1993. Protection from Potential Exposure — A Conceptual Framework. ICRP Publication 64. Ann. ICRP 23 (1).
35. ICRP, 1997. Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste. ICRP Publication 77. Ann. ICRP 27 (S).
36. ICRP, 1997. Protection from Potential Exposures — Application to Selected Radiation Sources. ICRP Publication 76. Ann. ICRP 27 (2).
37. ICRP, 1998. Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 81. Ann. ICRP 28 (4).
38. ICRP, 2007. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Users Edition). ICRP Publication 103 (Users Edition). Ann. ICRP 37 (2-4).
39. ICRP, 2013. Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 122. Ann. ICRP 42(3).
40. IAEA 1993. The Safety of Nuclear Installations, Safety Series No. 110, IAEA, Vienna (1993).
41. IAEA 1995. The Principles of Radioactive Waste Management, Safety Series No. 111-F, IAEA, Vienna (1995). На рус. яз. Принципы обращения с радиоактивными отходами. № 111- F. МАГАТЭ, Вена (1996)
42. IAEA 1996. Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 120, IAEA, Vienna (1996). На рус. яз. Радиационная защита и безопасность источников излучения. Серия изданий по безопасности. № 120. МАГАТЭ, Вена (1996).
43. Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами от 5 сентября 1997 г. Ратифицирована Российской Федерацией 4 ноября 2005 г. Собрание законодательства Российской Федерации, 2005, №45, ст. 4587.
44. IAEA 2006. Fundamental Safety Principles. IAEA Safety Standards Series No. SF-1, IAEA, Vienna (2006). На рус.яз. Основополагающие принципы безопасности. Серия изданий по безопасности № SF-1. МАГАТЭ, Вена (2007).
45. IAEA 1970. Standardization of Radioactive Waste Categories, Technical Reports Series No. 101, IAEA, Vienna (1970).

46. IAEA 1981. Underground Disposal of Radioactive Waste: Basic Guidance, Safety Series No. 54, IAEA, Vienna (1981).
47. IAEA 1994. Classification of Radioactive Waste, Safety Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994).
48. IAEA 2009. Classification of radioactive waste. General Safety Guide. No GSG-1, IAEA, Vienna (2009).
49. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Standard Series No. RS-G-1.7, Vienna, 2004.
50. IAEA 2010. Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением. Общие требования безопасности. Часть 5 № GSR Part 5. МАГАТЭ, Вена (2010).
51. IAEA 2011. Захоронение РАО. Специальные требования безопасности No. SSR-5, МАГАТЭ, Вена (2011).
52. IAEA 2014. Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements. No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2011).

## 2 Развитие правовых и организационных основ обращения с РАО

### 2.1 Нормативно-правовые основы

К началу XXI века в России, в отличие от ряда зарубежных стран [1], не была сформирована единая системы обращения с отходами, несмотря на то, что вопрос поднимался неоднократно. Еще в 1991 году было опубликовано постановление первого Съезда народных депутатов РСФСР «О разработке Государственной программы по обращению с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизации, захоронению и неотложных мерах по оздоровлению радиологической обстановки на территории РСФСР». Во исполнение этого постановления Президентом России было издано распоряжение от 21.11.1991 года № 70-рп с конкретными поручениями Совету Министров РСФСР, в том числе:

*«- разработать проект Государственной программы РСФСР по обращению с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, по их утилизации и захоронению РАО;*

*- образовать российскую научную комиссию по радиационной защите, поручив ей разработку соответствующих концепций и нормативных актов».*

В 1995 году был принят Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» (далее — №170-ФЗ) [2], во исполнение требований которого были:

1) Разработаны и введены в действие федеральные нормы и правила (ФНП) в области использования атомной энергии, регулирующие основные вопросы обеспечения безопасности при обращении с РАО [3-11], а также санитарные правила [12-13]. В частности, ФНП устанавливали требования к обращению с твердыми, жидкими, газообразными РАО на стадиях образования, хранения, переработки, транспортировки, захоронения. Требования по обязательности захоронения РАО установлены не были.

2) Создана и начала функционировать Система государственного учета и контроля радиоактивных веществ и РАО [14] (далее — СГУК РВ и РАО), предназначенная для определения наличного количества, осуществления учета и контроля РВ и РАО. Целями работы являлось предотвращение их потерь, несанкционированного использования и хищений, а также предоставления в установленном порядке различным органам соответствующей информации о наличии, перемещении, экспорте и импорте РВ и РАО. В 2000 г. была проведена первичная инвентаризация РАО, в рамках которой впервые была собрана информация о местах размещения РАО, их объемах и активностях. При этом сбор и систематизация данных о наличии решений по дальнейшему обращению с РАО в СГУК РВ и РАО не предусматривались.

В 1995 году был подготовлен законопроект «Об обращении с радиоактивными отходами», который был принят Государственной Думой, одобрен Советом Федерации, но был отклонен Президентом России. Несмотря на отсутствие закона, регламентирующего обращение с РАО, работы по повышению безопасности объектов их размещения продолжались.

В конце XX — начале XXI века работы по переводу объектов в безопасное состояние стали проводиться не только силами самих организаций, но, в том числе в рамках федеральных целевых программ «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 годы», далее «Ядерная и радиационная безопасность России» (постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2000 г. № 149) и ФЦП ЯРБ, ставшими одним из основных механизмов реализации мероприятий по безопасному обращению с накопленными РАО.

Для формирования системы обращения с РАО важным стратегическим документом явились «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиаци-

онной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», утвержденные 4 декабря 2003 года Президентом России, а также их развитие — «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года», утвержденных 1 марта 2012 года Президентом России. В числе пяти основных факторов, определяющих государственную политику на современном этапе, выделим два, которые имеют отношение к тематике накопленных РАО:

*«- высокая чувствительность политики ведущих ядерных держав к радиационным авариям, проблемам обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, а также к ликвидации накопленного экологического ущерба и реабилитации загрязненных участков территории Российской Федерации;*

*- повышение международных требований к безопасности объектов использования атомной энергии и, как следствие, гармонизация норм ядерной и радиационной безопасности на глобальном уровне».*

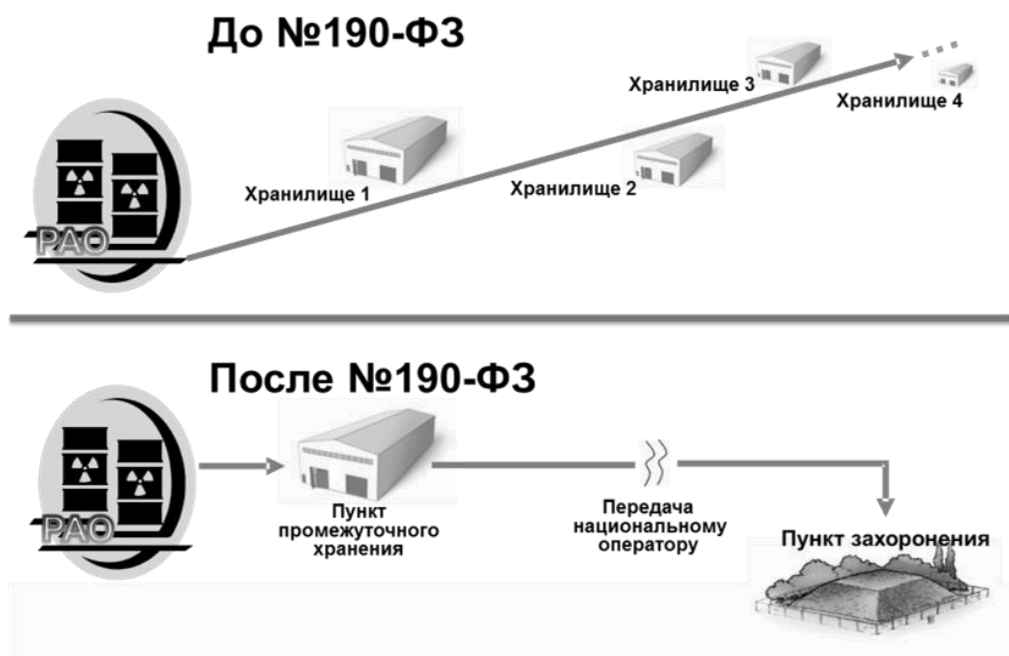
После ратификации Россией Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами в 2005 г. Правительство России приняло на себя конечную ответственность за обеспечение безопасности при обращении с РАО, а также признало, что образующиеся РАО должны захораниваться на территории России.

Исполнение положений Конвенции потребовало вернуться к правовому аспекту формирования и развития единой системы обращения с РАО, которая должна обеспечивать взаимозависимость различных стадий обращения с РАО, включая конечную стадию обращения с РАО — захоронение. Разработка закона, регламентирующего требования к обращению с РАО была обусловлена также необходимостью законодательного запрета дальнейшего накопления РАО без их захоронения и правового регулирования обращения с накопленными РАО. В 2011 г. вступил в силу Федеральный закон от 11.07.11 №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [16]. Целью закона является установление правового режима обращения с вновь образующимися и накопленными РАО, т.е. образовавшимися до 15.07.2011, для исключения чрезмерного бремени на будущие поколения и негативных экологических последствий, связанных с накопленными и не изолированными от окружающей среды РАО, а также создание механизмов устойчивого финансирования деятельности по обращению с вновь образующимися РАО.

Законом и соответствующими постановлениями Правительства России, принятыми в его реализацию, устанавливаются следующие основные положения:

- создается Единая государственная система обращения с РАО [17], основными субъектами которой являются орган государственного управления в области обращения с РАО (Госкорпорация «Росатом») и национальный оператор по обращению с РАО (ФГУП «НО РАО») [18];
- статьей 12 впервые в России установлено требование по обязательному захоронению всех РАО: «*РАО... подлежат обязательному захоронению в пунктах захоронения РАО*» (рисунок 2.1);
- новая классификация РАО для целей их захоронения (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации № 1069 от 19.10.2012 [19]), РАО делятся на особые (должны быть захоронены в месте их нахождения) и удаляемые (должны быть переданы на захоронение национальному оператору);
- новая типизация ПХРО, которая позволит выработать комплексный подход по захоронению накопленных РАО (ст. 3 №190-ФЗ);
- определены сферы деятельности органов государственного управления и государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии в системе обращения с РАО;

- установлены обязанности производителей РАО приводить РАО в пригодное для безопасного захоронения состояние и передавать их для захоронения национальному оператору. Лимиты промежуточного хранения РАО до приведения РАО в соответствие критериям приемлемости утверждены Госкорпорацией «Росатом» по согласованию с органами государственного управления использованием атомной энергии сроком на 10 лет [20];
- финансирование работ по захоронению вновь образующихся РАО ведется за счет организаций, в результате деятельности которых они образовались;
- захоронение РАО могут осуществлять только национальный оператор и определенные Правительством Российской Федерации отдельные крупные производители ОНРАО.



*Рисунок 2.1 — Рисунок из Дорожной карты создания ЕГС РАО (2008 г.)  
«Изменение системы обращения с удаляемыми РАО, после принятия закона по РАО»*

В отношении накопленных РАО предусмотрено два варианта выполнения требования по обязательному захоронению РАО (ст. 24):

- захоронение на месте, которое обеспечивается выполнением поэтапных работ по переводу пунктов размещения («содержащий особые РАО, не изолированные от окружающей среды, либо объект, содержащий особые РАО, срок изоляции которых от окружающей среды не установлен», ст. 3) в пункты консервации («имеются барьеры для обеспечения безопасности, изолирующие РАО от окружающей среды в течение определенного соответствующим проектом срока эксплуатации указанных объектов») или в пункты захоронения («предназначенный для размещения РАО без намерения их последующего извлечения и обеспечивающий радиационную безопасность работников такого пункта, населения и окружающей среды в течение периода потенциальной опасности РАО»);
- извлечение из пунктов хранения, приведение в соответствие критериям приемлемости и передача национальному оператору по обращению с РАО для захоронения в централизованных пунктах захоронения (рисунок 2.2).

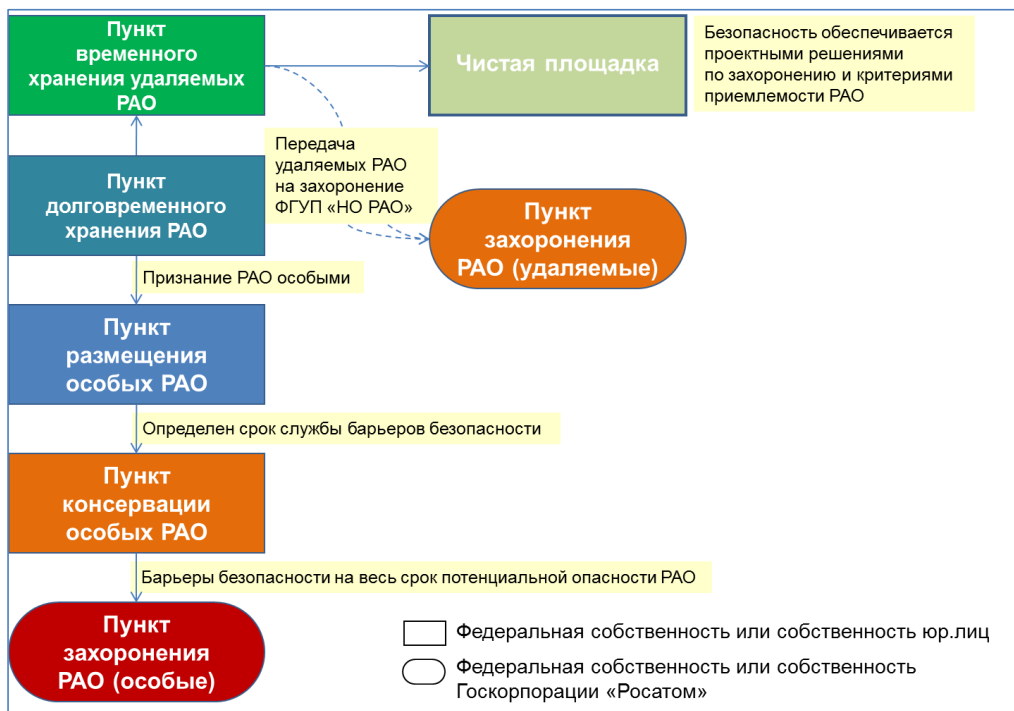


Рисунок 2.2 — Введенная типизация ПХРО

Отнесение отходов к удаляемым или особым РАО должно основываться на комплексном анализе вариантов обращения с отходами путем сравнения оценок рисков и затрат.

Согласно ПП №1069 «К особым радиоактивным отходам относятся РАО, образовавшиеся в результате выполнения государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа, использования ядерных зарядов в мирных целях или вследствие ядерной и (или) радиационной аварии на объекте использования атомной энергии, жидкие РАО, размещенные в поверхностных водоемах — хранилищах РАО общим объемом более 25000 куб. м, введенных в эксплуатацию до вступления в силу 190-ФЗ, а также донные отложения таких водоемов-хранилищ, соответствующие следующим критериям:

а) рассчитанные в соответствии с регулируемыми обращение с радиоактивными отходами федеральными нормами и правилами, а также санитарными правилами в области обеспечения радиационной безопасности коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО и риск потенциального облучения, связанные с удалением РАО, превышают коллективную эффективную дозу облучения за весь период потенциальной опасности и риск потенциального облучения, связанные с захоронением РАО в месте их нахождения;

б) расходы, связанные с удалением РАО (включая расходы на их извлечение, переработку, кондиционирование, перевозку к пункту захоронения и захоронение), рассчитанные в соответствии с методикой определения состава затрат, утверждаемой Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом», превышают совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения таких РАО в месте их нахождения, рассчитанный в соответствии с законодательством Российской Федерации об охране окружающей среды, и расходы на захоронение таких РАО в месте их нахождения (включая расходы на перевод пункта хранения РАО в пункт захоронения

*РАО, его эксплуатацию и закрытие, на обеспечение безопасности в течение всего периода потенциальной опасности РАО);*

*в) пункт хранения РАО и его санитарно-защитная зона размещены вне границ населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, прибрежных защитных полос и водо-охраных зон водных объектов, других охранных и защитных зон, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации» [19].*

Необходимо отметить, что дифференцированный подход, предусматривающий разработку индивидуальных решений по обращению с накопленными РАО соответствует Объединенной конвенции и требованиями МАГАТЭ. Так развернутые требования обоснования безопасности при захоронении РАО, в том числе на этапах размещения, сооружения, эксплуатации и закрытия пунктов захоронения содержатся в большом количестве документов, в том числе в SSR-5 [21], в котором предусматривается, что «*на некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, требования, установленные в нормах МАГАТЭ по безопасности, в полном объеме соблюдаться не могут. Вопрос о том, как нормы МАГАТЭ по безопасности должны применяться на таких установках, решают сами государства.*

Для проведения оценки расходов, связанных с удалением РАО, Госкорпорацией «Росатом» была утверждена Методика определения состава затрат, связанных с удалением РАО (приказ Госкорпорации «Росатом» от 28 ноября 2013 г. №1/16-НПА). Согласно данной методики, в состав затрат, связанных с удалением РАО, в общем случае включаются затраты на:

- проведение комплексного инженерно-радиационного обследования места нахождения РАО;
- подготовительные мероприятия;
- извлечение, переработку, кондиционирование;
- перевозку к пункту захоронения;
- захоронение РАО;
- эксплуатацию пункта хранения РАО в течение периода извлечения отходов;
- вывод из эксплуатации пункта хранения РАО;
- реабилитацию загрязненной территории, относящейся к пункту хранения РАО.

Для формирования Единой государственной системы по обращению с РАО требуется разработка федеральных норм и правил, а также санитарных правил, или внесение изменений в существующие документы, в части обращения с накопленными РАО, в том числе:

- требований к переводу пунктов размещения в пункты консервации или пункты захоронения;
- категорирование пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО;
- требований к обеспечению безопасности пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО, в том числе с учетом особенностей отдельных пунктов хранения РАО;
- требований к содержанию и порядку предоставления планов вывода из эксплуатации объектов, связанных с обращением с радиоактивными отходами;
- и др.

Работы по выполнению требований №190-ФЗ проводятся регуляторами в области обращения с РАО, достигнутые результаты представлены в следующих разделах.

## **2.2 Санитарные нормы и правила**

Исторически, с начала становления атомной промышленности, Третьим главным управлением при Минздраве СССР (ныне ФМБА России) разрабатывались и принимались в виде санитарных нормативов допустимые уровни облучения персонала и населения, основные дозовые пределы и производные уровни воздействия отдельных радиационных факторов, в том числе и требования по установлению допустимых сбросов и выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду. При этом большое внимание уделялось безопасному обращению с РАО, их хранению и захоронению.

Уже в одних из первых «Санитарных правилах перевозки, хранения, учета и работы с радиоактивными веществами» №233-57 от 1957 года, а затем в «Санитарных правилах работы с радиоактивными веществами и источниками излучения» №333-60 от 1960 года, имелись специальные разделы по обращению с РАО, в которых были определены требования к их захоронению. В этих документах было введено понятие «могильники» и прописаны два основных требования — «конструкция могильника должна исключать возможность проникновения радиоактивных веществ в грунты и подземные воды», а также «мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от поверхности могильника при полной его загрузке не должна превышать 18 мР/час (~100 мкЗв/час)». С современных позиций это выглядит, естественно, как весьма неконкретные и не достаточные требования.

Дальнейшее развитие вопросы нормирования безопасного обращения с РАО получили в «Санитарных правилах сбора, удаления и захоронения РАО (СП № 477-64) [22] и в Санитарных правилах обращения с радиоактивными отходами — СПОРО-85 (СанПиН 42-129-11-3939-85) [23]. В этих документах уже представлена системная классификация РАО, требования к размещению пунктов захоронения РАО (ПЗРО), требования к переработке и окончательному захоронению РАО и другие весьма важные положения по обращению с РАО, в том числе такие, как требования по цементированию, битумированию, прессованию, сжиганию РАО и т.д. Требование по мощности дозы излучения на расстоянии 1 метр от поверхности траншей или емкости при захоронении РАО было снижено до 2,8 мбэр/час (28 мкЗв/час).

СПОРО-85 допускали захоронение в траншеи и емкости как ТРО, так и ЖРО путем их цементирования. Однако в этих документах отсутствовали такие фундаментальные понятия, как принцип многобарьерности и критерии приемлемости. Одной из основных мер защиты населения была предусмотрена необходимость установления вокруг ПЗРО санитарно-защитной зоны радиусом 1 км.

С принятием, начиная с 90-х годов прошлого века законов «О радиационной безопасности населения» [24], «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [25], «Об использовании атомной энергии» [26], «Об охране окружающей среды» [27] правовая основа обеспечения радиационной безопасности существенно изменилась. Санитарные правила стали документом, определяющим числовые значения нормативов и критериев и конкретизирующие требования, принятые в Федеральных законах.

Одним из таких документов стали СПОРО-2002 — кардинальное развитие СПОРО-85. Следует отметить, что действие как СПОРО-85, так и СПОРО-2002 распространялось на «... источники образования РАО, места их сбора, ...пункты переработки и захоронения, расположенные в пределах территории организации ...», т.е. иными словами эти документы не относились к особым РАО и не регламентировали обращения с «особыми» РАО (тем более термин «особые РАО» был введен в 2011 году). Однако уже в СПОРО-2002 предусматривалось необходимость разработки специальных регламентирующих документов по обращению с РАО для организаций, имеющих подобные отходы.

С выходом в 2011 году № 190-ФЗ [16] и последующих постановлений Правительства Российской Федерации [17,19] была сформирована на государственном уровне система обращения с РАО. Эти изменения в регулировании безопасного обращения с РАО определили необходимость совершенствования системы надзорных мероприятий, включая и санитарно-эпидемиологический надзор.

В соответствии с требованиями этого закона, а также последующих Постановлений Правительства Российской Федерации в СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ — 99/2010)» [12] и СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)» [13] внесены корректирующие изменения в нормативные требования по обращению с РАО [28].

Однако эти изменения относятся к общим требованиям обеспечения радиационной безопасности при обращении с РАО, а такой вопрос как надзорное регулирование за обращением с «особыми» РАО требует соответствующей разработки. Следует отметить, что

этот вопрос для санитарно-эпидемиологического надзора не является новым и основой для его решения являются документы, разработанные для регулирования отдельных вопросов обеспечения безопасного обращения с РАО на горнодобывающих, перерабатывающих предприятиях, а также предприятиях, где накоплены РАО от предыдущей деятельности по выполнению оборонных программ [29-32].

В этих документах в систему обращения с РАО заложен основной руководящий принцип радиационной безопасности — локализация, удержание и изоляция радионуклидов от распространения их в окружающей среде. Реализация этого принципа обусловила то, что захоронение РАО производилось только в пределах санитарно-защитной зоны предприятий или на территории промплощадок в специальных могильниках или хвостохранилищах.

Применительно к решению проблемы безопасного обращения с особыми РАО в отмеченных документах предусмотрены требования по разработке следующих мероприятий:

- предупреждение разрушения естественных и технических барьеров, изолирующих накопленные РАО от распространения радионуклидов в окружающую среду;
- исключение использования содержимого таких хранилищ для строительных или хозяйственных целей;
- создание физической защиты с целью недопущения попадания на их территорию посторонних лиц с созданием вокруг этих хранилищ, соответствующих предупреждающих и запрещающих надписей;
- проведение радиационного контроля.

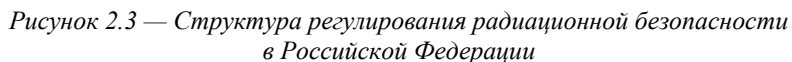
При этом основным является вопрос обеспечение радиационной безопасности для населения, проживающего вблизи хранилищ особых РАО. В этих санитарных документах определяется необходимость проведения работ по нормализации радиационной и радио-экологической обстановки на объектах захоронения РАО и территории вокруг них, а также исключению (ограничению) потенциальной опасности радиоактивного загрязнения территории и воздушной среды в результате создания таких хранилищ.

Для недопущения воздействия мест захоронения РАО на население и окружающую среду правилами определены следующие требования:

- граничное значение эффективной дозы критической группы населения от техногенного загрязнения, при нахождении на территории, выведенной за пределы СЗЗ хранилища РАО, не должно превышать 1 мЗв в год;
- граничное значение эффективной дозы критической группы населения на остальной территории вокруг хранилища РАО, не должно превышать 0,1 мЗв в год;
- значение мощности дозы гамма-излучения в месте захоронения РАО не должно превышать 0,5 мкЗв/ч, включая мощность дозы от естественных радионуклидов и космического излучения;
- содержание техногенных радионуклидов в почве не должно превышать 1/10 МЗУА, установленных в НРБ-99/2009 [33];
- удельная активность техногенных радионуклидов в продуктах питания в зоне наблюдения не должна превышать уровней, приведенных в Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к товарам, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [34];
- подземные воды с учетом удельной активности техногенных и природных радионуклидов должны удовлетворять требованиям, предъявляемым НРБ-99/2009, т.е. содержание техногенных радионуклидов не должно превышать уровней вмешательства для соответствующих радионуклидов.

Следует отметить, что в настоящее время регулирование радиационной безопасности при использовании атомной энергии существенно изменилось. После образования Ростехнадзора в сферу его ответственности вошли вопросы технического регулирования ядерной и радиационной безопасности при использовании атомной энергии, а также вопросы выдачи разрешений на выбросы и сбросы радиоактивных веществ и установления норма-

Функции по нормативно-правовому регулированию в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения (за исключением разработки и утверждения государственных санитарно-эпидемиологических правил и гигиенических нормативов) относятся к полномочиям Министерства здравоохранения Российской Федерации (постановление Правительства РФ от 19.06.2012 №608 «Об утверждении Положения о Министерстве здравоохранения Российской Федерации»). Тогда как функции по нормированию и установлению обязательных требований обеспечения радиационной безопасности, в том числе в сфере обращения с РАО, закреплены за Роспотребнадзором, осуществляющим федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор за обращением с источниками ионизирующего излучения в быту и медицинской практике. Выработка требований и надзор за безопасным обращением с радиоактивными веществами на предприятиях атомной промышленности и энергетики закреплена за ФМБА России, осуществляющим медико-санитарное обеспечение работников отдельных отраслей экономики с особо опасными условиями труда и медико-биологическую оценку воздействия на организм человека особо опасных факторов физической и химической природы [39].



содержат норм прямого действия, а содержат предписания, обязательные для исполнения юридическими и физическими лицами, на ступени ниже «рекомендации».

В ФМБА России также сформирована система, позволяющая оператору реализовать требования законодательного регулирования радиационной безопасностью, а надзорной организации проводить эффективный надзор за реализацией этих требований. Методической основой для осуществления надзорных функций являются методические указания, методические рекомендации и руководства. Ведущим учреждением по разработке таких документов для санитарно-эпидемиологического надзора является ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (в прошлом ГНЦ-Институт биофизики ФМБА России).

Что касается регулирования обращения с особыми РАО, то до выхода № 190-ФЗ для регулирования вопросов безопасного обращения с РАО, которые по происхождению можно отнести к особым, были разработаны такие документы как:

- СанПиН 2.6.1.12-94. «Организация производств продукции гражданского назначения в санитарно-защитной зоне предприятий Четвертого главного научно-технического управления Министерства Российской Федерации по атомной энергии» (СП-КУ-94);
- Санитарные требования к сбору, хранению, транспортированию и захоронению твердых РАО на ПО «Маяк», СТ ТРО-М;
- Временные санитарные требования к захоронению твердых РАО I и III групп в водоем № 9 ПО «Маяк», СТ ЗТРО-В9М;
- Временные санитарные требования к проектированию и эксплуатации производства остекловывания жидких высокоактивных отходов на ПО «Маяк», СТ ПО ВАО-М;
- МУ 2.6.1.24-95. Методические указания «Реконструкция накопленной дозы у жителей бассейна р. Теча и зоны аварии в 1957 г. на производственном объединении «Маяк»;
- МУ 2.6.1.22-00 Методические указания «Оценка радиационной безопасности приповерхностных пунктов захоронения радиационных отходов»;
- ГН 2.6.1.41-01. Гигиенические нормативы. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ;
- МУ 2.6.1.24-04. Методические указания. Санитарные требования к сбору, хранению, транспортированию и захоронению твердых РАО на ФГУП «ПО «Маяк» (СТ ТРО — М);
- МУ 2.6.1.45-04. Методические указания. Определение размеров санитарно-защитной зоны хвостохранилища и пульпопровода Новосибирского завода химконцентратов;
- МУ 2.6.1.10-07. Методические указания. Гигиенические требования обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации хвостохранилища Новосибирского завода химконцентратов.

В этих документах отмечается, что отличительной особенностью санитарно-гигиенического подхода к нормативному регулированию безопасного обращения с «особыми» РАО является следующее:

1. Подход не устанавливает требования безопасности при обращении с отдельными категориями РАО, а направлен на обеспечение безопасности при обращении со всеми категориями РАО, а также материалами и отходами, содержащими радионуклиды с удельной активностью ниже отнесения их к РАО на всех этапах, включая этап их окончательной изоляции.

2. Подход не дает прямых указаний на способ обращения с особыми РАО.

3. Подход не конкретизирует порядок и критерии освобождения материалов, загрязненных радионуклидами, а также способов их изоляции, от регулирующего контроля.

4. Подход не ограничивает возможности введения дополнительных категорий РАО, позволяющих более гибко формировать требования к безопасной изоляции особых РАО, если того требует технология обращения.

5. Подход при разделении на категории РАО определяет точные численные значения каждой категории. Это обусловлено тем, что работы с РАО ведутся в стационарных условиях производства и позволяют выполнять требования по обеспечению безопасности работающего персонала. Однако при решении вопросов окончательной изоляции «особых»

РАО границы отнесения к ВАО, САО, НАО, ОНРАО могут быть «плавающими», при этом регулирующим моментом становится обоснование безопасности предлагаемого способа изоляции. Этому способствует и тот момент, что классификация РАО, установленная в санитарных требованиях, позволяет изменять требования к категориям РАО при их изоляции без нарушений правовой базы, но при проведении тщательного обоснования способа изоляции конкретных РАО

На современном этапе развития системы госсанэпиднадзора ФМБА России, значительное внимание уделяется решению проблем обращения с РАО на предприятиях Госкорпорации «Росатом». Об этом, в частности, свидетельствует издание руководства (Р 2.6.5.014-14) «Организация и осуществление государственного санитарно-эпидемиологического надзора за обращением с радиоактивными отходами на предприятиях Госкорпорации «Росатом», разработанного ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Это руководство предназначено для оптимизации и повышения качества выполнения надзорных функций территориальными органами ФМБА России за обеспечением радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды при всех видах обращения с РАО на предприятиях Госкорпорации «Росатом», а также для улучшения взаимодействия надзорных органов и поднадзорных предприятий при обеспечении радиационной безопасности персонала и санитарно-эпидемиологического благополучия населения при обращении с РАО.

В данном руководстве имеется отдельный раздел, посвященный обращению с особыми РАО. В этом разделе для таких объектов предусмотрен ряд специальных регулирующих требований, в частности:

- наличие решения о придании объекту хранения РАО статуса «особых» РАО, утвержденное установленным порядком;
- наличие проекта по приведению полигона с особыми РАО в безопасное состояние и его согласование с федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор на этом объекте;
- наличие технологических (производственных) инструкций (регламентов) по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ на полигоне особых РАО;
- наличие и содержание плана мероприятий, по снижению миграции радионуклидов в окружающую среду;
- наличия актов ежегодных и внеплановых осмотров полигонов особых РАО;
- организация санитарно-пропускного режима на территории полигона особых РАО;
- организация радиационного контроля при эксплуатации полигона особых РАО;
- наличие самостоятельного плана или раздела в плане предприятия ликвидации последствий аварий на полигоне особых РАО.

Введение категории «особых» РАО, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, а также затраты, связанные с извлечением таких РАО из пункта хранения, последующим обращением с ними, в том числе захоронением, превышают риски и затраты, связанные с захоронением таких РАО в месте их нахождения, изменило приоритеты в обеспечении безопасности. В основу положен подход, определяющий необходимость решения безопасности длительного хранения и захоронения «особых» РАО для населения. При этом в основу решения должен быть положен принцип обоснования безопасности для населения на весь период потенциальной опасности «особых» РАО.

Сложность решения этого вопроса обусловлена необходимостью сбора большого объема данных по геологии и гидрогеологии места размещения ПЗРО, а также данных по выходу радионуклидов из отходов, по сорбционным свойствам пород и по геохимии радионуклидов в подземных водах. Для полноценного анализа безопасности пункта окончательной изоляции «особых» РАО наряду с отмеченными данными по внешней среде необходимо иметь материалы по защитным свойствам барьеров и по изменению этих свойств со временем.

Отмеченные требования по оценке безопасности для населения пунктов окончательной изоляции «особых» РАО определяют необходимость разработки системы нормативно-методического обеспечения, включая соответствующие санитарные правила, гигиенические нормативы, методические рекомендации и руководства. При этом в создании такой системы наиболее приемлема методология, которая основывается на разработке наборов базовых сценариев потенциального облучения человека, учитывающая все вероятные пути поступления радионуклидов с реалистичными параметрами сценариев.

Принципиально отличающихся по отношению к населению можно выделить три сценария. Первый сценарий: во время всего периода потенциальной опасности полигона «особых» РАО уровень удельной активности на границе СЗЗ полигона не превысит 1/10 УВ. В этом случае необходима разработка санитарных правил по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ и окончательной изоляции полигона «особых» РАО на период его потенциальной опасности, а также порядка передачи администрации региона территории полигона по истечению периода потенциальной опасности.

Второй сценарий: во время периода потенциальной опасности полигона «особых» РАО уровень удельной активности на границе СЗЗ полигона может превысить 1/10 УВ. Для безопасного использования этих территории в хозяйственных целях необходима разработка соответствующих законодательно-нормативных актов, регулирующих управление этими территориями, для предупреждения их бесконтрольного использования.

Третий сценарий: уровень удельной активности на границе СЗЗ полигона «особых» РАО уже превысил 1/10 УВ и эта территория используется в хозяйственных целях. Этот сценарий является самым неблагоприятным и требует внесения дополнения в закон №ФЗ-190, о возможности размещения уже существующих полигонов «особых» РАО на территории населенных пунктов, но при этом к этим территориям должен быть применен подход, как к территориям, загрязненным радионуклидами, используемым для проживания.

Следует отметить, что такие случаи, как отмечено в материалах монографии, имеют место быть на территории России. Однако Российская Федерация в этом отношении не является чем-то уникальным, такие ситуации нередки и в европейских странах, имеющих развитую атомную энергетику. В качестве примера регулирования обращения с загрязненными территориями можно привести директиву Европейского сообщества ТС 2004/35/ЕС «Об экологической ответственности в связи с предупреждением и восстановлением ущерба окружающей среде». В этом документе в основу принятия решений в отношении загрязненных территорий положена оценка риска на конкретном объекте для здоровья человека.

Аналогом такого подхода в России является практика изменения категории земель, определенная Постановлением Правительства РФ от 27.02.2004 г. № 112 «Об использовании земель, подвергшихся радиоактивному и химическому загрязнению...». Следует отметить, что подход к регулированию безопасного обращения с территориями, загрязненными радионуклидами в Российской Федерации основан на оценке доз облучения. При этом в соответствии с методологией анализа и управления рисками на территориях где возможна миграция радионуклидов из пунктов окончательной изоляции «особых» РАО могут быть установлены обобщенные контрольные концентрации (Ci) радионуклидов в почве с учетом целей использования этих земель в будущем.

## 2.3 Федеральные нормы и правила

Сложность использования нормативных и методических документов, созданных на основе существовавших в 50-60 годы прошлого века в СССР подходов к обеспечению безопасности, была обусловлена рядом взаимосвязанных причин, в том числе тем, что документы разрабатывались различными ведомствами и организациями, независимо друг от друга и зачастую представляли собой ведомственные инструкции.

Начиная с 1996 г., орган регулирования безопасности в области использования атомной энергии — Государственный комитет по надзору за ядерной и радиационной безопасностью при Президенте Российской Федерации (Госатомнадзор России) совместно с другими ве-

домствами и организациями в рамках Федеральной целевой программы «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996-2005 годы» приступил к выполнению работ по созданию современной системы нормативного регулирования безопасности при обращении с РАО и ОЯТ.

Межведомственным коллективом под руководством Госатомнадзора России на основе системного подхода была создана концептуальная модель системы безопасного обращения с РАО, объединяющую научные, технические и организационные принципы, критерии и требования обеспечения безопасности при обращении с РАО, сформулирована концепция и разработана структура системы нормативно-правового регулирования безопасности при обращении с РАО в Российской Федерации.

Основными принципами формирования структуры системы нормативных документов в области обращения с РАО являлись полнота, достаточность, иерархичность, равнозначность требований, аддитивность, единство терминологии и интегративность с существующими нормативными документами, которые и легли в основу «Концепции формирования структуры системы нормативных документов, регламентирующих обеспечение безопасности при обращении с радиоактивными отходами», утвержденной постановлениями Госатомнадзора России от 5 ноября 1997 г. № 8 и Минздрава России от 5 января 1998 г. № 2 [7]. В разработке «Концепции...» [7] и в дальнейшем нормативных документов по обращению с РАО на различных этапах работ принимали участие специалисты НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России (ФБУ «НТЦ ЯРБ»), Минатома России (Госкорпорации «Росатом»), концерна «Росэнергоатом», Федерального управления «Медбиоэкстрем» при Минздраве России, ГНЦ РФ «Институт биофизики», Госкомэкологии России, ВНИИНМ им. А.А. Бочвара, ВНИИПИЭТ, ВНИИПИПТ, ГНЦ РФ «ФЭИ», НИКИЭТ, «Атомэнергопроект», РНЦ «Курчатовский институт» и др.

При разработке системы нормативных документов по обеспечению безопасности при обращении с РАО в соответствии с положениями №170-ФЗ учитывались установившиеся в Российской Федерации тенденции к гармонизации подходов к обеспечению безопасности при обращении с РАО с принятыми международным сообществом принципами и критериями безопасности. Тенденция к гармонизации подходов к обеспечению безопасности при обращении с РАО была подтверждена фактом присоединения Российской Федерации к целому ряду международных конвенций, в том числе присоединением в январе 1999 г. к Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [40].

Вместе с тем, проведенный анализ рекомендаций международных организаций и нормативных документов зарубежных стран показал, что они могут быть использованы в Российской Федерации только после их существенной модификации в соответствии с законодательством Российской Федерации и накопленным практическим опытом обращения с РАО.

В период 2000-2005 годы в Российской Федерации в соответствии с Объединенной концепцией была создана система нормативного регулирования безопасности при обращении с РАО, отвечающая действующему законодательству Российской Федерации, современному состоянию науки и техники и современному мировоззрению на безопасность [3-5, 8-11].

Согласно №170-ФЗ [2] безопасная деятельность в области использования атомной энергии регулируется федеральными правилами и нормами и руководствами по безопасности, утверждаемыми регулирующими органами в пределах своей компетенции.

Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии (ФНП) являются нормативными правовыми актами, составляющими нормативную базу (законы, постановления правительства, обязательные решения органов государственной власти и нормативно-технические документы, разрабатываемые для конкретизации нормативных правовых документов разного уровня и разных направленностей).

В целях содействия соблюдению требований норм и правил в области использования атомной энергии органы государственного регулирования безопасности разрабатывают, утверждают и вводят в действие руководства по безопасности (РБ) при использовании атомной энергии. РБ при использовании атомной энергии содержат рекомендации по выполнению требований норм и правил в области использования атомной энергии, в том числе по методам выполнения работ, методикам, проведению экспертиз и оценке безопасности, а также разъяснения и другие рекомендации по выполнению требований безопасности при использовании атомной энергии.

В настоящее время федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в установленной сфере деятельности является Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

В соответствии с Положением о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401 Ростехнадзор осуществляет следующие основные полномочия в области использования атомной энергии:

- вносит в Правительство Российской Федерации проекты федеральных законов, нормативных правовых актов Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации;
- самостоятельно принимает следующие нормативные правовые акты в установленной сфере деятельности:
  - ♦ ФНП в области использования атомной энергии в соответствии с законодательством Российской Федерации;
  - ♦ требования к составу и содержанию документов, обосновывающих обеспечение безопасности ОИАЭ и (или) безопасности осуществляемой деятельности в области использования атомной энергии, необходимых для лицензирования деятельности в этой области, а также порядок проведения экспертизы указанных документов;
  - ♦ особенности оценки соответствия продукции, в отношении которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии (национальные, отраслевые, международные и региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты и своды правил иностранных государств, национальные стандарты ограниченного распространения);
- осуществляет контроль и надзор:
  - ♦ за соблюдением норм и правил в области использования атомной энергии, за условиями действия разрешений (лицензий) на право ведения работ в области использования атомной энергии;
  - ♦ за ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасностью (на объектах использования атомной энергии);
- осуществляет в соответствии с законодательством Российской Федерации лицензирование деятельности в области использования атомной энергии;

В число участников процесса формирования нормативных документов в области использования атомной энергии, в том числе ФНП, кроме Ростехнадзора и Госкорпорации «Росатом» как основных в данной области, входят другие органы государственной власти в соответствии со своими функциями и соответствующими полномочиями в формировании нормативной базы (Роспотребнадзор, ФМБА России, МЧС России, Росстандарт и др.).

Организация разработки ФНП поручена Ростехнадзором ФБУ «НТЦ ЯРБ», где сложилась четкая система разработки нормативных документов. При разработке ФНП формируется рабочая группа с обязательным включением в нее специалистов Ростехнадзора, а также других заинтересованных министерств, ведомств и организаций. Широкое привлечение специалистов, их высокая квалификация определяют качество разрабатываемых документов.

Порядок разработки ФНП установлен постановлением Правительства Российской Федерации от 1 декабря 1997 г. № 1511 «Об утверждении Положения о разработке и

утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии» и «Порядком разработки федеральных норм и правил в области использования атомной энергии в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору», утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 07 июля 2015 г. № 267.

Согласно установленному порядку, разработанные редакции проектов ФНП направляются в заинтересованные организации для подготовки замечаний и предложений. Полученные замечания и предложения и их учет обсуждается на согласительных совещаниях с участием заинтересованных сторон. Проекты окончательных редакций рассматриваются рабочей комиссией Ростехнадзора, после одобрения которой они направляются в Госкорпорацию «Росатом» для получения заключения о его готовности к опубликованию. Проекты окончательных редакций публикуются в открытой печати (журнале «Ядерная и радиационная безопасность») для широкого публичного обсуждения (физическими и юридическими лицами). После доработки на основании поступивших замечаний документы утверждаются руководителем Ростехнадзора, проходят регистрацию в Министерстве юстиции Российской Федерации и публикуются как вступившие в действие, в открытой печати. Данный порядок разработки ФНП обеспечивает открытость и прозрачность процесса нормативно-правового регулирования и возможность широкого обсуждения проектов всеми заинтересованными сторонами.

Обращение с РАО как деятельность в области использования атомной энергии регламентировалась ФНП, регулирующими безопасность при обращении с РАО, включая их захоронение [3-5, 8-11], а также ФНП, устанавливающими требования безопасности к ОИАЭ, на которых РАО образуются и на которых с РАО обращаются [6-11]. Кроме того, нормативное регулирование обеспечения безопасности при обращении с РАО осуществляется санитарными нормами и правилами [12-13, 32] (в соответствии с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» [24]).

Таким образом, сложившаяся в Российской Федерации к 2011 году система ФНП по обращению с РАО была разработана в соответствии с положениями современного законодательства Российской Федерации и закрепляла основные принципы обеспечения безопасности, принятые международным сообществом [40].

В целом система ФНП и РБ в области обращения с РАО обеспечивала осуществление регулирования безопасности большинства видов деятельности по обращению с РАО всех категорий и вида, включая их захоронение, и ОИАЭ, на которых РАО образовывались, перерабатывались, хранились или захоранивались, в соответствии с существующим законодательством [2, 24] и международными требованиями [40].

Вместе с тем, отдельно не регламентировались вопросы обеспечения безопасности при обращении с РАО, накопленными в результате предыдущей деятельности, в том числе в процессе реализации оборонных программ по созданию ядерного оружия на объектах ядерного топливного цикла и других видов деятельности.

Проблема состояла в том, что в отношении образующихся РАО в большинстве случаев все этапы безопасного обращения с РАО могли быть последовательно реализованы. Но для РАО, накопленных в результате предыдущей деятельности, такой подход был осуществим ограниченно. В большинстве случаев на указанных объектах было накоплено значительное количество РАО, а сами пункты хранения либо не имели требуемой с точки зрения современных представлений о безопасности системы барьеров безопасности, либо существующая система барьеров являлась ненадежной и несовершенной, не обеспечивавшей долговременную безопасность указанных объектов.

Комплекс мероприятий по повышению безопасности пунктов хранения накопленных РАО был направлен, главным образом, на обеспечение текущего уровня их безопасности. Решение проблем долговременной безопасности пунктов хранения накопленных РАО было отложено. Нормативное регулирование эксплуатации и вывода из эксплуатации этих пунктов хранения осуществлялось с помощью документов ведомственного уровня, кото-

рые, как правило, не отражали подходов к обеспечению безопасности при решении проблем реабилитации территорий в свете требований, установленных законодательством Российской Федерации, международными правовыми документами и рекомендациями международных организаций.

В целях регулирования безопасности при обращении с накопленными в результате предыдущей деятельности РАО и безопасности пунктов их хранения Ростехнадзором был установлен механизм, реализуемый посредством формирования условий действия лицензии на соответствующий вид деятельности (эксплуатацию пунктов хранения накопленных РАО). Условия предписывали проведение оценки состояния текущего уровня безопасности ПХРО, с последующей оценкой его соответствия требованиям ФНП, и проведение оценки их долговременной безопасности расчетными методами, позволяющими адекватно оценивать потенциальные длительные радиологические воздействия на людей и окружающую среду.

С принятием № 190-ФЗ [16] и соответствующих подзаконных нормативных правовых актов, прежде всего постановления Правительства Российской Федерации «Об установлении критериев отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериев отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам, критериев классификации удаляемых радиоактивных отходов» от 19 октября 2012 № 1069 [19], изменился подход к регулированию безопасности при обращении с накопленными и образующимися РАО.

Пересмотр требований ФНП по обращению с РАО осуществлялся в рамках Плана мероприятий по реализации первого (впоследствии и второго) этапа ЕГС РАО, утвержденного поручением заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Д. О. Рогозина от 3 мая 2013 г. № РД-П7-3415.

В целях внесения изменений в систему ФНП был проведен анализ российского законодательства и действующих нормативных документов, международных норм и стандартов, рекомендаций международных организаций, таких как МКРЗ, МАГАТЭ [21, 41-43, 45-46], директив Европейского союза по обращению с РАО и ОЯТ [44], а также анализ опыта регулирования безопасности при обращении с РАО и практики применения действующих ФНП.

Были выделены основные направления развития положений системы ФНП и документы, в которые необходимо вносить изменения, и намечен перечень вновь разрабатываемых документов.

В результате анализа были сформулированы следующие принципы обеспечения безопасности обращения с накопленными особыми РАО и удаляемыми РАО и безопасности пунктов хранения особых РАО.

В части обеспечения безопасности пунктов хранения особых РАО:

- обоснование текущего уровня безопасности пунктов хранения особых РАО (в период до его перевода в пункт консервации или пункт захоронения РАО) с определением необходимости вмешательства для обеспечения безопасности работников (персонала) и населения;
- проведение при необходимости всех практически осуществимых мероприятий в целях повышения безопасности, направленные на реализацию следующих общих принципов обеспечения безопасности при обращении с РАО:
  - ♦ непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения (принцип нормирования);
  - ♦ поддержание на возможно низком уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц из населения (принцип оптимизации);
  - ♦ снижение вредного воздействия в результате снижения доз с обоснованием ущерба и издержек, в том числе социальных издержек, связанных с таким вмешательством;
- обоснование долговременной безопасности пунктов хранения особых РАО (в период после его консервации и закрытия) и определение необходимости вмешательства для обеспечения защиты населения и окружающей среды.

- разработка и реализация всех практически осуществимых мер по обеспечению долговременной безопасности пунктов хранения особых РАО, при этом необходимо стремиться:

- избегать действий, имеющих обоснованно предсказуемые последствия для будущих поколений, более серьезные, чем те, которые допускаются в отношении нынешнего поколения;
- не возлагать чрезмерного бремени для будущих поколений.

В отношении регулирования безопасности пунктов хранения особых РАО:

- регулирование текущего уровня безопасности пунктов хранения особых РАО (период до консервации и закрытия):
  - нормативное регулирование безопасности и лицензирование видов деятельности с РАО, включая регламентирование технических мер по обеспечению ядерной и радиационной безопасности пунктов хранения особых РАО;
  - контроль и надзор за состоянием барьеров безопасности пунктов хранения особых РАО;
  - контроль и надзор за соблюдением норм и правил, регламентирующих безопасность работников (персонала), населения окружающей среды;
  - контроль и надзор за выполнением инструкций по эксплуатации пунктов хранения особых РАО.
- регулирование долговременной безопасности пунктов хранения особых РАО (период после консервации и закрытия) — на основе оценки долговременной безопасности, включающей прогноз долговременного поведения инженерных и естественных природных барьеров безопасности на пути возможного распространения радиоактивных веществ в окружающую среду.

Проведенный анализ показал, что целесообразно внесение следующих изменений в систему ФНП, регулирующих безопасность при обращении с особыми РАО:

- установление требований к проведению первичной регистрации в части обоснования отнесения РАО к особым;
- установление требования к обеспечению безопасности пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО на основе перечисленных выше принципов обеспечения и регулирования безопасности;
- установление требований к порядку и условиям перевода пунктов размещения особых РАО в пункты консервации особых РАО, пунктов консервации особых РАО в пункты захоронения РАО (далее — ПЗРО) и установление требований безопасности к закрытию таких ПЗРО.

Перечень ФНП, которые были разработаны или обновлены с целью включения в них положений, касающихся обращения с особыми РАО и безопасности пунктов их хранения, включали ФНП, регламентирующие безопасность обращения с РАО как до захоронения (при сборе, переработке, хранении, кондиционировании) [3, 8-11, 70] и при захоронении [4, 5].

При разработке общих требований к обеспечению безопасности пунктов хранения особых РАО учитывались современные положения международных нормативных документов [21, 40, 41], в том числе установленные в части обеспечения и обоснования безопасности существующих установок и практик:

- проведение оценок безопасности существующих пунктов хранения РАО, в том числе периодических оценок безопасности;
- контроль и мониторинг состояния барьеров безопасности ПХРО;
- проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту инженерных барьеров безопасности.

На рисунке 2.4 показана взаимосвязь требований безопасности МАГАТЭ и ФНП, регулирующих безопасности при обращении с РАО.



Рисунок 2.4 – Взаимосвязь требований безопасности МАГATЭ и ФНП, регулирующих безопасность при обращении с РАО

Основным документом, регулирующим безопасности при обращении с РАО (как удаляемыми, так и особыми) является НП-058-14 «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения» [3].

В данном документе устанавливаются как общие требования, которые являются едиными для всех категорий РАО (как удаляемых, так и особых), так и отдельные требования к обеспечению безопасности при обращении с особыми РАО и безопасности самих пунктов хранения особых РАО.

Вне зависимости от категории РАО при обращении с ними устанавливаются единые цели и принципы обеспечения безопасности.

Согласно [3] целями обеспечения безопасности при обращении с РАО, в том числе при обращении с особыми РАО, являются:

- обеспечение надежной защиты работников (персонала) и населения от радиационного воздействия РАО сверх установленных нормами радиационной безопасности уровней;
- обеспечение надежной изоляции жидких и твердых РАО от окружающей среды, защита настоящего и будущих поколений, биологических ресурсов от радиационного воздействия сверх пределов, установленных нормами радиационной безопасности;
- предотвращение при обращении с РАО выбросов (сбросов) радиоактивных веществ в окружающую среду в количествах, превышающих пределы, установленные в соответствии с нормативными правовыми актами.

При обращении с РАО, в том числе с особыми, в соответствии с [3] должны соблюдаться общепринятые международные принципы [2,40,41,43].

Общие требования к обеспечению безопасности при обращении с РАО [3], в том числе с особыми РАО, включают:

- обеспечение безопасности на основе реализации принципа многобарьерности, основанного на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду;
- разработка и обоснование в проекте и в отчете по обоснованию безопасности (далее — ООБ) технических решений и организационных мероприятий по обеспечению безопасности при обращении с РАО;

- соблюдение действующих требований ФНП в области использования атомной энергии при проектировании, конструировании, изготовлении и монтаже систем (оборудования), предназначенных для обращения с РАО, их классификация по назначению, влиянию на безопасность, по характеру выполняемых ими функций безопасности, категориям сейсмостойкости, пожаро- и взрывоопасности;
- проведение радиационного контроля в соответствии с требованиями санитарных правил и нормативов радиационной безопасности;
- учет и контроль РАО в соответствии с требованиями ФНП в области использования атомной энергии;
- регистрация, ведение и хранение документации по обращению с РАО;
- обеспечение физической защиты РАО, ПХРО и ПЗРО;
- требования к квалификации и допуску в установленном порядке к самостоятельной работе работников (персонала);
- требования к разработке эксплуатационной документации, в том числе инструкций и руководств, регламентирующих выполнение работ по обращению с РАО, и действий работников (персонала) при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации ОИАЭ, включая аварии;
- разработка и реализация мер по предупреждению аварий при обращении с РАО и ликвидации их последствий;
- обеспечению качества при обращении с РАО;
- проведение анализа текущего уровня безопасности при обращении с РАО, для эксплуатируемых пунктов размещения и пунктов консервации особых РАО — проведение оценки долговременной безопасности системы размещения РАО;
- проведение периодической оценки безопасности ОИАЭ.

В разделе VI «Обеспечение безопасности при обращении с накопленными особыми и удаляемыми радиоактивными отходами» [3], устанавливаются требования к обоснованию отнесения пункта хранения накопленных РАО к пункту размещения и пункту консервации особых РАО и обеспечению безопасности пунктов хранения особых РАО.

Обоснование, а также разработка и реализация технических мер и организационных мероприятий по обеспечению безопасности этих пунктов должны выполняться на основе материалов ООБ с учетом результатов фактического обследования пункта хранения РАО и результатов оценки безопасности ПХРО, включающей прогнозный расчет долговременной безопасности системы размещения РАО.

Отнесение пункта хранения накопленных РАО к той или иной категории зависит от следующих условий и факторов [3]:

- фактическое состояние ПХРО и барьеров безопасности;
- результаты наблюдений за распространением радионуклидов в окружающую среду;
- наличие проектной и эксплуатационной документации;
- радиационные последствия радиационных аварий, имевших место при эксплуатации;
- наличие методов, средств и технологий вывода из эксплуатации ПХРО, включая возможность извлечения РАО из мест хранения, дезактивации и демонтажа оборудования и сооружений ПХРО;
- устойчивость ПХРО к внешним воздействиям природного и техногенного происхождения;
- возможность обеспечения и поддержания требуемого уровня безопасности ПХРО при продолжении его эксплуатации, выводе из эксплуатации, консервации или закрытии, включая обеспечение безопасности при обращении с накопленными и образующимися РАО;
- результатов оценки безопасности ПХРО, включающей прогнозный расчет для оценки безопасности системы захоронения РАО, в том числе оценки доз (рисков) для работников (персонала), населения и воздействия на окружающую среду при продолжении эксплуатации, выводе из эксплуатации, консервации или закрытии ПХРО;
- возможности обеспечения физической защиты РАО и ПХРО при продолжении эксплуатации, выводе из эксплуатации, консервации или закрытии ПХРО.

Категории ПХРО зависят от его исходного состояния на момент проведения первичной регистрации, возможности достижения намеченного конечного состояния, условий его размещения, сооружения и эксплуатации. Обоснование предложений по отнесению РАО к особым [3] должно учитывать результаты:

- обследования ПХРО;
- оценки безопасности ПХРО;
- технико-экономических оценок.

Оценка безопасности ПХРО, согласно [3], должна включать анализ безопасности ПХРО при его эксплуатации и анализ долговременной безопасности ПХРО при его длительной эксплуатации, после консервации и/или закрытия. Анализ безопасности ПХРО при его эксплуатации должен включать анализ нормальной эксплуатации ПХРО и нарушений нормальной эксплуатации ПХРО, включая аварии. Анализ долговременной безопасности ПХРО должен включать прогнозный расчет воздействия размещенных в нем РАО на население и окружающую среду вследствие выхода из ПХРО радионуклидов из накопленных РАО в окружающую среду. При этом должны быть учтены как сценарии нормального (эволюционного) протекания естественных процессов в районе размещения ПЗРО, так и маловероятные (катастрофические) внешние воздействия природного и техногенного характера, в том числе деятельность человека. Также следует оценить ситуации, связанные с вторжением человека в систему захоронения РАО. Полученные результаты, наряду с результатами оценки рисков, связанных с радиационным воздействием, иных рисков, а также затрат, связанных с извлечением РАО из ПХРО, последующим обращением с ними, в том числе захоронением, и связанных с захоронением РАО в месте их нахождения, должны в обязательном порядке учитываться при принятии решения об отнесении РАО к особым или удаляемым.

В [3], кроме того, установлены критерии безопасности пунктов хранения особых РАО. Так, пункт размещения особых РАО и пункт консервации особых РАО удовлетворяет требованиям безопасности [3] в период эксплуатации, если его радиационное воздействие на работников (персонал), население и окружающую среду при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации не приводит к превышению допустимого уровня облучения работников (персонала) и населения, нормативов выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду, установленных нормативными правовыми актами в области использования атомной энергии.

Для пункта консервации особых РАО устанавливается дополнительный критерий безопасности, согласно которому в течение определенного соответствующим проектом консервации срока:

- при нормальном (эволюционном) протекании естественных процессов на площадке размещения пункта консервации особых РАО (наиболее вероятных сценариях эволюции системы размещения особых РАО) его радиационное воздействие не должно превышать установленных пределов доз для работников (персонала) и населения;
- при маловероятных (катастрофических) внешних воздействиях природного и техногенного характера на площадке размещения пункта консервации особых РАО (маловероятных сценариях распространения радионуклидов из системы консервации РАО) не должны быть превышены граничные значения обобщенного риска для критической группы населения, установленные нормами радиационной безопасности.

В документе [3] устанавливаются требования и критерии перевода пункта хранения в другой статус.

Так, пункт хранения накопленных РАО может быть отнесен к ПЗРО в установленном порядке, если в период потенциальной опасности размещенных в них РАО он соответствует критериям безопасности, установленным федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии для ПЗРО.

Пункт размещения особых РАО может быть переведен в пункт консервации особых РАО в установленном порядке, если после завершения операций по созданию в пункте

размещения особых РАО барьеров для обеспечения безопасности, предусмотренных соответствующим проектом консервации, в течение срока, определенного проектом, он соответствует критериям безопасности, установленным настоящими федеральными нормами и правилами для пункта консервации особых РАО.

Пункт консервации особых РАО может быть переведен в ПЗРО в установленном порядке, если в период потенциальной опасности размещенных в нем РАО он соответствует критериям безопасности, установленным федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии для захоронения РАО [4].

Реконструкция пункта размещения особых РАО в целях его перевода в пункт консервации особых РАО, а также реконструкция пункта консервации особых РАО в целях перевода в пункт захоронения РАО должна осуществляться на основе соответствующего проекта реконструкции. В проекте должны быть приведены и обоснованы технические решения и организационные мероприятия по обеспечению безопасности при выполнении работ по переводу его в другой статус и по обеспечению его безопасности в течение определенного срока (при переводе в ПЗРО этот срок равен периоду потенциальной опасности размещенных РАО).

Также в документе [3] установлены основные требования:

- к обеспечению безопасности при эксплуатации пункта хранения особых РАО (все пункты хранения особых РО до момента их перевода в ПЗРО и закрытия считаются находящимися в эксплуатации);
- к проведению радиационного контроля и мониторинга системы размещения РАО, которые должны обеспечивать своевременное получение информации об уровне его безопасности, состоянии барьеров безопасности и (или) компонентов природной среды;
- к обеспечению безопасности при эксплуатации пунктов хранения особых РАО, в том числе требования к разработке и реализации необходимых технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности работников (персонала), населения и окружающей среды и снижение миграции радионуклидов в окружающую среду, восстановлению инженерных и (или) природных барьеров безопасности, инженерной защите территории (регулирование уровня поверхностных и подземных вод, дренаж, укрепление грунтов, создание защитных сооружений, предохраняющих склоны и откосы от размыва и эрозии), дезактивация территории, очистка поверхностных и подземных вод.

Категорирование пунктов хранения особых РАО и установление требований безопасности с учетом их категории и специфики в соответствии с положениями п.1 статьи 8 [16] планируется реализовать после завершения проведения первичной регистрации РАО и утверждения перечня пунктов размещения и пунктов консервации особых РАО. Эту работу планируется завершить в рамках второго этапа создания ЕГС РАО (до 2017 года).

При разработке требований безопасности при обращении с РАО, накопленных в результате предыдущей деятельности, и реабилитации территорий, загрязненных радиоактивными веществами, а также разрабатываемых в настоящее время требований безопасности пунктов хранения особых РАО использован программно-целевой метод, основанный на:

- качественном и количественном анализе и ранжировании опасностей (рисков), обусловленных РАО предыдущей деятельности;
- результатах оптимизационных исследований (оценке влияния альтернативных вариантов на безопасность и окружающую среду).

Порядок лицензирования пунктов хранения особых РАО установлен Административным регламентом [48], согласно которому, данные объекты являются ПХРО, если в настоящее время эксплуатируются в соответствии с условиями действия лицензии как ПХРО. Изменение статуса данных объектов может быть учтено путем внесения изменений в условия действия лицензии или при получении очередной лицензии на осуществляемый вид деятельности.

Порядок осуществления Ростехнадзором федерального государственного надзора в области использования атомной энергии и осуществления контроля и надзора за физической

защитой, за системами единого государственного учета и контроля ядерных материалов, радиоактивных веществ, радиоактивных отходов устанавливается административными регламентами [49-50] вне зависимости от класса РАО.

## 2.4 Природоохранные требования

Нормативно-правовое поле в области охраны окружающей среды при обращении с РАО составляют законодательные акты экологического и атомного права вместе с соответствующими подзаконными документами. При рассмотрении проблемы особых РАО требуется учет требований совокупности регулирующих документов в данной области: общепризнанных принципов и норм международного права и международных договоров Российской Федерации, федеральных законов, постановлений Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, иных нормативных правовых актов. В соответствии с основными нормами международной безопасности [51] в глобальном и долгосрочном контексте защита населения и охрана окружающей среды от радиационных рисков имеет важное значение для обеспечения устойчивого развития. Необходимо подтвердить (а не исходить из предположения), что окружающая среда защищена от воздействия промышленных загрязнителей, включая радионуклиды. С учетом специфики природоохранной проблемы особых РАО ниже будет сделан акцент на нормативно-правовые вопросы оценки экологического ущерба на основе критерия сохранения благоприятной окружающей среды.

Основой экологического законодательства Российской Федерации является Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее — №7-ФЗ) [26]. В состав этого законодательства также входят Федеральные законы «Об охране атмосферного воздуха» [52], «О животном мире» [53], «Об экологической экспертизе» [54], Водный, Земельный и Лесной кодексы [55-57] и др.

№7-ФЗ определил, что радиоактивные вещества — это один из видов загрязняющих веществ. Таким образом, все положения закона, регулирующие вопросы загрязнения окружающей среды в полной мере относятся и к радиоактивным веществам. Ряд статей данного закона имеет непосредственное отношение к регулированию радиационного воздействия на окружающую среду (статьи 21, 22, 23, 47, 48). В соответствии с №7-ФЗ (статьи 34-39, 48) при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, в том числе при использовании радиоактивных веществ и ядерных материалов, должна обеспечиваться экологическая безопасность с учетом соблюдения приоритета сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов.

Условие сохранения благоприятной окружающей среды имеет принципиальное значение для обоснования оптимальной стратегии обращения с РАО, в том числе с особыми РАО. В соответствии с Постановлением Правительства России [19] при подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении РАО к особым необходимо оценивать совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения таких РАО в месте их нахождения, рассчитанный в соответствии с законодательством об охране окружающей среды. Величина размера этого вреда вместе с расходами на захоронение рассматриваемых РАО в месте их нахождения является одним из критериев отнесения РАО к особым.

В соответствии с законодательством под вредом понимается негативное изменение окружающей среды в результате загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов (статья 1 №7-ФЗ). Согласно статье 77 №7-ФЗ, вред окружающей среде, причиненный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, возмещается в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, а при их отсутствии исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Возможный вред окружающей среде оценивается в соответствии с методиками, изложенными в нормативно-методических документах [58-63]. Для исчисления вреда рекомендуется использовать установленные таксы. Методика [58] определяет порядок оценки вреда от уничтожения объектов животного мира и/или нарушения их среды обитания при различных видах антропогенных воздействий. Эта методика потенциально может быть использована для оценки возможного вреда от воздействия хранилищ РАО на объекты животного мира. В соответствии с методикой общий ущерб организмам животного мира от воздействия включает прямые потери от гибели организмов и косвенные потери — неполученный потенциальный доход от использования объектов животного мира в размере допустимого к изъятию годового прироста их численности за весь период воздействия (применяется только при расчете ущерба от уничтожения объектов животного мира, вовлеченных в хозяйственный оборот). Вред объектам животного мира рассчитывается в натуральной форме (количество особей) как величина сокращения базовой численности и годовой продуктивности объектов животного мира, а также как изменение структуры биологического разнообразия. Исчисление ущерба от вреда объектам животного мира и/или их среде обитания осуществляется путем исчисления величины материальных, трудовых и финансовых затрат, которые понесет общество для восполнения потерь животного мира в каждом конкретном случае, а также упущенной выгоды. Исходными показателями для оценки вреда объектам животного мира является численность и продуктивность основных видов и групп животных (позвоночные) или соответствующие показатели биомассы (беспозвоночные). Для исчисления ущерба рекомендуется использовать в качестве показателей стоимости объектов животного мира таксы для исчисления размера взыскания за ущерб, причиненный незаконным добыванием или уничтожением объектов животного и растительного мира или таксы, утвержденные в соответствии с установленным законодательством Российской Федерации порядке.

В соответствии с методикой [59] исчисление размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства, и среде их обитания производится с учетом следующих составляющих возможного вреда для биоты: уничтожение почвенных беспозвоночных животных при уничтожении почвы внутри зоны воздействия; уничтожения иных видов беспозвоночных животных при уничтожении их местообитаний внутри зоны воздействия; уничтожения особей животных вследствие уничтожения их местообитаний, а также антропогенного повреждения; уничтожения яиц птиц или рептилий, икры рыб и амфибий вследствие уничтожения их местообитания и антропогенного воздействия.

Согласно Федеральному Закону №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» [64] (ст.53) возмещение вреда, причиненного водным биоресурсам, осуществляется в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера причиненного водным биоресурсам вреда, а при их отсутствии исходя из затрат на восстановление водных биоресурсов. Исчисление размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам производится по методике [60]. Таксы размера взыскания за ущерб, причиненный уничтожением водных биологических ресурсов приведены в постановлении Правительства России [65]).

Размер ущерба от вреда, причиненного лесам, определяется в соответствии с таксами, утвержденными постановлением Правительства России [66]. Размер ущерба, исчисленный в соответствии с таксами, увеличивается, если повреждение совершено в защитных лесах, на особо защитных участках эксплуатационных лесов, на особо охраняемых природных территориях, при повреждении пищевых лесных ресурсов или лекарственных растений, виды которых занесены в Красную книгу Российской Федерации и (или) Красные книги субъектов Российской Федерации. При исчислении размера ущерба, причиненного не отнесенным к лесным насаждениям деревьям, кустарникам и лианам, применяются цены и нормативы затрат, которые непосредственно связаны с выращиванием деревьев, кустарни-

ков и лиан, а также с уходом за ними до возраста уничтоженных или поврежденных. Оценка размера ущерба от вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, осуществляется в соответствии с таксами [63].

К числу неурегулированных проблем относится отсутствие ценовых оценок ущерба от вреда для ряда объектов окружающей среды. На практике это проблема, как правило, решается путем использования цены на аналогичные по экологическому и таксономическому положению виды, которые уже имеют стоимостную оценку [67].

## 2.5 Единая государственная система обращения с РАО

Задача создания Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами (далее — ЕГС РАО) впервые поставлена Президентом России в Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу.

Вступление в 2011 году в силу нового федерального закона об обращении с радиоактивными отходами [16] придало процессу создания ЕГС РАО необратимый характер. В главе 2 закона последовательно раскрываются цели создания, принципы функционирования, состав, сроки и этапы её создания. Еще более детально они изложены в комментариях к закону [68]. В работе [69], подготовленной к изданию в 2012 году, также достаточно детально рассматривались перспективы развертывания ЕГС РАО и отмечались проблемные ситуации, которые могли существенно замедлить взятые высокие темпы. В настоящее время можно констатировать, что большая часть из планируемых работ уже выполнена. Но при этом некоторые из проблемных зон уже начали проявляться, в том числе в части разделения накопленных РАО на особые и удаляемые РАО, результаты приведены в завершающих главах монографии.

Напомним, что №190-ФЗ определено *«Единая государственная система обращения с радиоактивными отходами создается в целях организации и обеспечения безопасного и экономически эффективного обращения с радиоактивными отходами, в том числе их захоронения»*. Эту цель предстоит реализовать в условиях сложившейся системы «отложенных решений» в области обращения с РАО и чрезвычайно большого объема накопленных отходов.

Но, даже отвлекаясь от этой составляющей проблемы, следует обратить внимание на указание об экономической эффективности ЕГС РАО. Это означает, что требуется принимать индивидуальные решения по ряду радиоактивных отходов, с учетом их особенностей и характеристик. Например, часть отходов может быть безопасно выдержана в существующих пунктах хранения вплоть до их радиоактивного распада, т.к. в противном случае мощности создаваемых пунктов захоронения будут использоваться крайне неэффективно. Другая часть накопленных РАО требует длительной выдержки под наблюдением с целью снижения высокой активности и тепловыделения и не может быть захоронена до окончания данного технологического этапа подготовки к захоронению. Иначе также неизбежно малоэффективное использование мощностей захоронения, которые к тому же еще не созданы. Именно с такими ориентирами должна создаваться система обращения с вновь образующимися РАО. Перспективы этого развития кратко описаны в следующем подразделе.

Возвращаясь к проблеме накопленных РАО, отметим, что соотношение накопленных и ежегодно вновь образующихся может быть охарактеризовано как не менее чем 500 к 1. Оценка этого соотношения очень грубая, но за ней учет состава РАО, образовывавшихся в прошлом и в настоящее время. Выполнение работ по извлечению, переработке и захоронению всех накопленных РАО, практически невозможно в течение рационального промежутка времени вплоть до столетий.

Законом для этого специально предусмотрены такие понятия как особые, то есть подлежащие захоронению в месте своего нахождения, и удаляемые РАО, которые требуется извлечь из мест их размещения. Для части накопленных РАО захоронение на месте невозможно в силу неприемлемости условий их размещения с позиций долгосрочной без-

опасности. Эту часть РАО необходимо переместить в более безопасные условия, другими словами, это удаляемые РАО. Решающую роль в проведении этой границы должно сыграть отнесение РАО к особым. Перспективы развития системы обращения с накопленными РАО описаны ниже в отдельном подразделе. Со временем необходимость и неизбежность новых решений по отнесению РАО к особым РАО будет осознана, поскольку рациональным значением максимального соотношения захоронения накопленных и вновь образующихся в заново создаваемых мощностях захоронения видится 1.

Есть еще несколько проблем переходного этапа, в рамках которого должна модернизироваться система обращения с РАО в организациях. Чисто технически потребуется время для создания новых установок и систем. В этот период продолжится размещение РАО, которые сегодня поступают в пункты хранения, которые получат статус пунктов размещения или консервации особых РАО.

Предусмотрено несколько этапов создания ЕГС РАО. В рамках первого этапа создания ЕГС РАО была проведена первичная регистрация РАО и мест их размещения. В рамках второго должна быть создана система захоронения для основных классов РАО. Окончательный перевод пунктов размещения особых РАО в пункты консервации особых РАО, а также перевод пунктов консервации особых РАО в пункты захоронения РАО — это тема следующего этапа.

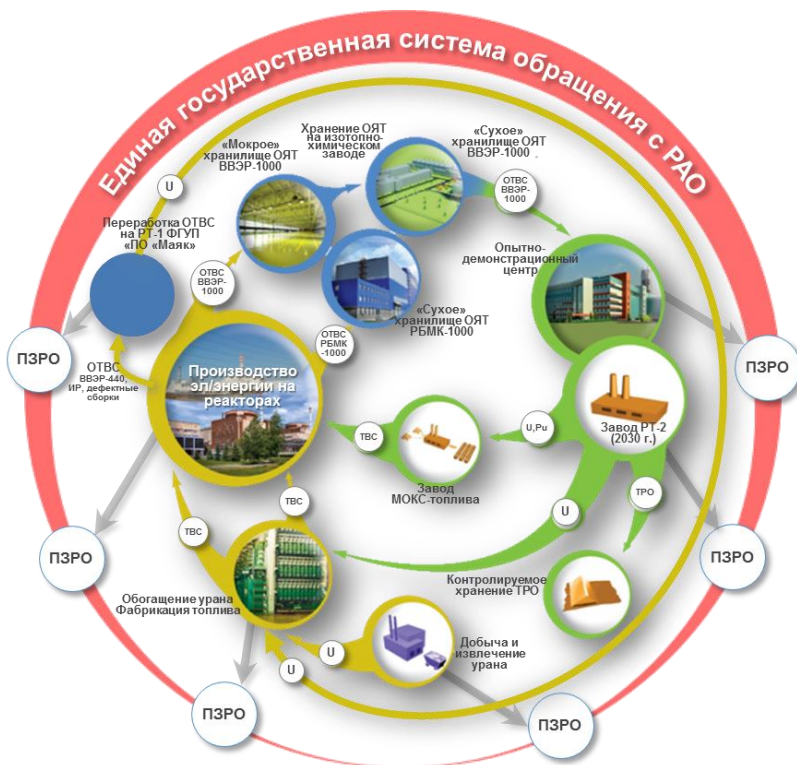


Рисунок 2.5 — Схема ЕГС РАО [72]

Полное развертывание ЕГС РАО, как показывает международный опыт, может занять несколько десятилетий (рисунок 2.5). Но задача отнесения РАО к особым должна быть решена гораздо раньше.

### 2.5.1 Обращение с вновь образующимися РАО

В настоящее время исчерпывающим образом определены требования к организациям, в результате деятельности которых образуются РАО (статья 21 №190-ФЗ), Госкорпорации «Росатом», национальному оператору и др.

РАО образуются в момент, когда организации относят образующиеся в результате их деятельности материалы, вещества и т.д., содержание радионуклидов в которых превышает уровни, установленные ПП №1069, к РАО. Отнесение к РАО обозначает, по сути, отсутствие возможности их дальнейшего использования.

До истечения срока промежуточного хранения организации обязаны собственными силами или с привлечением специализированных организаций привести РАО в соответствие с критериями приемлемости [70], оплатить захоронение (провести отчисления в специальный резерв Госкорпорации «Росатом») в соответствии с установленным тарифом [71] и передать РАО на захоронение национальному оператору. При этом организации несут ответственность как за безопасность ПХРО, так и за безопасное обращение с РАО вплоть до передачи ФГУП «НО РАО». Таким образом, для организаций значительно расширен круг обязанностей. Для трансформации сложившейся системы обращения с РАО в организациях требуется пересмотр, как технологических цепочек по кондиционированию РАО, так и развитие инфраструктуры по обращению с РАО, что влечет за собой значительные финансовые затраты и требует определенного временного интервала. Для целей плавного перехода к новой системе обращения с РАО в 2013 г. были проведены работы по созданию Локальных стратегий обращения с РАО в организациях Госкорпорации «Росатом». Необходимо учитывать, что для некоторых отходов на сегодняшний день отсутствуют альтернативные технологии обращения в принципе (для РАО, размещаемых в пункты хранения особых РАО). Для выполнения всех стадий обращения с РАО (сортировка, переработка, кондиционирование, паспортизация, транспортировка) также требуется развитие рынка услуг и мощностей.

Федеральным законом на Госкорпорацию «Росатом» возложены функции органа государственного управления в области обращения с РАО, среди которых: утверждение прогнозируемого объема образования РАО в организациях, учет поступающих средств в резервный фонд и финансирование деятельности по захоронению РАО, осуществление контроля за деятельностью национального оператора и другие. Кроме этого, Госкорпорация «Росатом» должна координировать работы по созданию, эксплуатации и закрытию ПЗРО.

Единственной организацией, уполномоченной вести деятельность по окончательной изоляции РАО, решением Правительства России от 20 марта 2012 г. №384-р определен ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО»). Исключение возможно только для захоронения отходов, образующихся при добыче и переработке урановых руд, и ОНРАО, которое может осуществляться организациями, эксплуатирующими особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты, по решению Правительства Российской Федерации (ст. 27 №190-ФЗ). На ФГУП «НО РАО» лежит ответственность за осуществление планирования своей деятельности, с учетом данных, предоставляемых органом управления ЕГС РАО (Госкорпорацией «Росатом»), по прогнозируемым объемам образования РАО в организациях, эксплуатирующих ядерно и радиационно опасные объекты [16]. ФГУП «НО РАО» обязан принимать РАО, приведенные в соответствие с критериями приемлемости РАО, на захоронение, обеспечить безопасность при создании, эксплуатации, закрытии пунктов захоронения РАО, а также осуществлять мониторинг объектов. Финансирование деятельности по захоронению удаляемых РАО лежит на организации, в результате деятельности которой они образовались. Для обеспечения деятельности ФГУП «НО РАО» создан специальный фонд, куда перечисляются средства эксплуатирующими организациями в зависимости от объема и класса образующихся РАО. Величина отчислений определяется на основании тарифов, установленных органом регулирования для каждо-

го класса удаляемых РАО [71]. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.12.2012 № 1288 «О внесении изменения в Положение о Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации» наделило Минприроды России полномочиями устанавливать тарифы на захоронение РАО, а постановление Правительства Российской Федерации от 03.12.2012 № 1249 утвердило Положение о государственном регулировании тарифов на захоронение РАО, включая основы ценообразования и правила государственного регулирования и контроля.

Создание системы окончательной изоляции удаляемых РАО представляет собой сложную многоэтапную задачу, решение которой позволит на практике перейти от стратегии долгосрочного хранения РАО к стратегии их захоронения.

Сформированные ФГУП «НО РАО» производственная и инвестиционная программы (документы, в которых произведено обоснование необходимых средств на осуществление планируемой деятельности) и прогнозы образования РАО являются основой для определения тарифов на удаляемые РАО. При этом орган регулирования исходит из того, что ФГУП «НО РАО» организация, которая должна работать без прибыли, и осуществляет расчет тарифов исходя из равенства предстоящих затрат и прогнозных платежей эксплуатирующих организаций. Как сказано выше, передаваемые ФГУП «НО РАО» отходы должны быть приведены организациями в соответствие критериям приемлемости своими силами или с привлечением специализированных организаций [16].

Можно выделить два принципиальных этапа в создании ЕГС РАО с точки зрения соотношения между динамикой объемов образования и захоронения РАО:

- 1) по мере создания инфраструктуры для захоронения (до выхода на планируемые мощности) скорость образования РАО превышает скорость их захоронения;
- 2) после создания инфраструктуры для захоронения скорость захоронения превышает скорость образования РАО.

Очевидно, что в ходе первого этапа РАО продолжают накапливаться и лишь на 2-м этапе количество РАО находящихся в пунктах хранения начинает снижаться. В начале 2-го этапа в первую очередь будет осуществляться захоронение РАО, находящихся в собственности эксплуатирующих организаций, и только после их полного захоронения будет осуществляться захоронение накопленных РАО, находящихся в федеральной собственности.

В соответствии с инвестиционной программой ФГУП «НО РАО» в настоящий момент планируется создание ПЗРО для каждого класса удаляемых РАО, за исключением класса 5 (в соответствии с законом [16] захоронение ЖРО осуществляется только в уже существующих ПЗРО). Предполагаемая схема размещения пунктов захоронения РАО представлена на рисунке 2.6.

Понятно, что все планируемые количественные и временные характеристики системы окончательной изоляции РАО носят ориентировочный характер, и это связано с неопределенностями многих факторов, в такой сложной организационно-технической системе, как ЕГС РАО, которая на данный момент находится в стадии своего становления. К основным факторам, которые могут в дальнейшем оказать влияние на планируемые характеристики системы относятся:

- совершенствование нормативно-правовой базы, регулирующей функционирование ЕГС РАО;
- переформатирование действующих технологических цепочек обращения с РАО в эксплуатирующих организациях;
- пересмотр темпов ВЭ ядерно и радиационно опасных объектов, включая объекты наследия.

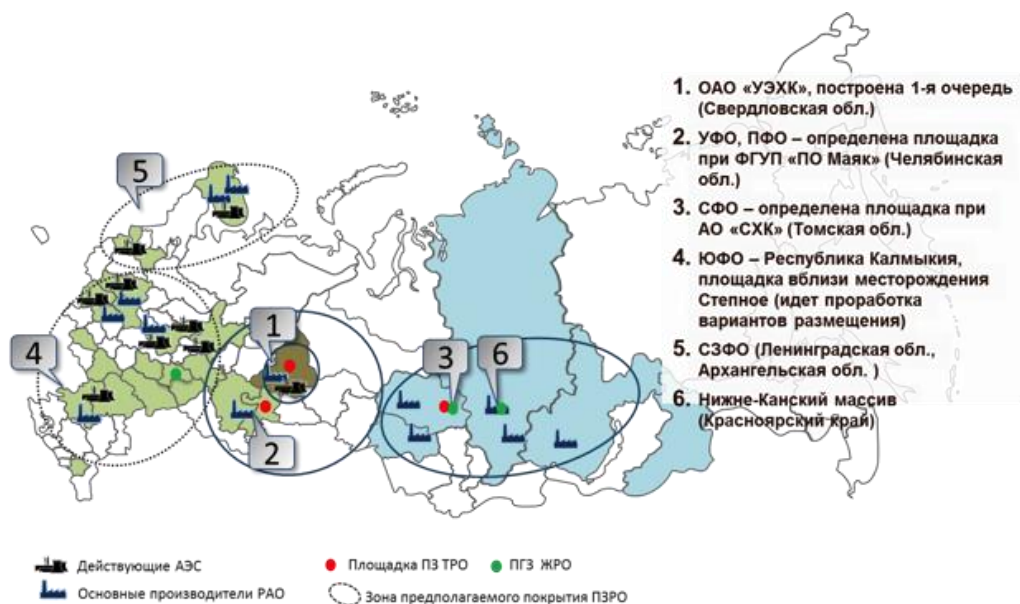


Рисунок 2.6 — Схема размещения пунктов захоронения РАО [72]

Совершенствование нормативно-правовой базы, регулирующей функционирование ЕГС РАО, является неизбежной и необходимой мерой для устойчивого развития системы окончательной изоляции РАО. Связано это с тем, что ряд документов устанавливающих правила функционирования ЕГС РАО (например, критерии отнесения РАО к особым и удаляемым и критерии классификации РАО, установленные ПП №1069 [19]) принимался на заре ее становления и был сориентирован, в первую очередь, на запуск финансового обеспечения системы окончательной изоляции РАО. Внесение изменений в рассматриваемый документ, например, в части уточнения классов удаляемых РАО может приводить к изменению количества РАО того или иного класса, что в свою очередь будет приводить к изменению планов по созданию системы окончательной изоляции РАО.

Вопрос реформирования технологических цепочек обращения с РАО в эксплуатирующих организациях является демонстрацией явного стимулирующего эффекта принятой системы оплаты за захоронение РАО. После введения тарифов эксплуатирующие организации стали минимизировать объемы образующихся РАО за счет применения более совершенных методов их сбора, сортировки и переработки. В ряде организаций установлены целевые показатели по снижению количества образующихся РАО на среднесрочную перспективу, что приводит и будет приводить к дальнейшему снижению количества образующихся РАО.

Также значительное влияние на планы по созданию инфраструктуры окончательной изоляции РАО окажет принятая стратегия ВЭ ядерно и радиационно опасных объектов, которая в свою очередь зависит от ряда внешних факторов, включая наличие финансирования по ликвидации ядерного наследия в ходе государственных и отраслевых программ.

Тем не менее, в настоящий момент времени прием РАО классов 1,2 планируется осуществлять с 2025 г., РАО классов 3,4 — с 2016 г., прием РАО классов 5 уже осуществляется (хвостохранилища РАО «ППГХО»).

### 2.5.2 Обращение с накопленными РАО

Принципиально важно, что в №190-ФЗ закреплена ответственность государства за обращение с накопленными РАО, т.е. образовавшимися до 15.07.2011. По результатам первичной регистрации РАО и установления мест их размещения все накопленные РАО будут отнесены к федеральной собственности. Введенное статьей 4 №190-ФЗ разделение

РАО на удаляемые и особые является определяющим при планировании и разработке мероприятий по обращению с накопленными отходами. Для удаляемых РАО такими мероприятиями должны стать извлечение РАО из мест их текущего хранения в целях переработки, кондиционирования, приведения в соответствие критериям приемлемости, передача национальному оператору и последующее захоронение, а для особых РАО — проведение технических мероприятий по укреплению барьеров безопасности, с последующим переводом в пункты захоронения [16].

Это закрепление конечной ответственности за государством в полной мере отвечает требованиям Объединенной конвенции [40] и на практике уже реализуется — через субсидии на хранение, переработку, захоронение накопленных РАО и финансирование мероприятий федеральных целевых программ. Большой объем накопленных РАО заведомо предопределяет длительные сроки работ по накопленным РАО. Они могут составить 50–70 лет. Подобные сроки характерны и для иных стран, реализующих работы по ядерному наследию.

Говоря о длительных сроках необходимо отметить, что большая часть пути уже пройдена. Это не только работы по ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2, описанные в главе 6, но и работы по комплексной утилизации АПЛ, в рамках которой в г. Сайда создано современное хранилище РАО (рисунок 2.7), которое, на первый взгляд, не соответствует идее захоронения всех РАО, поскольку предусматривает долговременное хранение. Но это мнение ошибочно. В данном случае речь идет о долговременном хранении многих тысяч тонн металла с высокими уровнями наведенной активности и радиоактивным загрязнением продуктами деления. В этом случае возможна и экономически оправдана длительная выдержка, после которой большая часть металла может быть возвращена в хозяйственный оборот.



*Рисунок 2.7 — Комплекс обращения с РАО в бухте Сайда*

## **Заключение к главе 2**

В эволюции правовой и нормативной системы в области обращения с РАО можно выделить три этапа: санитарно-эпидемиологическое нормирование (до 1996 года), техническое регулирование (1996–2011 годы) и комплексное иерархическое регулирование (начиная с 2011 года). Современное правовое и нормативное обеспечение в России основывается на общепризнанных международных принципах и подходах, сформулированных в Рекомендациях МКРЗ 2007 года, серии новых стандартов МАГАТЭ, формирование которых также было начато в 2007 году с издания основополагающих принципов безопасности SF-1. В отношении особых РАО — части ядерного наследия, ключевыми документами стали №190-ФЗ и ПП-№1069, которые потребовали ревизии ФНП и санитарных правил, разработки руководств, рекомендаций и методических материалов. Исторический груз (громоздкий сложившийся перечень нормативных документов: общих, по отдельным этапам ЯТЦ, по конкретным производствам) и особенность отечественной системы требований и правил по радиационной безопасности заключается в наличии нескольких регулирующих органов по различным аспектам в области использования атомной энергии: техническим, санитарно-гигиеническим, экологическим и экстремальным. Каждая из этих ветвей руководствуется, в первую очередь, федеральными законами, имеющими непосредственное отношение к полномочиям и обязанностям этих органов.

Также определенные различия имеются и в номенклатуре обязательных к исполнению документов, например, между ФНП и СанПиН. Следовательно, задача внутренней гармонизации нормативных документов путем организации взаимодействия между этими органами является необходимой, в такой же степени, как гармонизация отечественных регулирующих требований с международными. При разработке ФНП созданы эффективные механизм и организационные формы для такого взаимодействия. Другой способ гармонизации национальных регулирующих требований заключается в разработке постановлений Правительства Российской Федерации. Примером такой гармонизации и является ПП №1069, в котором утверждена классификация РАО и установлен комплекс радиологических, радиоэкологических, природоохранных и экономических критериев для целей обосновании отнесения РАО к особым РАО. Введение норм безопасности в подзаконном акте такого высокого уровня иерархии является достаточно новым при регулировании радиационной безопасности в области использования атомной энергии. Наряду с достоинствами, такой подход таит и потенциальную угрозу, так как механическое смешивание обязательных требований к факторам различной природы не вполне согласуется с принципом оптимизации радиационной защиты. Этот аспект более подробно рассмотрен в последних главах монографии.

Создаваемая в настоящее время ЕГС РАО позволит перейти от сложившейся системы «отложенных решений» к комплексной и взаимоувязанной системе обращения с РАО, направленной на их безопасное и экономически эффективное захоронение, как в отношении накопленных РАО, так и вновь образующихся.

Инициированные данным процессом работы по совершенствованию и развитию нормативно-правовой базы, регулирующей обращение с РАО, направлены на создание системы окончательной изоляции, как накопленных, так и вновь образующихся РАО.

Важной составляющей функционирования ЕГС РАО и создания системы захоронения РАО является создание инфраструктуры по обращению с РАО, в том числе установок и технологий по переработке, кондиционированию, транспортировке, упаковке РАО.

Результаты работ по отнесению РАО к особым критичны для создания ЕГС РАО и для решения проблемы накопленных РАО. В первом случае речь идет о рациональной нагрузке на создаваемую систему захоронения ЕГС РАО. Либо она будет создаваться для в основном для вновь образующихся, либо для накопленных РАО. В последнем случае география размещения пунктов захоронения и принцип работы могут быть другими, а её функционирование будет решающим образом зависеть от бюджетного финансирования и всех рисков, связанных с его стабильностью.

## **Список литературы к главе 2**

1. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России. — Под общей редакцией Большова Л.А., Лаверова Н.П., Линге И.И. — Москва: 2013. — 392 с. — Т2.
2. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».
3. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения (НП-058-14).
4. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности (НП-055-14).
5. Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности (НП-069-14).
6. Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ) (НП-016-05).
7. Концепция формирования структуры системы нормативных документов, регламентирующих обеспечение безопасности при обращении с радиоактивными отходами (утвержденная постановлениями Госатомнадзора России от 5 ноября 1997 г. № 8 и Минздрава России от 5 января 1998 г. № 2).

8. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности (НП-019-2000).
9. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности (НП-20-2000).
10. Обращение с газообразными радиоактивными отходами. Требования безопасности (НП-021-2000).
11. Правила безопасности при обращении с радиоактивными отходами атомных станций (НП-002-04).
12. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010), СП 2.6.1.2612-10, Роспотребнадзор, 2010.
13. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002), СП 2.6.6.1168-02, Минздрав России, 2002 (в ред. от 23.12.2010 № 167).
14. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.10.97 №1298 «Об утверждении Правил организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов».
15. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. — Под общей редакцией Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. — 2012 г. — 356 с. — Т1.
16. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1185 г. Москва «Об определении порядка и сроков создания единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами»
18. Распоряжение Правительства Российской Федерации №384-р от 20 марта 2012 г.
19. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».
20. Приказ Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 7.07.2014 №1/24-НПА «Об утверждении сроков промежуточного хранения РАО и объемов таких отходов для организаций, эксплуатирующих ядерно и радиационно опасные производства и объекты»
21. МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ Захоронение радиоактивных отходов. Специальные требования безопасности № SSR-5, МАГАТЭ, Вена (2011).
22. СП № 477-64 «Санитарные правила сбора, удаления и захоронения РАО»
23. СанПиН 42-129-11-3938-8 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами» (СПОРО-85).
24. Федеральный закон № 3-ФЗ от 09.01.96 г «О радиационной безопасности населения».
25. Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.99 г «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
26. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.02 г. «Об охране окружающей среды»
27. Постановление ГГСВ Российской Федерации №43 от 16.09.2013 г. об утверждении изменений №1 в СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)» и изменений №2 в СП 2.6.6.1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002), утверждены ГГСВ Российской Федерации.
28. СП №21-83 «Санитарные правила по устройству и эксплуатации хвостохранилищ гидрометаллургических заводов и обогатительных фабрик, перерабатывающих руды и концентраты, содержащие радиоактивные и высокотоксичные вещества. Введены в действие Минздравом СССР в 1983 году.

- 29.СП ЛКП-91 «Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд», утверждены ГТСК СССР №6028-91 от 29.10.91.
- 30.Временные критерии по принятию решений при обращении с почвами, твердыми строительными, промышленными и другими отходами, содержащими гамма-излучающие радионуклиды. Главный государственный санитарный врач Российской Федерации 1992 г.
- 31.Методические указания МУ 2.6.1. 24- 04 «Санитарные требования к сбору, хранению, транспортированию и захоронению твердых РАО на ФГУП «ПО «Маяк», утвержденные ГТСК по объектам и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиоэкстрем» 19.04.2004.
- 32.СП 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) утверждены ГТСК Российской Федерации 07.07.09 г.
- 33.Единые Санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 г. №299.
- 34.Федеральный закон № 317-ФЗ от 1 декабря 2007 г. «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»
- 35.Постановление Правительства Российской Федерации № 717 от 13.09.2010 «О внесении изменений в некоторые Постановления Правительства Российской Федерации по вопросам полномочий Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору»
- 36.Постановление Правительства Российской Федерации № 412 от 03.07.2006 «О федеральных органах исполнительной власти, осуществляющих государственное управление использованием атомной энергии и государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии»
- 37.Постановление Правительства Российской Федерации № 78 от 15.02.2011 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросу осуществления отдельных полномочий Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральной службой по надзору в сфере природопользования и Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору»
- 38.Постановление Правительства Российской Федерации № 712 от 01.12.2005 «Об утверждении Положения о государственном надзоре в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, осуществляемом Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»
- 39.Постановление Правительства Российской Федерации № 206 от 11.04.2005 «О Федеральном медико-биологическом агентстве».
- 40.Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами // INFCIRC/546, Вена, МАГАТЭ, 1997.
- 41.МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Основопологающие принципы безопасности. Основы безопасности, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- 42.МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. Оценка безопасности установок и деятельности, Общие требования безопасности. № GSR, part 4, Вена, 2009.
- 43.МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением для защиты людей и охраны окружающей среды № GSR, Part 5, Общие требования безопасности, часть 5, IAEA, Вена (2010)

44. COUNCIL DIRECTIVE 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste, Brussels (2011).
45. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Near Surface Disposal of Radioactive Waste, Safety Standards Series No. WS-R-1, IAEA, Vienna (1999).
46. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Safety Standard Series № WS-G-1.1, Vienna, IAEA, 1999.
47. Об утверждении Положения о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии № 865 от 14 июля 1997 г.
48. Административный регламент исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии от 08 октября 2014 г. № 453.
49. Административный регламент по исполнению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по федеральному государственному надзору в области использования атомной энергии № 248 от 7 июня 2013 г.
50. Административный регламент по исполнению федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по осуществлению контроля и надзора за физической защитой ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения, ядерных материалов и радиоактивных веществ, за системами единого государственного учета и контроля ядерных материалов, радиоактивных веществ, радиоактивных отходов от 15 декабря 2011 г. № 703.
51. IAEA 2014. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. General Safety Requirements, Part 3. No GSR-3, IAEA, Vienna, 2014. — 471 p.
52. Федеральный закон от 4 мая 1999 года №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»
53. Федеральный закон от 24 апреля 1995 года №52-ФЗ «О животном мире»
54. Федеральный закон от 23 ноября 1995 года №174-ФЗ «Об экологической экспертизе»
55. Федеральный закон от 03.06.2006 №74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации»
56. Федеральный закон от 25.10.2001 №136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации».
57. Федеральный закон от 04.12.2006 №200-ФЗ «Лесной кодекс Российской Федерации»
58. Методика оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира и нарушения среды их обитания. М., Госкомэкологии России, 2000. — 12 с.
59. Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания. М., МПР Российской Федерации, 2008. — 21 с.
60. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. М., Росрыболовство, 2011. — 69 с.
61. Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам. М., Минприроды России, 2011. — 3 с.
62. Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения Лесного законодательства. Постановление Правительства Российской Федерации от 8 мая 2007 г. N 273. М., 2007. — 13 с.
63. Таксы для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования. М., Минприроды России, 2011. — 3 с.
64. Федеральный закон от 20.12.2004 г. №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»
65. Постановление Правительства России от 25.05.1994 г. N 515 (в ред. постановлений Правительства Российской Федерации от 26.09.2000 г N 724, от 10.03.2009 г. N 219)

- 66.Постановление правительства Российской Федерации от 26.11.2007 г. №806 «О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 8 мая 2007 г. № 273»
- 67.Крышев И.И., Курындина Л.А., Линге И.И. Оценка ущерба окружающей среде при использовании атомной энергии. Атомная энергия, 2014, т.117. № 3, 159-164.
- 68.Комментарий к Федеральному закону «Об обращении с радиоактивными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Ельфимова Т.Л., Черников О.В., Потемкина Л.В., Супатаева О.А., Поляков Ю.Д., Линге И.И., Ковальчук В.Д., Стрижова С.В., Иорданов А.С. Под общей редакцией Ельфимовой Т.Л. и Линге И.И. — М.: Издательство «Комтехпринт», 2001.
- 69.Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России. — Под общей редакцией Большова Л.А., Лаверова Н.П., Линге И.И. — Москва: 2013. —392 с. — Т.2.
- 70.Федеральные нормы и правила. Критерии приемлемости РАО для захоронения. НП-093-14.
- 71.Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 13 марта 2013 г. № 89 «О первоначальном установлении тарифов на захоронение РАО».
- 72.Четвертый национальный Доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, Москва-2014.

## **3 Первичная регистрация РАО и установление мест их размещения**

### **3.1 Назначение первичной регистрации РАО**

Для определения объемов, характеристик накопленных РАО и установления мест и условий их размещения статьей 23 №190-ФЗ [1] предусматривается проведение первичной регистрации РАО. Можно выделить два главных предназначения первичной регистрации. Во-первых, первичная регистрация должна стать основой для закрепления накопленных РАО в федеральной собственности. Во-вторых, и это главное для рассматриваемой проблемы — в рамках первичной регистрации РАО должны быть приняты принципиальные решения по разделению накопленных отходов на особые и удаляемые, а также по отнесению мест их размещения к разным типам ПХРО. Данные решения являются основополагающими при формировании ЕГС РАО, для которой вводится требование по обязательному захоронению всех РАО, находящихся на территории России (ст. 12 №190-ФЗ), и позволят в дальнейшем планировать работы по повышению безопасности пунктов размещения особых РАО (перевод в пункт консервации или захоронения РАО), а также работы по извлечению удаляемых РАО и захоронению их в централизованных ПЗРО.

Проведение инвентаризации/регистрации накопленных отходов и сбор сведений о «старых» местах размещения отходов соответствует международным рекомендациям МАГАТЭ, а также служит для выработки национальной стратегии, включает определение состояния объектов хранения, достоверной информации о количестве и характеристиках существующих РАО, а также для прогнозирования объемов образования РАО в будущем. Вопросам восстановления данных об объектах размещения РАО посвящен документ МАГАТЭ [2]. Проведение инвентаризации РАО во многих странах поручено центральной организации по обращению с отходами. Наиболее схожая с российской системой инвентаризации РАО существует в Великобритании, где она проводится каждые три года неправительственной организацией Nuclear Decommissioning Authority (NDA) [3]. В Швейцарии в 1972 году производителями РАО была основана Национальная ассоциация захоронения РАО (NAGRA), задача которой заключается в подготовке и реализации решений по обращению и захоронению отходов, которые гарантируют долговременную безопасность человека и окружающей среды. В рамках выполнения данной задачи NAGRA была проведена инвентаризация всех РАО, производимых в Швейцарии атомными электростанциями и образованных в результате использования радиоактивных материалов в медицине, промышленности и научных исследованиях.

Таким образом, первичная регистрация накопленных РАО и последующая регистрация вновь образующихся отходов является основой для формирования систем обращения с отходами, а также для планирования создания пунктов захоронения РАО. Для реализации положения ст. 23 №190-ФЗ постановлением Правительства России от 25 июля 2012 г. № 767 были утверждены правила, сроки (с 15 января 2013 г по 31 декабря 2014 г. [4]) и форма акта первичной регистрации РАО. Согласно постановлению основная ответственность за проведение первичной регистрации была возложена на Госкорпорацию «Росатом».

### **3.2 Организация и проведение первичной регистрации РАО**

При подготовке к проведению первичной регистрации и обоснованию принятия решений об отнесении РАО к удаляемым или особым, а пунктов хранения к отдельным типам, были сформированы следующие методологические подходы:

- Сбор сведений об объемах и местах размещения накопленных РАО (ПОЛНОТА ИНФОРМАЦИИ);
- Единый подход к составлению и представлению материалов по каждому объекту (УНИФИКАЦИЯ);

- Учет своеобразия/специфики объекта при принятии решения об отнесении объекта к одному из типов ПХРО (УНИКАЛЬНОСТЬ);
- Объективные и согласованные решения комиссии и организации (ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ).

Вопросу сбора сведений в отношении мест размещения накопленных РАО в ходе подготовки к проведению первичной регистрации было уделено особое внимание. В соответствии с ст. 23 №190-ФЗ полученная информация в отношении объектов и РАО ляжет в основу кадастра пунктов хранения и реестра накопленных РАО, которые подлежат бессрочному хранению (ст. 16 №190-ФЗ). В течение сравнительно недолгого времени существования атомной отрасли отмечены случаи, когда при обследовании территорий были обнаружены ранее не учтенные объекты размещения РАО, при этом в организациях отсутствовали какие-либо проектные, учетные и другие документы на данные объекты. На исключение утери существующих данных об объектах и сохранение информации и знаний направлено создание реестра РАО и кадастра ПХРО.

Ведение реестра и кадастра предусмотрено в рамках системы государственного учета и контроля РВ и РАО (далее — СГУК РВ и РАО), которая была создана для реализации требований ст. 22 №170-ФЗ [5].

Постановлением Правительства России от 11 октября 1997 года №1298 [6] были утверждены «Правила организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и РАО», которыми необходимо руководствоваться при проведении учета и контроля РАО. СГУК РВ и РАО предназначена для определения наличного количества, осуществления учета и контроля РВ и РАО на федеральном, региональном и ведомственном уровнях в целях предотвращения потерь, их несанкционированного использования и хищений, а также в целях предоставления в установленном порядке различным органам соответствующей информации о наличии и перемещении этих веществ и отходов, а также об их экспорте и импорте. Госкорпорация «Росатом» выполняет функции органа управления СГУК РВ и РАО на федеральном уровне.

Необходимо отметить, что действие Федерального закона от 21.11.2011 №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» не распространялось на деятельность, связанную *«с разработкой, изготовлением, испытанием, эксплуатацией и утилизацией ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения»*. Поэтому в системе СГУК РВ и РАО учет РАО, образующихся, например, в организациях Минобороны России ранее не проводился. Кроме этого, постановлением Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 №1069 (далее — ПП №1069) были введены критерии отнесения отходов, образовавшихся при осуществлении не связанных с использованием атомной энергии видов деятельности по добыче и переработке минерального и органического сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов, к РАО. В то время как действие №170-ФЗ распространялось только на *«отношения, возникающие при использовании атомной энергии в мирных и оборонных целях»*.

Для получения сведений об отходах, не зарегистрированных в СГУК РВ и РАО, а также для уточнения имеющейся информации в 2012 г. Госкорпорацией «Росатом» были направлены запросы во все субъекты Российской Федерации, федеральные органы исполнительной власти (в том числе в Минобороны России, Ростехнадзор, Роспотребнадзор, ФМБА России и др.) с целью выявления организаций, в чьем ведении могут находиться накопленные РАО, а также с целью определения «бесхозных» мест размещения накопленных РАО. Запросы также были направлены в организации, которые числились в СГУК РВ и РАО. Ответы на запросы позволили приступить к формированию графика проведения первичной регистрации и комиссий. При формировании графика проведения первичной регистрации учитывались следующие практически значимые аспекты:

1) Предложения организаций относительно времени проведения первичной регистрации РАО, согласованного с графиком проведения мероприятий надзорных органов.

2) Срок разработки и утверждения методических материалов, необходимых для принятия обоснованных решений об отнесении РАО к особым [7], разрабатываемых при участии ИБРАЭ РАН по поручению Госкорпорации «Росатом» — первый квартал 2014 г. По этой причине первичная регистрация организаций, имеющих РАО, которые могут быть отнесены к особым, были запланированы в графике на 2014 год.

3) Территориальное размещение организаций (по округам). Этот фактор важен с точки зрения оптимизации состава комиссий и выбора маршрутов их выездов по регионам.

4) Количество ПХРО. Продолжительность проведения обследований в значительной мере зависит от количества ПХРО в организации [8].

В график первичной регистрации было включено более 1100 объектов хранения отходов, размещенных в 143 организациях, а также 81 объект, образовавшийся в результате проведения мирных ядерных взрывов. В отношении последних, необходимо отметить, что до вступления в силу №190-ФЗ правовой статус данных объектов не был определен. Необходимо отметить, что впервые была предпринята попытка провести регистрацию «бесхозных» объектов размещения РАО. Так в график были включены объекты, размещенные в городском округе «Ухта» (Республика Коми) и Режевском городском округе, п. Озерный (Свердловская область), т.к. на данные объекты при непосредственном участии субъектов России были собраны достаточные сведения для заполнения акта первичной регистрации.

С учетом расширенной области действия №190-ФЗ (в отличие от №170-ФЗ) в график первичной регистрации также были включены объекты, относящиеся к Министерству обороны России, размещенные на территориях 40 войсковых частей и военных организаций.

На основании полученных ответов на запросы Госкорпорации «Росатом», в состав комиссий включались представители Госкорпорации «Росатом», заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, организаций, органов государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии, в ряде случаев представители органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления.

Для разработки единых подходов к составлению и представлению материалов по каждому объекту Госкорпорацией «Росатом» был утвержден Порядок проведения первичной регистрации РАО и установления мест их размещения (приказ от 24.01.2013 № 1/41-П), который устанавливал перечень рассматриваемых в ходе первичной регистрации документов, регламент работы комиссии, а также утверждал типовые формы, которые должны быть заполнены на каждый объект эксплуатирующими организациями в зависимости от типа объекта:

- сведения о юридическом лице;
- характеристика пункта хранения твердых РАО;
- характеристика пункта хранения жидких РАО;
- характеристика РАО на судне атомного технологического обслуживания, утилизированных АПЛ и их блоках на плаву;
- характеристика пункта глубинного захоронения жидких РАО;
- характеристика объекта использования ядерных зарядов в мирных целях;
- характеристика территории, загрязненной радионуклидами;
- состав имущества пункта хранения;

В случае отнесения РАО к особым, согласно утвержденному Порядку, организациям требовалось провести обоснование данного решения.

Необходимо отметить, что радиационно загрязненные участки территорий не относятся к пунктам хранения РАО и к накопленным РАО, следовательно, первичная регистрация в отношении данных объектов не проводилась, акт первичной регистрации на данные объекты не составлялся, хотя сведения были собраны.

При разработке форм специалистами СГУК РВ и РАО был учтен опыт проведения первичной инвентаризации РАО в 2000 году [9], а также внеочередной отраслевой инвен-

таризации РАО и ОЯТ в 2005 году [10]. Предыдущие формы были оптимизированы с учетом изменений в типизации пунктов хранения (ст. 3 №190-ФЗ), были расширены кодировки ПХРО и РАО, что позволило более полно и детально отражать информацию об объектах. Информация, содержащаяся в перечисленных формах, а также в актах первичной регистрации будет вноситься в реестр РАО и кадастр ПХРО.

Помимо административной подготовки к проведению первичной регистрации особое внимание было уделено формированию единых подходов комиссий при принятии решений об отнесении зачастую уникальных объектов размещения накопленных РАО к отдельным типам пунктов хранения: пунктам временного хранения РАО, пунктам долговременного хранения РАО, пунктам размещения особых РАО, пунктам консервации особых РАО и пунктам захоронения РАО. Порядок проведения первичной регистрации предполагает, что данные, предоставленные организациями по каждому объекту, проходят предварительную проверку в СГУК РВ и РАО, а затем анализируются экспертами с оформлением результатов в виде рекомендаций комиссиям (ИБРАЭ РАН, ФГУП «НО РАО», ФБУ «НТЦ ЯРБ», ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России).

Именно такая схема рассмотрения документов, предоставленных организациями, позволяла учитывать уникальные характеристики объектов и РАО при принятии решения об отнесении пунктов хранения к отдельным типам, а РАО к особым и удаляемым. В самом начале работы экспертов были рассмотрены отдельные вопросы, которые могут возникнуть в ходе работы комиссий [11].

Основная часть накопленных РАО размещена в полностью или частично документально оформленных пунктах хранения. Вместе с этим, имеется значительное количество мест размещения РАО, которые являются отдельным помещением или специально выделенным участком или объектом в составе иного объекта (ядерной установки или радиационного источника).

Согласно №170-ФЗ к ПХРО могут относиться только объекты, не относящиеся к ядерным установкам и радиационным источникам стационарные объекты и сооружения. С другой стороны большая часть отходов размещена в объектах, входящих в состав ядерной установки или радиационного источника. В ходе проведенного анализа ИБРАЭ РАН, ФБУ «НТЦ ЯРБ» и Проектного офиса по обращению с РАО Госкорпорации «Росатом» был выработан подход, который определяет три конечных варианта — это ПХРО, место временного хранения РАО в составе ядерной установки или радиационного источника, пункт размещения РАО неопределенного типа. Для последнего случая очевидных рецептов отнесения к отдельному типу нет, и потребуются выработка индивидуальных решений и, возможно, разработка документов для его последующего отнесения к конкретному типу ПХРО.

В целом, при проведении первичной регистрации логика принятия решений по отнесению пункта хранения к определенному типу отражена на схеме, представленной на рисунке 3.1.

Для отнесения пункта хранения к пункту захоронения необходимо обоснование безопасности размещенных в нем РАО на весь период их потенциальной опасности, лицензия на эксплуатацию пункта захоронения. В ходе первичной регистрации к объектам, соответствующим данным требованиям были отнесены только пункты глубинного захоронения жидких РАО (ФГУП «НО РАО»).

Если обоснование отнесения РАО к особым отсутствует, ПХРО относится к пункту временного хранения удаляемых РАО или пункту долговременного хранения РАО удаляемых РАО. В случае необходимости подготовки обосновывающих материалов для отнесения РАО к особым или удаляемым РАО решение может быть отложенным, что предусмотрено ст.23 №190-ФЗ, ПХРО относится к пункту долговременного хранения РАО.

При отнесении пункта хранения к пункту временного хранения комиссиям требовалось проявлять гибкость понимания словосочетания «проектом предусмотрены порядок и меры по выводу его из эксплуатации». Существующая исходная проектная документация по старым пунктам хранения заведомо не удовлетворяет установленным в последние 10–

15 лет требованиям к проекту и проектной документации и, в подавляющем большинстве случаев, не предусматривает мер по выводу из эксплуатации. В этой ситуации дополнение соответствующих разделов может быть сделано эксплуатирующей организацией.

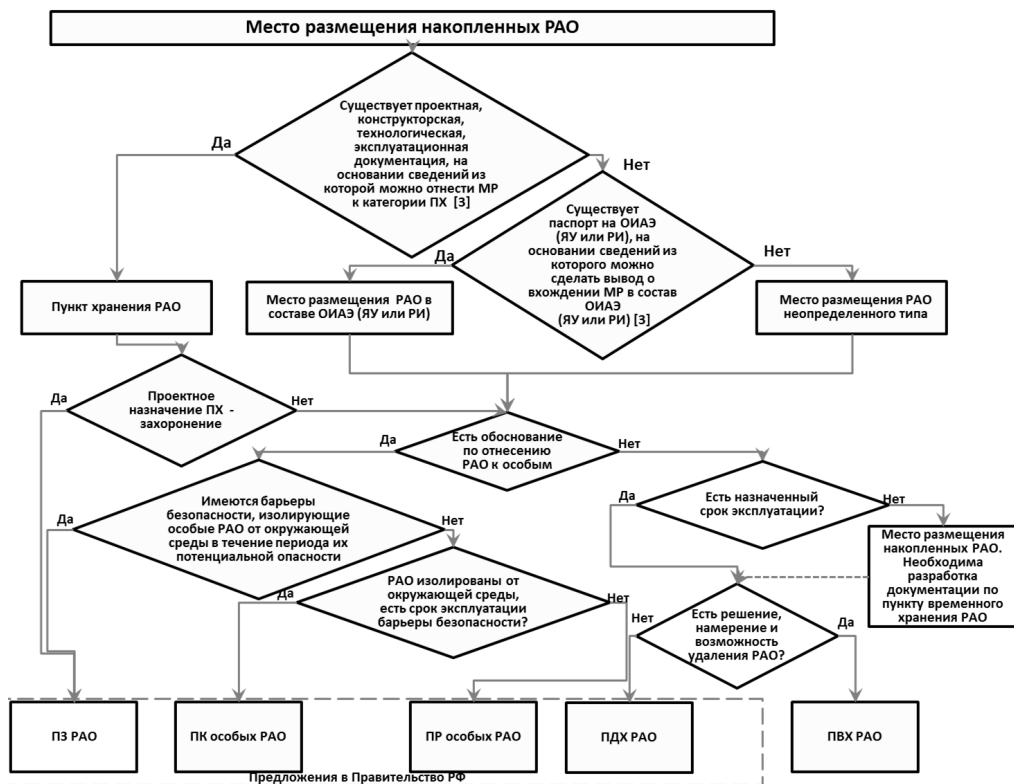


Рисунок 3.1 — Схема отнесения мест размещения накопленных РАО к отдельным типам ПХРО [11]

### 3.3 Промежуточные итоги первичной регистрации РАО

В течение 2013-2014 гг. первичная регистрация была проведена в отношении 809 объектов размещения накопленных РАО (рисунок 3.2), часть пунктов хранения в рамках первичной регистрации были объединены, ряд объектов были сняты с регулирующего контроля, по результатам оценки уровней удельной активности отходов, в соответствии с ПП №1069.

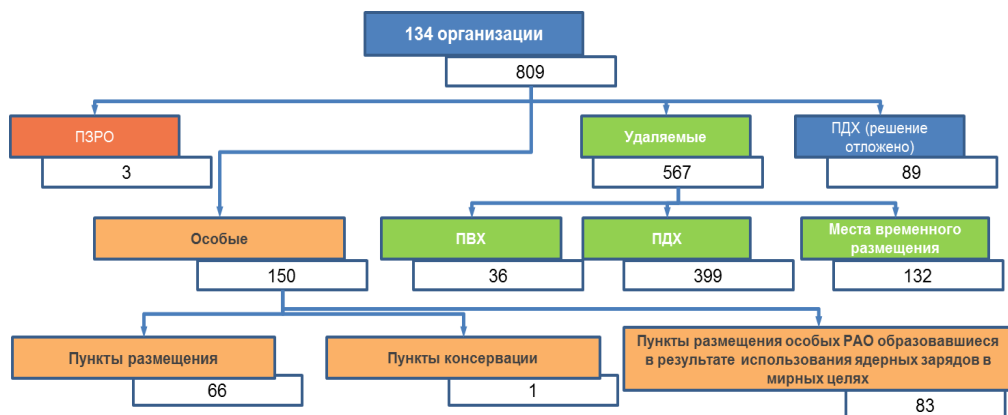


Рисунок 3.2 — Предварительные результаты проведения первичной регистрации РАО

В ходе первичной регистрации объекты размещения удаляемых отходов, были отнесены к пунктам долговременного хранения (объектам для которых требуется разработать порядок и меры по выводу из эксплуатации), пунктам временного хранения (все документы по ВЭ разработаны), а также к местам временного размещения. Объекты хранения особых РАО, относились комиссиями к пунктам размещения особых РАО, или к пунктам консервации особых РАО, в зависимости от наличия барьеров безопасности, изолирующих РАО от окружающей среды, и установленного срока их эксплуатации. Три объекта были отнесены к пунктам захоронения РАО — объекты глубинного захоронения жидких РАО, размещенные в филиалах ФГУП «Национальный оператор» (Железногорск, Северск, Димитровград).

По ряду объектов решение по отнесению РАО к особым и удаляемым было отложено. Это было обусловлено либо отсутствием разработанных обоснований отнесения РАО к особым (например, для объектов АО «ГНИЦ НИИАР»), либо тем обстоятельством, что РАО не удовлетворяют ограничениям на местоположение пункта хранения особых РАО и на происхождение РАО, утвержденным ПП №1069, в то время как на основании представленных материалов и проведенных обследований комиссии решили, что захоронение в месте их нахождения является более предпочтительным (см. раздел 6.2).

На основании принятых комиссиями решений были сформированы перечни пунктов долговременного хранения РАО, пунктов размещения особых РАО, пунктов консервации особых РАО, а также пунктов захоронения РАО, которые в соответствии со статьей 23 №190-ФЗ должны быть утверждены Правительством Российской Федерации.

В ходе первичной регистрации были подготовлены обоснования по отнесению РАО к особым, размещенным в пунктах хранения следующих организаций: АО «ПО ЭХЗ», АО «ЧМЗ», ПАО «ППГХО», АО «УЭХК», ФГУП ФЯО «ГХК», ПАО «НЗХК», ФГУП «ПО «Маяк», АО «ОДЦ УТР», АО «СХК». Все обоснования выполнены в полном объеме с использованием методического пособия [7]. В отношении каждого пункта хранения РАО проведены оценки периода потенциальной опасности РАО, коллективных эффективных доз облучения, рисков потенциального облучения и затрат для двух вариантов обращения с РАО, а также совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения. Для каждого объекта доказана принципиальная возможность локализации РАО в месте их нахождения, и показано полное соответствие РАО критериям отнесения к особым, утвержденным ПП №1069.

К особым РАО было отнесено более 99,9% всех накопленных жидких РАО и более 82% по объему накопленных ТРО без учета захороненных в пунктах глубинного захоронения РАО и МЯВ (таблица 3.1). По решению Госкорпорации «Росатом» пункты хране-

ния АО «ПО ЭХЗ» и АО «УЭХК» отнесены к пунктам долговременного хранения до изменения категории земель размещения объектов.

Таблица 3.1 – Объемы накопленных РАО (по всем пунктам хранения накопленных РАО)\*

| Агрегатное состояние | Накоплено всего, млн м <sup>3</sup> | Захоронено, млн м <sup>3</sup> | Особые, млн м <sup>3</sup> | Решение отложено, млн м <sup>3</sup> | Удаляемые РАО, тыс. м <sup>3</sup> |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| ТРО                  | 71,8                                | -                              | 59,4                       | 11,9                                 | 532,6                              |
| ЖРО                  | 470,3                               | 60,2                           | 409,8                      | 0,1                                  | 171,3                              |
| РАО МЯВ              | 11,4                                | -                              | 11,4                       | -                                    | 1,7                                |
| Всего:               | 553,5                               | 60,2                           | 480,6                      | 12,0                                 | 705,6                              |

\*Указанные в таблице значения содержат погрешность, связанную с тем, что в актах первичной регистрации объемы РАО представлены в форме: «\_ \_ , Е \_ \_ куб. м».

По ряду объектов размещения особых РАО проводятся работы по консервации, которые позволят снизить риски потенциального облучения и перевести объекты в безопасное состояние. Отнесения данных объектов к пунктам хранения особых РАО позволит установить их статус и завершить уже начатые работы.

Необходимо отдельно отметить, что первичная регистрация проводилась не в обязательном, а в заявительном порядке, что привело к тому, что ряд организаций не сочли нужным предоставить сведения о размещенных на их территориях накопленных РАО, либо указали, что объекты учета СГУК РВ и РАО отсутствуют. В случае обнаружения объектов размещения накопленных РАО либо изменения типа пункта хранения (например, пункт размещения переведен в пункт консервации), статьей 26 №190-ФЗ предусмотрена процедура пересмотра перечней пунктов хранения не реже, чем один раз в десять лет.

### 3.4 Объекты, образовавшиеся при использовании ядерных зарядов в мирных целях

Говоря об итогах первичной регистрации РАО и о выявленных при ее проведении пунктах размещения особых РАО, нельзя не упомянуть о такой их разновидности, как объекты использования ядерных зарядов в мирных целях. Это обусловлено и характерными особенностями данных объектов и их значительной долей (более 50%) в общем объеме пунктов размещения особых РАО по результатам первичной регистрации.

Об обширной программе использования ядерных взрывов в интересах народного хозяйства («Программа №7») было написано достаточно много [12-14] и т.п. При реализации программы было задействовано более десяти союзных министерств. Основными заказчиками выступали Министерства геологии СССР, Министерство газовой промышленности СССР и Министерство нефтяной промышленности СССР, которые решали технологические процессы использования взрывов, а исполнителем проведения взрывов и обеспечения радиационной и сейсмической безопасности — Министерство среднего машиностроения СССР.

На территории России в 1965-1988 гг. было проведено 80 подземных ядерных взрывов в мирных целях (далее — МЯВ) с использованием 84 ядерных взрывных устройств. Соответственно, был создан 81 объект МЯВ, учитывая наличие 2 технологических скважин на Грачевском месторождении после проведения взрыва 2 зарядов в 1965 г. Среди них:

- 1 взрыв на выброс с использованием 3-х ЯВУ (объект «Тайга» (рисунок 3.3), на трассе Печоро-Колвинского канала);
- 1 взрыв ЯВУ на вспучивание с запланированным частичным выходом продуктов взрыва на поверхность (объект «Кристалл»);

- 2 взрыва в штольнях для дробления апатитовой руды (опыты «Днепр-1» и «Днепр-2») с достаточным заглублением для предотвращения напорного выхода радионуклидов на поверхность [20];
- 77 взрывов мощностью от 0,3 до 40 кт т.э. на глубинах от 172 до 2860 м для глубинного сейсмического зондирования земной коры, интенсификации нефтяных и газонефтяных месторождений, создания полостей в каменной соли для хранения углеводородов и др. В некоторых случаях происходил выброс продуктов деления (например, объекты «Глобус-1», «Кратон-3»), приводивший к заметному загрязнению территории.



*Рисунок 3.3 — Панорама искусственного водоема объекта «Тайга»*

Основной характерной особенностью объектов, созданных с использованием ядерных взрывов являлось отсутствие в течение многих лет законодательной основы для нормативно-правового регулирования безопасности в их отношении, несмотря на то, что попытки решения этой проблемы предпринимались неоднократно [5,15,16].

В качестве первой попытки нормативного регулирования обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения МЯВ было принятие Сан-ПиН 2.6.1.2819-10 [16]. Данный документ регулирует требования к обеспечению безопасности на территории в месте проведения взрыва и не касается потенциальной опасности от радиоактивности, расположенной в зоне взрыва. Документ предусматривает установление вокруг боевой скважины охранный зоны вместо санитарно-защитной зоны, поскольку понятие санитарно-защитной зоны относится только к действующему объекту и касается в основном выбросов. Охранная зона предназначена для ограничения несанкционированной хозяйственной деятельности на территории, прилегающей к месту проведения взрыва, в частности бурения, земляных работ и пр., т.е. работ, которые могут привести к нарушению целостности боевой скважины и горного отвода. Аналогичные охранные зоны устанавливаются, например, вдоль линий газопровода. Документом предусматривается также проведение регулярного мониторинга близлежащей территории и источников питьевого водоснабжения в ближайших населенных пунктах, поскольку водоносные горизонты подвержены загрязнению первыми при возможном выносе радиоактивности из зоны взрыва.

Действующее законодательство (в первую очередь, [5] в сочетании с другими нормативными правовыми актами) создало достаточно эффективную систему регулирования и обеспечения безопасности различных объектов использования атомной энергии. Указанная система согласно статьям 4, 33 и 48 [5] охватывает все виды деятельности в области использования атомной энергии на всех этапах жизненного цикла всех объектов применения [5] от размещения и проектирования указанных объектов и до их вывода из эксплуатации и захоронения образовавшихся при эксплуатации радиоактивных отходов.

Одной из категорий объектов применения [5], согласно статье 3 указанного закона, являются ядерные установки — сооружения, комплексы, полигоны, установки и устройства с ядерными зарядами для использования в мирных целях. Первопричиной возникновения этой категории как раз и послужило наличие многочисленных объектов МЯВ на территории России.

Следуя логике закона, его действие должно распространяться на указанные объекты на всех стадиях их жизненного цикла, в том числе и на период после проведения взрыва, тем более, что с проведением взрыва снимаются вопросы только ядерной безопасности, вопросы же радиационной безопасности этих объектов остаются актуальными в течение всего периода существования возможности выхода радиоактивных продуктов взрывов в сферу обитания человека и окружающую среду.

Представляется, что именно такой логики придерживался законодатель, включивший данные объекты в число объектов применения [5], несмотря на то, что в период формирования [5] возможность проведения новых взрывов, то есть появления новых объектов МЯВ, всеми внутренними и международными обязательствами России была исключена.

Однако, правомерность отнесения объектов, на которых взрывы ядерных зарядов уже проведены, к указанной категории объектов применения [5] представлялась неоднозначной, поскольку основной классификационный признак объектов этой категории — наличие ядерных зарядов — в настоящее время на данных объектах отсутствует. Положение о распространении действия Федерального закона на период после проведения взрывов и до достижения этими объектами безопасного состояния прямо в [5] оговорено не было.

Поэтому распространение действия системы регулирования безопасности на объекты, на которых взрывы ядерных зарядов в мирных целях были проведены в прошлом, встречало определенные затруднения.

Это выражалось в ряде случаев в невозможности установления режима государственного регулирования безопасности на нескольких объектах из-за прямого противодействия эксплуатирующих организаций (в частности, в отношении объекта «Бутан») под предлогом несогласия с квалификацией осуществляемой ими деятельности как деятельности в области использования атомной энергии. Попытки разрешения данной коллизии в судебном порядке однозначного результата не дали. Объекты с продолжением технологических работ эксплуатировались пользователями недр, не имеющими статус «эксплуатирующая организация», что юридически обосновывало предприятиям не следовать федеральному закону.

Еще более неопределенным являлся статус объектов, которые не эксплуатировались и, соответственно, не имели пользователей недр, на которые могла бы быть возложена ответственность за поддержание объектов МЯВ в безопасном состоянии. В то же время риск несанкционированного проникновения в зоны воздействия взрывов с последующим выносом продуктов взрывов в среду обитания человека, особенно в районах размещения месторождений полезных ископаемых, был достаточно велик. Мероприятия по обеспечению безопасности таких объектов реализовывались лишь по добровольной инициативе и при наличии соответствующих возможностей у администраций некоторых субъектов Российской Федерации. Каких-либо правовых норм, определяющих распределение ответственности за безопасность таких объектов, не существовало.

Следует отметить, что еще в декабре 1997 г. Экологический комитет Государственной Думы провел парламентские слушания «Об экологических последствиях проведенных ПЯВ». Была рассмотрена фактическая обстановка на всех объектах МЯВ в России и даны предложения по разработке необходимых нормативных документов. В ходе слушаний были сделаны выводы о том, что собственником объектов МЯВ должно быть государство, а все объекты глубинного сейсмического зондирования земной коры должны быть закрыты в ближайшее время. В результате участники парламентских слушаний разработали рекомендации, в частности было рекомендовано:

- разработать нормативно-правовую базу паспортизации объектов МЯВ, провести экологическую паспортизацию всех объектов;
- провести лицензирование деятельности на всех объектах МЯВ и выработать для них и для производимой продукции критерии экологической безопасности;
- разработать программу радиационной реабилитации территорий объектов МЯВ, вывода из эксплуатации и консервации, изоляции РАО;

- определить порядок отчуждения объектов МЯВ в собственность или в аренду;
- разработать нормативную документацию по обеспечению радиационной безопасности при эксплуатации, консервации и закрытии объектов МЯВ;
- определить собственников объектов МЯВ и порядок финансирования мероприятий по ликвидации их последствий.

Эти рекомендации так и не были реализованы.

Тем не менее, острота проблемы с течением времени не снижалась, что подтверждалось многочисленными запросами администраций субъектов Российской Федерации, неоднократно направляемыми в адреса Ростехнадзора, Государственной корпорации «Росатом», Правительства России, неоднократноными обсуждениями вопросов безопасности объектов МЯВ в средствах массовой информации, поднимаемыми как АО «ВНИПИ-промтехнологии», пользователями недр, так и представителями общественности.

В результате в план мероприятий, связанных с выполнением второго этапа реализации [17], были включены разработка и внесение в Правительство Российской Федерации проектов нормативных правовых актов, определяющих статус объектов МЯВ и регламентирующих вопросы обеспечения безопасности при использовании и реабилитации этих объектов.

В 2008 году Ростехнадзором совместно с Министерством природных ресурсов России, Государственной корпорацией «Росатом», Министерством здравоохранения и социального развития России, Федеральной службой безопасности России, Министерством промышленности и энергетики России и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти был разработан проект федерального закона о внесении изменений в [5] в части определения статуса объектов применения ядерных взрывов в мирных целях и мер по обеспечению их безопасности. Были сформулированы обстоятельства, обуславливающие необходимость внесения таких изменений, такие как:

- неопределенность правового статуса объектов МЯВ, определяющего рамки законодательства, в соответствии с которым должно осуществляться регулирование и обеспечение безопасности объектов МЯВ;
- отсутствие четких критериев и требований безопасности для объектов МЯВ;
- отсутствие принципов распределения ответственности за обеспечение безопасности объектов МЯВ;
- наличие факторов, вызывающих беспокойство населения, проживающего в районах расположения объектов МЯВ, а также работников хозяйствующих субъектов, осуществляющих свою деятельность на территории объектов МЯВ.

К таким факторам были отнесены:

- радиоактивное загрязнение недр в местах расположения объектов МЯВ и поверхности (для некоторых объектов МЯВ);
- вынос радиоактивных продуктов взрыва на поверхность действующих (эксплуатируемых) объектов МЯВ в составе добываемой или находящейся на временном хранении продукции (нефти, газа, газового конденсата);
- неопределенность в распределении ответственности за обеспечение и регулирование безопасности (радиационной, технической, пожарной и др.) объектов МЯВ.

В концепции указанного проекта федерального закона было констатировано, что наличие на объекте ядерного заряда в прошлом не должно использоваться в настоящее время в качестве квалификационного признака объекта использования атомной энергии, поскольку применение такого признака не обеспечивает соблюдения общепризнанного принципа непрерывности регулирования и обеспечения безопасности объекта использования атомной энергии на всех стадиях его жизненного цикла. Завершение жизненного цикла объекта с ядерным зарядом его подрывом не обеспечивает выполнения требований статьи 48 [5] о надежной изоляции от окружающей среды, защите настоящего и будущего поколений, биологических ресурсов от радиационного воздействия радиоактивных отходов, образовавшихся на указанном объекте при проведении взрыва.

Работа над данным законопроектом так и не была завершена, поскольку в то время в завершающую стадию вошли работы над [1] и результаты анализа вариантов разработки проектов нормативных актов, проведенного Ростехнадзором и Минприроды России показали, что оптимальным путем решения вопросов о статусе объектов МЯВ и мерах по обеспечению их безопасности, является включение МЯВ в число объектов применения закона [1].

С вступлением в силу [1] ситуация в отношении объектов МЯВ несколько поменялась. Норма о том, что обращение с особыми РАО (в том числе с образовавшимися в результате использования ядерных зарядов в мирных целях) осуществляется с учетом состояния пунктов размещения особых РАО, пунктов консервации особых РАО и потенциальной опасности размещенных в них РАО, практически однозначно относит продукты взрыва с содержанием радионуклидов, превышающем установленные федеральными нормами и правилами, образовавшиеся в результате использования ядерных зарядов в мирных целях к РАО.

Так же дано понятие накопленных РАО (радиоактивные отходы, образовавшиеся до дня вступления в силу [1]). Это понятие напрямую относится и к РАО, образовавшимся в результате использования ядерных зарядов в мирных целях. Осталось только определить, превышают ли риски и затраты, связанные с извлечением таких РАО, последующим обращением с ними, в том числе захоронением, риски и затраты, связанные с захоронением таких РАО в месте их нахождения. Иными словами, являются РАО, находящиеся в объектах МЯВ удаляемыми или особыми.

Дальнейшее развитие нормативная правовая база в области обращения с РАО получила с выходом [8] и [18].

В соответствии с [5] был сформирован перечень пунктов хранения РАО на основании данных системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов разработан график обследований, осуществляемых в связи с проведением первичной регистрации и установлением условий размещения РАО. В этот перечень были включены и объекты МЯВ. Основные работы по первичной регистрации и установлению условий размещения РАО в отношении объектов МЯВ были проведены в 2014 г. Активное участие в них приняли специалисты Проектного офиса «Формирование единой государственной системы обращения с РАО» Госкорпорации «Росатом», АО «ВНИПИпромтехнологии», Ростехнадзора, Роспотребнадзора. В составы комиссий включались также представители органов государственной власти субъектов Российской Федерации, в которых расположены объекты МЯВ, и органов местного самоуправления.

В ходе работ были проанализированы проекты и отчеты о состоянии всех 80 ядерных взрывов на территории России, вновь обследованы объекты, сведения о состоянии которых превышали 5 и более лет, включая земельные участки, загрязненные радионуклидами и приповерхностные пункты хранения РАО, образовавшихся при ликвидации загрязнений территории объектов МЯВ в ходе эксплуатации или при аварийных ситуациях. При этом оценивалась возможность отнесения РАО, находящихся на объектах МЯВ к особым РАО в соответствии с [8]. Несмотря на, казалось бы, очевидную нецелесообразность извлечения огромных массивов РАО из центральных зон взрывов на дневную поверхность, соответствующие оценки доз и затрат были проведены для каждого объекта. При этом использовались различные подходы для объектов, созданных посредством камуфлетных взрывов [21].

Отличительной особенностью объектов МЯВ, созданных посредством камуфлетных взрывов, является самозахоронение РАО при взрыве в геологической среде [22]. В гипотетическом случае изъятие РАО из пункта глубинного размещения РАО и захоронения их в приповерхностных ПЗРО создаются заведомо худшие условия по обеспечению радиационной безопасности для населения. Кроме того, удаление РАО из центральной зоны подземного ядерного взрыва возможно только путем применения горных способов вскрытия

налегающих пород, разработки раздробленной горной массы в центральной зоне взрыва с помощью системы горных выработок и извлечения РАО на поверхность.

Оценка затрат на выполнение работ по методу аналогий, рекомендованному ИБРАЭ РАН в работах [7, 19]. Ввиду отсутствия исходных данных для расчета всех затрат по всем этапам сценария удаления РАО, оценка затрат выполнена по одному этапу работ — сооружение горных выработок для обеспечения извлечения РАО. Для оценки затрат при подготовке к удалению РАО способом подземных горных работ приняты удельные затраты на сооружение следующих объектов-аналогов: шахтного ствола, горно-капитальных и горно-подготовительных выработок. Объекты-аналоги входят в производственную структуру Эльконского ГМК, ведущего разработку уранового месторождения на больших глубинах.

Соответственно, в качестве типовых работ по сооружению горных выработок для обеспечения извлечения РАО на подобного типа объектах МЯВ брались: создание горного предприятия, проходка шахтного ствола глубиной равной глубине заложения заряда, горно-капитальные и горно-подготовительные выработки, горно-капитальные и горно-подготовительные работы по подготовке околоствольного пространства и проходка штреков различного назначения. Таким образом, только на подготовку горных выработок к удалению РАО на объектах МЯВ без затрат на создание инфраструктуры горного предприятия и дорог потребуются, например:

- на объекте «Гелий» с глубины 2100 м потребуется не менее 4,0 млрд руб.;
- на объекте «Регион-4» с глубины 510 м — не менее 1,0 млрд руб.;
- на объекте «Кимберлит-1» с глубины 865 м — не менее 1,7 млрд руб.;
- на объекте «Бензол» с глубины 2860 м — не менее 5,0 млрд руб.

В альтернативном же варианте оставления РАО в недрах проводятся только изоляционно-ликвидационные работы в стволе зарядной скважины. При этом затраты, по аналогии с проектом на ликвидацию скважин на Гежском нефтяном месторождении, составят порядка 50,0 млн руб. Не будет также выполняться весь цикл обращения с РАО с транспортировкой и захоронением на ПЗРО.

Проведенный анализ также показал, что дозовые нагрузки на персонал при удалении РАО из объектов МЯВ, созданных посредством камуфлетных взрывов, с использованием горных выработок несравнимо выше нагрузок, которые будут у персонала при оставлении РАО на месте их образования. Эффективная доза облучения за счет внешнего облучения альфа-бета-гамма-излучением техногенных радионуклидов и внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления радиоактивной пыли при извлечении РАО ожидается в пределах значений, установленных в НРБ-99/2009 для персонала группы А, т.е. 5-20 мЗв/год. Такие оценки основаны на многолетнем опыте работ по разбурированию центральных зон взрывов в исследовательских целях, а также при аварийных ситуациях на объектах подземных ядерных взрывов. Результаты радиационного контроля на таких объектах МЯВ показали, что отклонений от естественного радиационного фона на промплощадках нет. При выполнении изоляционно-ликвидационных работ в стволе зарядной скважины эффективная доза облучения персонала будет формироваться за счет кратковременного контакта с ограниченным объемом ОНРАО, извлекаемых из ствола скважины, и не превысят нормативного значения для населения 1мЗв/год.

Таким образом, полученные сравнительные оценки как затрат на удаление РАО из центральной зоны подземного взрыва на объектах МЯВ, созданных посредством камуфлетных взрывов, так и дозовых нагрузок на персонал являются основанием для их отнесения к особым РАО.

Аналогичные рассуждения проводились и для объектов, созданных посредством взрывов «на выброс», только в качестве объекта-аналога принимался карьер Эльконского ГМК, где ведётся разработка урановых руд открытым способом на сопоставимых глубинах. Так, например, для тройного экскавационного взрыва на объекте «Тайга» образована траншея, длиной 720 м, шириной 430 м, глубиной 10-15 м и внешний навал выброшенного грунта высотой 2-3 м, в отдельных случаях до 6 м. Объем подлежащего извлечению и пе-

переработке грунта составляет  $\sim 3,1 \cdot 10^7 \text{ м}^3$ , из них расплава —  $40\,000 \text{ м}^3$ . Оценка затрат на их удаление без учета работ по осушению карьера и созданию инфраструктуры горного предприятия, только на разработку горной массы в объеме  $31\,000\,000 \text{ м}^3$ , составят  $\sim 8,5$  млрд руб. С учетом удалённости объекта и отсутствия дорог и инфраструктуры для ведения горных работ эти затраты увеличатся многократно. Доза облучения населения и персонала при консервации объекта «Тайга» на месте образования определяется присутствием техногенных радионуклидов в породах внешнего навала, за пределами установленной СЗЗ она не превышает  $10 \text{ мкЗв/год}$ . Излучение внутреннего навала и расплава экранируется вышележащими породами и толщей воды в траншее и не создаёт дозовой нагрузки на персонал и население. По аналогии с работами по извлечению РАО с 10 приповерхностных хранилищ, расположенных на в НИЦ «Курчатовский институт», ожидаемая годовая индивидуальная доза облучения при удалении загрязнённых пород внутреннего навала и расплава будет в пределах  $1,8\text{--}3,1 \text{ мЗв/год}$ . Таким образом, полученные сравнительные оценки затрат и дозовых нагрузок на персонал и население являются основанием для отнесения РАО на объекте экскавационного взрыва «Тайга» к особым РАО.

Результатом проведенной первичной регистрации РАО и установления условий их размещения стало отнесение всех РАО объектов МЯВ к особым РАО, а самих центральных зон взрывов, в которых, в основном, локализованы радиоактивные продукты взрыва — к пунктам размещения особых РАО. Всего таких объектов зарегистрировано 81 с учетом того, что двойной групповой взрыв на объекте «Бутан» привел, по сути, к образованию двух пунктов размещения особых РАО (скважины 617, 618), а тройной групповой взрыв «на выброс» на объекте «Тайга» привел к образованию одного пункта размещения особых РАО. Кроме того, в ходе первичной регистрации к пунктам размещения особых РАО было отнесено два приповерхностных пункта хранения РАО на площадках объектов МЯВ — «Кама-1» и «Сапфир, емкость Е-3».

С учетом того, что понятие «пункт хранения радиоактивных отходов, хранилище радиоактивных отходов» в [1] используется в значении, предусмотренном статьей 3 [5], и в целях [1] к пунктам хранения радиоактивных отходов относятся также пункты размещения особых радиоактивных отходов, отнесение объектов МЯВ к объектам применения [5] можно считать однозначным. Таким образом, основным итогом проведенной первичной регистрации РАО и установления условий их размещения следует считать придание объектам МЯВ статуса объектов использования атомной энергии.

С учетом того, что, согласно [1], пункт размещения особых РАО — природный объект или объект техногенного происхождения, содержащие особые РАО, не изолированные от окружающей среды, либо объект, содержащий особые РАО, срок изоляции которых от окружающей среды не установлен, можно сказать, что таким образом определена практически первая поствзрывная стадия жизненного цикла объекта МЯВ. Это объект после проведения взрыва, на котором не проводились какие-либо мероприятия по созданию дополнительных барьеров безопасности и его рекультивации.

Предусмотренный [1] перевод пункта размещения особых РАО в пункт консервации особых РАО (изменение статуса пункта хранения радиоактивных отходов, связанное с завершением операций по созданию в пункте размещения особых РАО барьеров для обеспечения безопасности, предусмотренных соответствующим проектом) по сути является деятельностью в отношении объектов МЯВ, которая должна быть осуществлена для перевода объекта на следующую поствзрывную стадию жизненного цикла объекта МЯВ и состоит в создании дополнительных барьеров безопасности для обеспечения безопасности объекта или обосновании безопасности МЯВ в течение определенного проектом периода.

Далее предполагается перевод пункта консервации особых РАО в пункт захоронения РАО (изменение статуса пункта консервации особых РАО, допускаемое в случае наличия в таком пункте барьеров для обеспечения безопасности, изолирующих РАО от окружающей среды в течение периода их потенциальной опасности). По сути, это деятельность в отношении объектов МЯВ, которая должна быть осуществлена для перевода объекта на

заключительную поствзрывную стадию жизненного цикла объектов МЯВ, которая состоит в создании окончательных барьеров безопасности для обеспечения безопасности объекта или обосновании безопасности объектов МЯВ в течение всего периода потенциальной опасности содержащихся в них РАО.

При этом, выделяя эти основные стадии, нужно иметь в виду, что они будут сопровождаться попутно мероприятиями по реабилитации (рекультивации) поверхностных загрязнений и приповерхностных объектов (приповерхностных временных пунктов хранения РАО, не отнесенных к особым РАО), образованных в результате различных аварийных ситуаций в процессе эксплуатации.

Также следует учитывать, что в соответствии с [1]:

- Категории пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО, требования к обеспечению безопасности таких пунктов для населения и окружающей среды устанавливаются федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии.
- Требования к обеспечению безопасности пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО, должны устанавливаться с учетом особенностей отдельных пунктов хранения РАО.
- Дополнительные требования к обеспечению безопасности отдельных пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО определяются нормативными актами органов государственного регулирования безопасности.

Таким образом, дальнейшие действия по нормативно-правовому обеспечению регулирования безопасности в отношении объектов МЯВ, как пунктов размещения особых РАО, должны быть направлены на:

- определение понятия объекта МЯВ в гражданско-правовом поле. При этом необходимо законодательно определить состав и имущественный комплекс каждого объекта МЯВ;
- определение (установление) собственников объектов МЯВ;
- определение эксплуатирующей организации объектов МЯВ как объектов использования атомной энергии и пунктов размещения ОРАО;
- разработку методических указаний по определению границ охранных зон на поверхности и в недрах объектов МЯВ, включающие в себя в том числе процедуру категорирования земель участков охранных зон объектов МЯВ;
- пересмотр (корректировку) регламентов выдачи лицензий недропользователям в районах нахождения ОРАО-МЯВ с указанием специальных условий действия лицензий, связанных с обеспечением радиационной безопасности работников, населения, а также защитой водоисточников и добываемой продукции;
- внесение изменений в критерии отнесения РАО объектов МЯВ к особым РАО и приведение их в соответствие с федеральным законодательством, с целью сохранения режима особо охраняемых территории, недопущения ухудшения экологической ситуации водоохранных и других зон. Предлагается исключить требование нахождения хранилищ ОРАО-МЯВ вне границ особо охраняемых территорий, водоохранных зон, населенных пунктов, если РАО размещены в центральных зонах взрывов в геологических формациях.

### **Заключение к главе 3**

В 2013-2014 гг. на территории России была проведена первичная регистрация накопленных РАО для определения объемов, характеристик накопленных РАО и установления мест и условий их размещения. В ходе подготовки к первичной регистрации во все субъекты Российской Федерации и федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации Госкорпорацией «Росатом» были разосланы запросы о размещении накопленных РАО. На основании ответов на них был сформирован график работ комиссий.

В ходе проведения первичной регистрации принимались решения по отнесению мест размещения накопленных РАО к местам размещения удаляемых РАО, пунктам временно-

го хранения удаляемых РАО, пунктам долговременного хранения удаляемых РАО, пунктам долговременного хранения РАО, в отношении которых отложено решение об отнесении к особым или удаляемым, пунктам размещения особых РАО, пунктам консервации особых РАО, пунктам захоронения на основании разработанной схемы принятия решений.

Отходы относились к РАО, в случае, если они соответствовали критериям, утвержденным ПП №1069. Кроме этого, в отношении каждого объекта принята дальнейшая стратегия обращения с накопленными отходами — захоронение РАО на месте (перевод в пункт консервации или в пункт захоронения) или удаление РАО (извлечение из места размещения, приведение в соответствие критериям приемлемости и захоронение в централизованном пункте захоронения).

Решения принимались на основании проведенных организациями оценок принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения на весь период потенциальной опасности РАО, коллективных эффективных доз облучения, рисков потенциального облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО, а также обоснование соответствия накопленных РАО критериям на происхождение и местонахождение, утвержденным ПП №1069. Оценки критериальных параметров проводились с использованием единого разработанного подхода, который будет рассмотрен далее.

Полученные оценки показывают, что работы по захоронению РАО в месте их нахождения приведут к значительно меньшему радиационному воздействию на персонал и население (более чем на 50 чел.·Зв), а также сопровождаются значительным экономическим эффектом, — экономия более чем 260 млрд руб., даже с исключением из рассмотрения объектов, извлечение РАО из которых никогда не рассматривалось, в том числе водоема В-9 (оз. Карачай), хвостохранилищ ПАО «ППГХО» и др.

По нескольким объектам (пункты долговременного хранения) решения об отнесении РАО к особым или удаляемым должны быть приняты в течение ближайших лет, после разработки организациями обоснований. Были выявлены объекты, которые не в полной мере соответствуют утвержденным ПП №1069 критериям отнесения РАО к особым, вместе с тем, полученные в ходе обследований сведения не позволили отнести их к удаляемым, т.к. данные решения приведут к повышенным дозозатратам персонала, рискам и финансовым затратам.

Первичная регистрация РАО была проведена в отношении 809 объектов размещения накопленных РАО. Помимо объектов организаций были собраны сведения о бесхозных объектах и объектах МЯВ. Все данные, собранные в ходе первичной регистрации будут внесены в кадастр пунктов хранения и реестр РАО.

Утверждение перечней пунктов хранения РАО Правительством Российской Федерации позволит завершить первый этап формирования ЕГС РАО и перейти к планированию и реализации работ по выполнению требования ст. 12 №190-ФЗ по обязательному захоронению всех РАО.

### **Список литературы к главе 3**

- 1.Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
- 2.Retrieval, Restoration and Maintenance of Old Radioactive Waste Inventory Records IAEA, VIENNA, 2007 IAEA-TECDOC-1548.
- 3.<http://www.nda.gov.uk>
- 4.Постановление Правительства Российской Федерации от 25 июля 2012 г. № 767 «О проведении первичной регистрации РАО».
- 5.Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».

- 6.Постановление Правительства Российской Федерации от 11.10.97 №1298 «Об утверждении Правил организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов».
- 7.Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0. Абалкина И.Л., Барчуков В.Г., Бочкарев В.В., Ведерникова М.В., Дорогов В.И., Кочетков О.А., Крышев И.И., Линге И.И., Панченко С.В., Савкин М.Н., Уткин С.С., М.: 2014. 157 с.
- 8.Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».
- 9.Приказ Министерства Российской Федерации по атомной энергии от 24.02.2000 №103 «О проведении первичной инвентаризации радиоактивных веществ и РАО в системе государственного учета и контроля».
- 10.Приказ по Федеральному агентству по атомной энергии от 20.12.2005 № 592 «О проведении внеочередной отраслевой инвентаризации РАО и отработавшего ядерного топлива».
- 11.Абрамов А.А., Дорогов В.И., Казаков В.А. и др. Актуальные вопросы формирования планов эксплуатирующих организаций по развитию систем обращения с РАО (предварительные итоги разработки локальных стратегий и первичной регистрации)/ Ядерная и радиационная безопасность России. Тематический сборник. Выпуск №14, Москва 2013, с. 22-33.
- 12.«Ядерные испытания СССР», сборник, подготовленный под руководством В.Н.Михайлова, М.,1997.
- 13.К.В.Мясников, В.В.Касаткин, В.Д.Ахунов «Научно-технические и экологические аспекты подземных ядерных взрывов в мирных целях, проведенных на территории России». Геоэкология, №6,1998, с.41-58.
- 14.«Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении», сборник, подготовленный под руководством В.А. Логачева, М., ИздАТ, 2001 г.
- 15.Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности на объектах хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывной технологии. Санитарные правила и нормативы СаПиН 2.6.1.2622-10 — М: Роспотребнадзор, 2010.
- 16.Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965-1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2819-10 — М: Роспотребнадзор, 2011
- 17.Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2005 г. № 2237-р.
- 18.Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения (НП-058-14).
- 19.Линге И.И., Савкин М.Н., И.Л. Абалкина и др. Подходы к оценке и сопоставлению доз, рисков и затрат для целей обоснования отнесения РАО к особым РАО. Препринт № IBRAE-2013-06. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2013, 38 с.

20. В.В. Касаткин, Б.П. Мамонов, А.В. Касаткин. Радиационный мониторинг объекта ядерного взрыва «Днепр» после его консервации (вывода из эксплуатации). // Сборник докладов. «V Международный ядерный форум “Безопасность ядерных технологий. Стратегия и экономика безопасности”». НОУ ИДПО «АТОМПРОФ». Санкт-Петербург, 2010, стр. 177-179. // Ядерная и радиационная безопасность России. Тематический сборник. Вып. 9. Росатом. М., 2010, стр. 133-139.
21. В.В. Касаткин, В.А. Ильичев, Е.Н. Камнев, А.В. Касаткин. Экспертная оценка радиационного риска объектов мирных ядерных взрывов (МЯВ) на основе выбранных эмпирических критериев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2013, № 8. Изд. «Горная книга», с. 196-201.
22. Касаткин В.В., Ильичев В.А., Камнев Е.Н., Касаткин А.В., Самородова Т.С. Георадиологические проблемы объектов мирных ядерных взрывов — пунктов размещения особых радиоактивных отходов. — Атомная энергия, т. 113 (2012), вып. 5, с. 289 — 293.

## **4 Методические подходы к обоснованию отнесения РАО к особым РАО**

Практическое использование установленных ПП №1069 критериев отнесения РАО к особым [1] предполагало разработку методических подходов и обоснований, в том числе предусматривающих оценку некоторых взаимозависимых (дозы и затраты), а иногда и принципиально новых (совокупный размер возможного вреда окружающей среде) параметров. В течение 2013 года специалистами научных организаций и органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии обсуждались подходы к сравнительной оценке рисков и затрат при различных вариантах захоронения накопленных РАО. Результатом этой работы стали совместные публикации и научно-техническое пособие (далее — Пособие) [2-4]. Необходимо учитывать то, что обоснование по отнесению РАО к особым РАО является «предпроектным» документом, который готовился в условиях неопределенности технологий извлечения, переработки РАО, а зачастую и при отсутствии проекта консервации пункта хранения. Данные обстоятельства не стали препятствием для подготовки обосновывающих материалов. Не потребовалось также и разрешать сложные коллизии взаимосвязи затрат и доз облучения персонала с использованием процедуры и методов оптимизации радиационной защиты (ALARA). Во всех оценках использовались данные по фактическим дозам облучения работников данной организации, её цеха или участка или рекомендованные в Пособии методы оценки доз облучения при извлечении РАО, их переработке и транспортировании. Определение затрат при реализации той или иной стратегии обращения с РАО также не было излишне детализированным. Расценки на типичные виды работ были получены исходя из сложившегося опыта.

Разработанное Пособие было направлено на обеспечение эксплуатирующих организаций, имеющих в собственности, хозяйственном ведении, оперативном управлении пункты хранения накопленных РАО, справочными, методическими и вспомогательными материалами общего характера, необходимыми для подготовки обоснований отнесения РАО к особым РАО. Пособие содержит: описание процедур и алгоритмов проведения оценок критериев (происхождение и место нахождения РАО, коллективные эффективные дозы облучения, риски потенциального облучения и совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения) для формирования обоснования отнесения РАО к особым РАО.

При подготовке Пособия предусматривалось, что:

- Обосновывающие материалы для отнесения РАО к особым РАО (далее — обоснование) разрабатываются организацией, в чьей собственности, хозяйственном ведении или оперативном управлении находился ПХРО.
- Обоснование оформлялось и представлялось комиссии по проведению первичной регистрации РАО только в том случае, если проведенные оценки всех критериевых параметров доказывали соответствие критериям отнесения РАО к особым.
- Обоснование оформлялось в виде текстового документа по содержанию и форме изложения аналогичному отчетам по обоснованию безопасности. Обоснование включало ссылки на разрешительные, проектные, эксплуатационные, учетные и иные имеющиеся документы по оценке безопасности данного объекта.
- В качестве ПХРО мог рассматриваться единичный объект, зарегистрированный в СГУК РВ и РАО, или комплекс объектов в случае, если в этом комплексе уже имеются или планируются к созданию общие инженерные или естественные барьеры безопасности (общий проект консервации).

На стадии подготовки обоснования рассматривались:

- головной компанией, осуществляющей координацию деятельности организации, на территории которой расположен ПХРО, в том числе в части согласования планов по долгосрочному использованию площадки;

- организацией, осуществляющей информационное и научно-методическое сопровождение первичной регистрации РАО — в части содержания обосновывающих материалов.

Затем обоснование представлялось для принятия заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и Госкорпорацией «Росатом» решения о включении ПХРО в проект перечней пунктов размещения особых РАО и пунктов консервации особых РАО и последующее представление этих перечней в Правительство Российской Федерации (ст. 23 №190-ФЗ [5]).

#### 4.1 Состав и границы ПХРО

До начала проведения обоснования организациям необходимо было определить состав пункта хранения накопленных РАО (другими словами, имущество, относящееся к пункту хранения РАО). Проектирование, строительство и эксплуатация пунктов хранения на крупных комбинатах Министерства среднего машиностроения СССР осуществлялись, в первую очередь, на основе критериев сохранности ядерных материалов и безопасности, присущих 50-70 годам прошлого века. Как правило, на нескольких площадках, относящихся к отдельным заводам, производствам или крупным цехам осуществлялось самостоятельное обращение РАО и эксплуатация ПХРО. Так на территории ряда крупных предприятий: АО «СХК», ФГУП ФЯО «Горно-химический комбинат», ФГУП «ПО «Маяк» и др. размещено большое количество ПХРО. Часть из них представлена однотипными ПХРО, расположенными на одной площадке предприятия, которые в рамках первичной регистрации планировалось отнести к особым РАО.

Согласно [6] решение об отнесении объекта к ПХРО и определение его состава и границ принимается самой организацией, в чьем ведении и хозяйственном управлении находится ПХРО. При проведении первичной регистрации РАО организациям требовалось представить комиссиям пакет документов на каждый ПХРО, в ряде случаев организациям было принято решение о группировке объектов по общим признакам:

- Типовой проект (единообразие проекта);
- Место размещение (единые условия миграции радионуклидов);
- Схожий радионуклидный и морфологический состав РАО;
- Уже разработанный общий проект консервации;
- Сложившаяся в результате прошлой деятельности единая организация и административное управление объектами.

Группировка пунктов хранения позволила обоснованно распространить существующие оценки безопасности, расчёты миграции радионуклидов, сценариев обращения с РАО и т.д. на каждый объект группы. В ряде случаев, группировка объектов позволила избежать необоснованных затрат, например, в случае, если на общей территории расположены могильники, содержащие разные объёмы РАО. Характерным примером являются могильники ФГУП «ПО «Маяк»: На единой территории радиохимического производства размещено 87 могильников накопленных РАО, для которых действует общая эксплуатационная документация. Часть пунктов хранения содержит малый объём РАО. Если бы обоснования были подготовлены на каждый могильник в отдельности, часть РАО не соответствовала бы критериям отнесения РАО к особым РАО, утвержденным ПП №1069, т.к. содержит малые объёмы РАО (менее 1000 м<sup>3</sup>). При этом, в непосредственной близости от них размещены могильники, которые полностью соответствуют указанным критериям. В данном случае извлечение малого объёма РАО, при условии оставления на месте остальных РАО, нецелесообразно и нелогично, т.к. приводит к чрезмерному повышению затрат и рисков.

В сходных ситуациях целесообразно было готовить единое обоснование по отнесению РАО к особым РАО для группы ПХРО и впоследствии разрабатывать единый проект консервации ПХРО и проводить работы сразу на всех объектах.

## 4.2 Период потенциальной опасности РАО

Период потенциальной опасности РАО в [5,7] определен как срок, в течение которого уровни радиоактивности РАО снижаются до показателей, при которых не требуется радиационный контроль.

Наиболее консервативная оценка периода потенциальной опасности ТРО исходит из критериев ПП № 1069 [1], устанавливающих границу РАО в форме предельных значений удельной активности радионуклидов (*ПЗУА*), ниже которой РАО принципиально перестают быть таковыми. Для смеси радионуклидов период потенциальной опасности  $T$  — это срок, по истечении которого сумма отношений максимальных удельных активностей радионуклидов ( $УА_i(T)$ ) в отходах к их предельным значениям (*ПЗУА<sub>i</sub>*) не превышает 1, т.е.:

$$\sum_i \frac{УА_i(T)}{ПЗУА_i} \leq 1. \quad (4.1)$$

Этот консервативный подход первоначально предлагалось использовать как для короткоживущих радионуклидов (включая цезий-137), так и долгоживущих радионуклидов, включая примордиальные радионуклиды, к которым относятся уран-235, торий-232 и уран-238. Однако его практическое использование в эксплуатирующих организациях, где накопленные в хвостохранилищах или могильниках ТРО содержали природные радионуклиды, приводило к абсурдному выводу: ОНРАО (согласно ОСПОРБ-99/2010 [8]), относящиеся к 6 классу для удаляемых РАО, сохраняют свою потенциальную опасность миллионы лет, и в течение этого периода должны находиться под радиационным контролем. Причину следует искать в чрезмерно завышенных требованиях российских норм и правил в отношении дозового квотирования по сравнению с международными стандартами.

Концепция дозового квотирования, использованная в НРБ-99/2009 [9] для условий нормальной эксплуатации техногенных источников излучения (в современной терминологии — для ситуаций планируемого облучения), расширена в ОСПОРБ-99/2010 [8] и СПОРО-2002 [10] на природные источники и техногенно измененный естественный радиационный фон применительно к РАО. МКРЗ рекомендует ограничение облучения от природных источников относить к ситуации существующего облучения. В отношении РАО, содержащих природные радионуклиды, предложено использовать в качестве критерия отнесения к РАО повышенные уровни удельной активности, характерные, например, для урановых месторождений.

Следует также учитывать, что сценарии облучения, принятые для обоснования уровней изъятия в документах МАГАТЭ [11, 12] (соответственно МЗУА в НРБ-99/2009), исходили из наиболее неблагоприятных условий внешнего и внутреннего облучения от источников ограниченной массы (около тонны). Из совокупности оценок удельной активности радионуклидов, приводящих к годовой дозе 10 мкЗв, были выбраны наиболее низкие значения удельной активности, которые и были зафиксированы в форме уровней изъятия. Теперь значения МЗУА без изменений перенесены на РАО, в ПП № 1069 переименованы в ПЗУА без учета влияния природных и инженерных барьеров безопасности на снижение доз облучения населения в сравнении с постулированными консервативными сценариями облучения.

Для типового сценария эволюции системы захоронения РАО определяющим является удельная активность радионуклидов в источниках водоснабжения вблизи ПХРО в воде и ее сравнение с уровнем вмешательства УВ (Приложение 2а НРБ-99/2009). Для смеси нескольких природных и техногенных радионуклидов в воде никакие мероприятия по снижению радиоактивности в питьевой воде не требуются при условии:

$$\sum_i \frac{A_i}{УВ_i} \leq 1. \quad (4.2)$$

Таким путем может быть очерчен ареал распространения радионуклидов, соответствующий ожидаемой эффективной дозе за счет потребления населением питьевой воды, равный 0,1 мЗв/год, но не 0,01 мЗв/год, как это установлено в ОСПОРБ-99/2010 для этапа после захоронения РАО. Это расхождение критериев радиационной безопасности населения может оказаться существенным при расчете размеров СЗЗ и проверке соблюдения природоохранного критерия в) ПП № 1069

Для разрешения коллизии, связанной с соблюдением дозовых ограничений [9] и с безусловным освобождением от радиационного контроля и учета источников [8] требуется рассматривать основные сценарии эволюции системы захоронения РАО в месте их нахождения, как «... *последовательностей связанных между собой событий, явлений и факторов природного и техногенного происхождения и физико-химических процессов, определяющих эволюцию системы захоронения РАО, миграцию радионуклидов в окружающую среду и уровни облучения человека* [7]».

В ст. 17 № 190-ФЗ четко разграничиваются понятия обычного радиационного контроля (до закрытия ПЗРО) и периодического радиационного контроля после его закрытия. После закрытия ПЗРО периодический радиационный контроль предназначен для долгосрочного мониторинга миграции радионуклидов и не предполагает корректирующих действий, т.е. дополнительных затрат на радиационную безопасность. При этом собственно периодический радиационный контроль также в качестве такого корректирующего действия не рассматривается. Более того, № 190-ФЗ (статья 13, п. 5) указывается, что: «*После закрытия пункта захоронения РАО и истечения периода потенциальной опасности размещенных в нем РАО орган государственного управления в области обращения с радиоактивными отходами по согласованию с органами государственного регулирования безопасности принимает решения о прекращении периодического радиационного контроля на территории размещения такого пункта захоронения и о внесении соответствующих изменений в кадастр пунктов хранения РАО*» [7].

Кроме этого, требования и порядок проведения периодического радиационного контроля, согласно ст. 13 устанавливаются органом государственного управления в области обращения с радиоактивными отходами по согласованию с органами государственного регулирования безопасности.

Выработка требований к организации периодического радиационного контроля и условия его отмены определяется следующими долговременными процессами и явлениями:

- радиоактивным распадом;
- деградацией барьеров безопасности;
- снижением концентраций радионуклидов вследствие их выноса за пределы защитных барьеров.

Можно предположить, что периодический радиационный контроль будет проводиться в нескольких ключевых точках, характеризующих миграцию радионуклидов, с выполнением пробоотбора и контрольных замеров с увеличивающейся скважностью 10 лет, потом 50 лет, затем 100 и более лет, а также проектом перевода объекта в ПЗРО будет обосновано завершение периода потенциальной опасности.

ПЗРО в основном располагаются в стандартных для приповерхностных отложений геологических условиях, как правило, представленных песчано-глинистыми отложениями, которые соответствуют супесям или суглинкам. Выполненные для данных условий расчеты показали, что в первые 1000 лет после консервации (что принципиально возможно) можно предсказать, будет ли ПЗРО безопасным в будущем, и, в случае необходимости, провести соответствующие мероприятия [3].

Проведенные оценки [3] вкпе с распределением финансовых затрат во времени позволили предложить для долгоживущих техногенных радионуклидов применение в целях обоснования отнесения РАО к особым РАО взамен консервативной оценки периода потенциальной опасности (формула 4.1) ограничиться «расчетным периодом» — 1000 лет.

*Для РАО, содержащих природные (примордиальные) радионуклиды*, к которым относятся  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$ , предложено в качестве периода потенциальной опасности рассматривать «расчетный период» — 300 лет, так как согласно НРБ-99/2009 система ограничений природного излучения отличается от ограничения техногенного облучения (разделы 1.4, 3.1 НРБ-99/2009). Следует отметить, что уровень удельной активности для отнесения отходов к РАО по урану-238 (10 Бк/г) существенно ниже или сопоставим с его концентрациями в недрах урановых месторождений. Содержание природного урана-238 в месторождениях достигает нескольких процентов, а в ряде случаев и десятков процентов, то есть значений более 100 Бк/г. Реально концентрация урана-238 в пунктах консервации на территории Российской Федерации не превышает 1/10 концентраций в лучших урановых месторождениях мира.

Международные рекомендации в этом отношении, предлагая использовать в качестве критерия отнесения к РАО повышенные уровни удельной активности, характерные, например, для урановых месторождений, исходят из следующей логики:

- отходы, содержащие уран, не предполагаются для использования, и после консервации ПХРО практически не мигрируют за пределы барьеров;
- на территориях с повышенным радиационным фоном за счет пород, содержащих повышенные концентрации природных радионуклидов, природное облучение исключается из системы радиационной защиты, так как на него практически невозможно влиять;
- если по результатам многолетнего мониторинга после консервации ПХРО будет доказано, что установленные гигиенические нормативы в отношении радионуклидов, входящих в естественные ряды урана-238, тория-232 и урана-235, соблюдаются, то это будет служить доказательством завершения периода потенциальной опасности;
- на период 300 лет возможно относительно надежное прогнозирование эрозии покрывающих слоев пункта консервации.

#### **4.3 Принципиальная возможность захоронения РАО в месте нахождения**

При оценке целесообразности отнесения РАО к особым принимались во внимание объемы и характеристики накопленных РАО, период их потенциальной опасности (оцененный по формуле (4.1)), перспективы развития площадки их размещения, условия размещения РАО, в том числе характеристики имеющихся барьеров безопасности и возможность сооружения дополнительных барьеров безопасности.

Кроме этого, надежная изоляция РАО на весь срок потенциальной опасности зависит от геолого-гидрогеологических условий площадки и других характеристик района размещения ПХРО.

В настоящее время для вновь сооружаемых ПЗРО требования безопасности, в том числе при выборе площадки и обосновании барьеров безопасности, установлены ФНП [7]. С учетом того факта, что ПХРО сооружались, в основном, на промышленных площадках объектов использования атомной энергии, тектонические, сейсмические, геолого-гидрогеологические, инженерно-геологические, гидрографические, геоморфологические и климатические условия размещения объектов были известны. Выбор площадки размещения ПХРО проводился с учетом действовавших в момент проведения работ регулирующих требований. В ряде случаев, объекты размещения накопленных РАО не соответствуют современным ограничениям. Например, могут размещаться «на территориях, в пределах которых размещение ПЗРО запрещено законодательством, в том числе природоохранным» [7], что связано с установлением статуса территорий уже после строительства ПХРО.

Оценка воздействия размещенных РАО на человека и окружающую среду с учетом условий размещения ПХРО в рамках первичной регистрации выполнялась путем проведения прогнозных расчетов на основе общепринятых моделей или с помощью аттестованных программных средств.

В случае если ореол распространения радионуклидов выходил за пределы санитарно-защитной зоны до окончания периода потенциальной опасности РАО (для проведения консервативной оценки период потенциальной опасности должен оцениваться по формуле (4.1)), то проводились консервативные оценки дозы облучения при нормальном режиме жизнедеятельности населения. Если оцененные индивидуальные годовые дозы облучения населения превышали 10 мкЗв/год, проводилась оценка возможности создания дополнительных барьеров безопасности, которые позволили в дальнейшем перевести рассматриваемый объект в пункт захоронения РАО.

Обоснования включали и краткое доказательство возможности захоронения РАО в месте их нахождения с учетом таких характеристик РАО, размещенных в ПХРО, как:

- тепловыделение;
- газообразование;
- содержание веществ, образующих комплексные соединения;
- содержание взрывоопасных и самовозгорающихся веществ;
- содержание веществ, реагирующих с водой с выделением теплоты и образованием горючих газов;
- содержание ядовитых веществ, химически токсичных веществ, патогенных и инфекционных материалов;
- наличие делящихся материалов, возможность СЦР;
- и др.

Ограничительные регулирующие требования к указанным характеристикам рассматривались как критерии приемлемости РАО для захоронения в месте нахождения, предотвращающие возможные негативные последствия.

В случае наличия такого рода «проблемных» факторов, доказывалась возможность создания дополнительных средств по поддержанию ПХРО в безопасном состоянии [13].

В соответствии с разработанным Пособием, только после оценки принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения, т.е. обоснования, что за весь период потенциальной опасности накопленных РАО после перевода объекта в пункт захоронения максимальная годовая индивидуальная доза населения не превысит 10 мкЗв/год, а также обоснования возможности перевода объекта в пункт захоронения с учетом нерадиационных характеристик отходов, возможно перейти к обоснованию соответствия РАО критериальным параметрам, установленным ПП №1069.

#### **4.4 Сценарии обращения с РАО**

Оценки критериальных параметров коллективных эффективных доз облучения, рисков потенциального облучения и затрат для сравнения вариантов захоронения проводились путем суммирования их составляющих для основных этапов обращения с РАО. Более мелкое дробление на технологические операции в рамках отдельного этапа для задачи обоснования отнесения РАО к особым согласно Пособию не требовалось. При разработке крупноблочных альтернативных сценариев рекомендовалось отразить особенности обращения с РАО с учетом фактического состояния барьеров безопасности, матрицы РАО в ПХРО с учетом локальных гидрогеологических условий (рисунок 4.1).

Сценарий захоронения РАО в месте их нахождения должен был содержать основные этапы работ по переводу ПХРО в пункт захоронения РАО. Возможные варианты текущего состояния ПХРО:

- в эксплуатации;
- закрыт, есть намерения провести консервацию;
- разработан проект консервации, в состоянии получения лицензии на проведение работ;
- ведутся работы по консервации;
- законсервирован в соответствии с проектом.

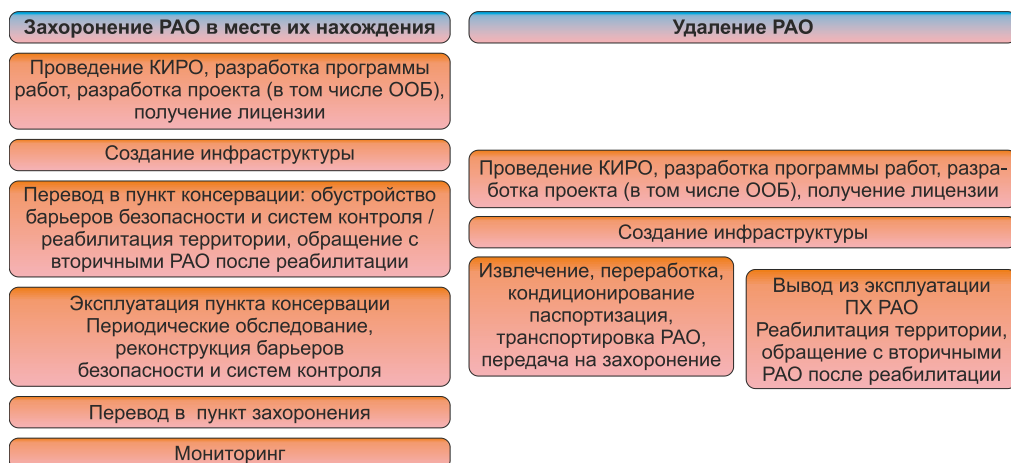


Рисунок 4.1 — Основные этапы работ по двум сценариям обращения с РАО

В зависимости от текущего состояния ПХРО определяются основные этапы его «жизненного цикла» до окончания периода потенциальной опасности РАО (для содержащих короткоживущие РН) или расчетного периода.

Базовый перечень работ для описания сценария захоронения РАО в месте их нахождения включал несколько этапов, которые могут отличаться для разных типов пунктов хранения:

**Этап 1 (от 1 до 3 лет):** проведение комплексного инженерного и радиационного обследования (КИРО), разработка программы работ по консервации ПХРО, разработка проекта работ по консервации ПХРО, в том числе отчета по обоснованию безопасности, получение лицензии;

**Этап 2 (от 1 до 3 лет):** проведение подготовительных мероприятий (создание инфраструктуры и т. д.);

**Этап 3 (от 1 до 5 лет):** проведение работ по консервации ПХРО (создание барьеров безопасности и систем контроля, реабилитация территории, обращение с РАО, образовавшимися в результате работ по реабилитации территории);

**Этап 4** (зависит от срока эксплуатации барьеров безопасности): эксплуатация пункта консервации особых РАО (мониторинг ПК РАО);

**Этап 5, этап 6, ... этап n** (количество этапов зависит от срока распада легкомигрирующих радионуклидов, срока эксплуатации барьеров безопасности расчетного периода потенциально опасности и др.): работы по реконструкции барьеров безопасности, эксплуатации пункта консервации особых РАО;

**Этап n+1 (справочное: от 1 до 3 лет):** перевод пункта консервации в пункт захоронения РАО (возможно, потребуется проведение дополнительных обследований и реконструкция барьеров безопасности и систем контроля, подготовка документов).

**Конечное состояние объекта** — ПЗРО, соответствующий ФНП в области обращения с РАО.

Существующие неопределенности при выборе технологии извлечения и переработки РАО в рамках сценария удаления РАО не стали препятствием для подготовки обосновывающих материалов. Сценарии удаления РАО содержали основные работы, которые, по мнению организации, должны были быть выполнены для передачи накопленных РАО на захоронение.

Базовый перечень работ для описания сценария удаления РАО включал несколько этапов, которые могли существенно отличаться для разных типов пунктов хранения:

**Этап 1 (от 1 до 3 лет):** проведение КИРО, разработка программы работ, разработка проекта работ, в том числе отчета по обоснованию безопасности, получение лицензии;

**Этап 2** (от 1 до 3 лет): проведение подготовительных мероприятий (создание инфраструктуры, закупка необходимого оборудования, контейнеров и т. д.);

**Этап 3** (зависит от объема РАО, мощностей установок по переработке, кондиционированию, паспортизации, транспортировке РАО): проведение работ по извлечению РАО из пункта хранения (вскрытие барьеров безопасности, извлечение РАО, первичная сортировка и др.), в том числе загрязненных до уровней отнесения к РАО конструкций пункта хранения и грунтов; переработка, кондиционирование, паспортизация РАО; транспортировка РАО к централизованному ПЗРО для передачи национальному оператору на захоронение;

**Этап 4** (от 1 до 3 лет): вывод из эксплуатации ПХРО, после удаления РАО, реабилитация территории.

**Конечное состояние объекта** — в зависимости от места расположения и критериев реабилитации — «зеленая лужайка» или «коричневая лужайка», РАО извлечены, переработаны и размещены в централизованном пункте захоронения РАО. В ряде случаев, целесообразно рассмотрение варианта создания пункта захоронения на территории организации (например, для ОНРАО).

Данный перечень является базовым и менялся в зависимости от выбранного варианта проведения работ по удалению отходов. Например, для ОНРАО был исключен этап переработки и кондиционирования.

## 4.5 Коллективные эффективные дозы

В общем случае коллективная эффективная доза персонала (населения) за период потенциальной опасности,  $S(T)$ , определялась как сумма коллективных доз внешнего и внутреннего облучения на  $i$ -этапах обращения с РАО:

$$S(T) = \sum_{i=1}^n (S_{i,\text{внеш}} + S_{i,\text{внут}}), \quad (4.3)$$

где  $S_{i,\text{внеш}}$  — коллективная эффективная доза при внешнем облучении, чел-Зв;

$S_{i,\text{внут}}$  — коллективная эффективная доза, ожидаемая при внутреннем облучении, чел-Зв.

Общий подход и допущения при расчете коллективной эффективной дозы за весь период потенциальной опасности РАО (или расчетный период) включали следующее:

а) Коллективные эффективные дозы облучения персонала и коллективные эффективные дозы облучения населения рассчитывались отдельно.

в) Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения, проводилась для всех работ, на которых формируется доза персонала, согласно сценарию захоронения РАО в месте их нахождения;

в) Для обоснования отнесения РАО к особым РАО было достаточно, чтобы коллективная эффективная доза облучения персонала, оцененная для ряда работ, предусмотренных сценарием удаления РАО, достоверно превышала полученную оценку коллективной эффективной дозы облучения персонала, связанную с захоронением РАО в месте их нахождения.

г) Оценка и сравнение коллективных эффективных доз облучения населения, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения и удалением РАО, не проводится, если в течение всего периода потенциальной опасности в режиме нормального обращения с РАО средняя годовая индивидуальная эффективная доза облучения населения не превышает 10 мкЗв [8]. Основанием для такого вывода служили проектные материалы, отчеты по обоснованию безопасности и другие научно-технические документы, а также проведенные для обоснования принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения оценки миграции. В этом случае индивидуальный пожизненный риск не превышает уровня пренебрежимо малого риска  $10^{-6}$  [9].

д) Для проведения оценки коллективной эффективной дозы облучения персонала использовались:

- технологические данные и результаты оценки индивидуальных доз персонала, содержащиеся в проектах консервации (при их наличии);
- регламенты проведения аналогичных работ на данном объекте, данные КИРО и результаты ИДК персонала группы А, задействованного в этих работах;
- данные и результаты, полученные на других ПХРО при выполнении аналогичных работ.

е) В целях убедительного доказательства безопасности при отнесении РАО к особым РАО рекомендовалось проводить консервативную (завышенную) оценку дозы облучения для сценария захоронения РАО в месте их нахождения путем использования верхних оценок трудозатрат при выполнении отдельных операций и радиационной обстановки на рабочих местах.

ж) Принималось, что на любом этапе обращения с РАО соблюдение установленных дозовых ограничений для персонала достигается на основе эксплуатационных требований, а не путем сменности персонала. Это условие отвечает принципу оптимизации радиационной защиты (принципу ALARA) и соответствует положению МАГАТЭ: «Численность необходимого персонала следует определять только на основе эксплуатационных требований, и ее не следует увеличивать с тем, чтобы обеспечить соблюдение установленных пределов облучения».

#### 4.5.1 Оценка коллективной эффективной дозы облучения, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения

Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения, проводилась согласно разработанному сценарию захоронения РАО в месте их нахождения. Перед проведением оценки коллективной эффективной дозы облучения персонала, специалистами организаций заполнялась таблица, содержащая исходные данные для проведения оценки коллективной эффективной дозы облучения, ниже приведен вариант таблицы (таблица 4.1). В таблицу заносятся имеющиеся в наличии данные для рассматриваемого ПХРО.

В случае если разработан проект консервации ПХРО, рекомендовалось использовать данные проекта (ожидаемые индивидуальные дозы, численность персонала, трудозатраты на проведение отдельных работ, мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) в местах проведения работ и т. д.), с указанием соответствующего раздела проекта консервации. В случае если проект консервации ПХРО не разработан, то рекомендовалось проводить оценки дозозатрат, основываясь на разработанном сценарии проведения работ по захоронению РАО в месте их нахождения, опыте предприятия по ведению работ на территории пункта хранения, и при проведении аналогичных работ на объектах предприятия.

Для последующих этапов работ, в том числе по реконструкции барьеров безопасности, переводу в пункт захоронения подход к проведению оценок дозозатрат персонала представлен ниже.

*Таблица 4.1 — Исходные данные, используемые при проведении оценки коллективной эффективной дозы персонала при проведении работ по захоронению РАО в месте их нахождения*

| № этапа, параметра | Наличие в документации данных по:                            | Разм.        | Об.   | Вел. | Комментарии                                   |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|-------|------|-----------------------------------------------|
| 1                  | Данные для оценки дозозатрат при проведении работ по этапу I |              |       |      |                                               |
| 1.1.               | Площадь территории, на которой требуется провести КИРО       | $m^2$        | П     |      |                                               |
| 1.2.               | Средняя МАЭД на территории проведения КИРО                   | $mЗв/ч$      | Р     |      |                                               |
| 1.3.               | Трудозатраты на I-м этапе работ                              | $чел.-ч$     | $T_1$ |      |                                               |
| 1.4.               | Плотность потока радона                                      | $Бк/(m^2 c)$ | Р     |      | Заполняется только для радоноопасных объектов |

|            |                                                                                                                                                                             |           |              |  |                                                                                                  |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.6.       | Объемная активность радона в воздухе на территории проведения работ                                                                                                         | $Bк/м^3$  | $q_{Rn}$     |  | Используется только для потенциально радоно-опасных объектов. Среднее значение измерений радона. |
| 2, 3       | <i>Данные для оценки дозозатрат при проведении работ по этапам 2,3</i>                                                                                                      |           |              |  |                                                                                                  |
| 2.1, 3.1   | Трудозатраты на j-м этапе работ                                                                                                                                             | чел.-ч    | $T_j$        |  |                                                                                                  |
| 2.2, 3.2   | Трудозатраты на j-м этапе работ (согласно сценарию) в условиях интенсивного пылеобразования                                                                                 | чел.-ч    | $T_j'$       |  | Заполняется только для ситуаций, в которых невозможно предотвращение ингаляционного поступления  |
| 2.3, 3.3   | МАЭД в месте проведения j-го этапа работ                                                                                                                                    | мЗв/ч     | $P_j$        |  |                                                                                                  |
| 2.4, 3.4   | Планируемые дозозатраты на j-м этапе работ                                                                                                                                  | чел.-Зв   | $S_j$        |  | Ожидаемая коллективная доза облучения, согласно проекту консервации                              |
| 2.5, 3.5   | Объемная активность в воздухе k-го радионуклида в месте проведения j-го этапа работ                                                                                         | $Bк/м^3$  | $q_{kj}$     |  | $k=1,2...t$                                                                                      |
| 2.6., 3.6. | Коэффициент эффективности средства индивидуальной защиты                                                                                                                    | $б/р$     | $z$          |  | Паспорт СИЗ                                                                                      |
| 4, n+2     | <i>Данные для оценки дозозатрат при проведении работ по этапам 4</i>                                                                                                        |           |              |  |                                                                                                  |
| 4.1.       | Средняя годовая индивидуальная доза внешнего и внутреннего облучения персонала, задействованного при проведении работ по радиационному контролю на объекте, по данным ЕСКИД | мЗв/год   | $E_d$        |  | Форма № 1-ДОЗ. Данные усреднены за последние 5 лет.                                              |
| 4.2.       | Численность персонала, выполняющего радиационный контроль на объекте                                                                                                        | чел/год   | $T_d$        |  |                                                                                                  |
| 5, n+1     | <i>Данные для оценки дозозатрат при проведении работ по этапам 5...n+1</i>                                                                                                  |           |              |  |                                                                                                  |
| 5.1        | Общая активность РАО                                                                                                                                                        | $Bк$      | $A$          |  | Раздельно по бета- альфа-излучающим радионуклидам                                                |
| 5.2        | Активность k-го радионуклида в РАО                                                                                                                                          | $Bк$      | $A_k$        |  |                                                                                                  |
| 5.3        | Удельная активность радионуклидов в РАО                                                                                                                                     | $кБк/кг$  | $q_m$        |  | Раздельно по бета- альфа-излучающим радионуклидам                                                |
| 5.4        | Удельная активность k-го радионуклида в РАО                                                                                                                                 | $кБк/кг$  | $q_{mk}$     |  |                                                                                                  |
| 5.5        | Объем РАО                                                                                                                                                                   | $м^3$     | $V$          |  |                                                                                                  |
| 5.6        | Плотность РАО                                                                                                                                                               | $кг/ м^3$ | $\rho_{рао}$ |  |                                                                                                  |
| 5.7        | Плотность защитного покрытия                                                                                                                                                | $кг/ м^3$ | $\rho_б$     |  |                                                                                                  |
| 5.8        | Толщина защитного покрытия                                                                                                                                                  | $м$       | $d$          |  |                                                                                                  |

По результатам проведенных оценок коллективных эффективных доз облучения специалистами организаций заполнялась таблица 4.2, содержащая результаты для каждого этапа обращения с РАО. Как сказано выше, средняя годовая индивидуальная эффективная доза облучения населения гарантированно должна быть ниже 100 мкЗв до перевода в ПЗРО и ниже 10 мкЗв в течение всего периода потенциальной опасности РАО в штатном режиме эксплуатации ПЗРО.

*Таблица 4.2 – Результаты оценки коллективной эффективной дозы облучения, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения*

| Этап                                                                                               | Наименование этапа                                             | Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, чел.·Зв | Оценка коллективной эффективной дозы облучения населения, чел.·Зв |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Этап 1                                                                                             | Проведение КИРО                                                |                                                                   | -                                                                 |
| Этап 2                                                                                             | Проведение подготовительных мероприятий.                       |                                                                   |                                                                   |
| Этап 3                                                                                             | Проведение работ по консервации ПХ                             |                                                                   |                                                                   |
| Этап 4                                                                                             | Эксплуатация пункта консервации особых РАО (мониторинг ПК РАО) |                                                                   | -                                                                 |
| Этапы 5...n                                                                                        | Работы по реконструкции барьеров безопасности                  |                                                                   | -                                                                 |
| Этап n+1                                                                                           | Перевод пункта консервации в пункт захоронения РАО             |                                                                   | -                                                                 |
| Оценка коллективной эффективной дозы облучения, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения |                                                                |                                                                   |                                                                   |

### ***Коллективная эффективная доза облучения персонала***

#### **Этап 1. Проведение КИРО**

В случае если сценарий захоронения РАО в месте их нахождения предусматривал работы по проведению КИРО, проводилась оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала в два шага:

Шаг 1. Оценка общих трудозатрат на проведение КИРО:

$$T_1 = T_{рг} + T_{ппр} + T_{рао} + T_{инж}, \quad (4.4)$$

где  $T_{рг}$  — трудозатраты на радиационную гамма-съемку с целью составления картограмм МАЭД, чел.-ч:

до 12 чел.-ч при площади П, данные таблицы 4.1, менее  $10^4$  м<sup>2</sup>;  
 $6 \cdot 10^{-4} \cdot П$  чел.-ч при площади П от  $10^4$  до  $5 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup>;  
 $3 \cdot 10^{-4} \cdot П$  чел.-ч при площади П свыше  $5 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup> [14];

$T_{ппр}$  — трудозатраты на измерения плотности потока радона (ППР) и объемной активности радона, чел.-ч.

Измерения проводятся только в случае потенциальной радоноопасности в месте нахождения РАО, содержащих альфа-излучающие радионуклиды (плотность потока радона,  $R$ , свыше  $1,0$  Бк/(м<sup>2</sup>·с)). В пределах площади пункта хранения рекомендуется проводить измерения  $R$  и объемной активности радона,  $q_{Rn}$ , в контрольных точках: 15 точек на  $10^4$  м<sup>2</sup> при П до  $5 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup> и 10 точек на  $10^4$  м<sup>2</sup> при П свыше  $5 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup> [14]. При ориентировочной длительности измерений в 1 контрольной точке 1 ч, трудозатраты,  $T_{ппр}$ , составят:  
до 1,5 чел.-ч при площади П менее  $10^4$  м<sup>2</sup>;

1,5·10<sup>-3</sup> П чел.-ч при площади П от 10<sup>4</sup> до 5·10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>;  
1,0·10<sup>-3</sup> П чел.-ч при площади П свыше 5·10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>.

$T_{рао}$  — трудозатраты на проведение геофизических исследований, дозиметрических и спектрометрических измерений с целью оценки объемов накопленных РАО, их удельной и суммарной активности, радионуклидного и химического состава, агрегатного состояния: 2,0 10<sup>-3</sup> П чел.-ч.

$T_{инж}$  — трудозатраты на проведение инженерного обследования, включающего инструментальную оценку технического состояния зданий и сооружений на момент проведения КИРО и технического состояния физических барьеров: 1,0 10<sup>-3</sup> П чел.-ч.

Таблица 4.3 — Консервативная оценка общих трудозатрат при проведении КИРО ( $T_1$ ), чел. -ч

| Площадь территории, П, м <sup>2</sup>                                | до 10 000 м <sup>2</sup> | от 10 000 м <sup>2</sup> до 50 000 м <sup>2</sup> | свыше 50 000 м <sup>2</sup> |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Условия</b>                                                       |                          |                                                   |                             |
| Без измерений радона                                                 | 42                       | 3,6·10 <sup>-3</sup> ·П                           | 3,3·10 <sup>-3</sup> ·П     |
| С измерением радона (только для потенциально радоноопасных объектов) | 57                       | 5,1·10 <sup>-3</sup> ·П                           | 4,3·10 <sup>-3</sup> ·П     |

Таким образом, в наиболее простом случае при площади менее 10000 кв. метров и отсутствии необходимости измерений радона получается величина  $T_1=42$  чел.-часов. При наличии оснований эта оценка может быть скорректирована.

Шаг 2. Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала при проведении КИРО по формуле (второе слагаемое рассчитывается только в случае потенциальной радоноопасности ПХРО):

$$S_1=10^{-3} \cdot P \cdot T_1 + \varepsilon_{Rn} \cdot q_{Rn} \cdot F \cdot V_{перс} \cdot T_1, \quad (4.5)$$

где  $P$  — средняя МАЭД на территории проведения КИРО, данные таблицы 4.1, мЗв/ч;  
 $\varepsilon_{Rn}$  — дозовый коэффициент на единицу ингаляционного поступления эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА), 0,7·10<sup>-8</sup> Зв/Бк;

$q_{Rn}$  — среднее значение измеренной объемной активности радона в воздухе, Бк/м<sup>3</sup>;

$F$  — фактор сдвига равновесия между радоном и ДПР, оценивается по результатам совместных измерений объемной активности радона и дочерних продуктов распада радона в контрольных точках. При отсутствии таких результатов принимается равным 0,4 [15];

$V_{перс.}$  — стандартная скорость легочного обмена для персонала, 1,4 м<sup>3</sup>/ч.

#### Этап 2, этап 3. Проведение подготовительных мероприятий, проведение работ по консервации пункта размещения РАО

При отсутствии проекта консервации возможны три основных варианта радиационных условий в месте проведения работ:

1) МАЭД не превышает 3·10<sup>-4</sup> мЗв/ч за вычетом природного фона в месте нахождения РАО [8], и объемные активности радионуклидов в воздухе рабочей зоны не превышают уровней для населения, установленных НРБ-99/2009 (приложение 2, колонка 7). В соответствующей строке таблицы 4.2 указывался «0».

2) МАЭД превышает 3·10<sup>-4</sup> мЗв/ч за вычетом природного фона в месте нахождения РАО, и объемные активности радионуклидов в воздухе рабочей зоны не превышают уровней для населения, установленных НРБ-99/2009 (приложение 2, колонка 7). Коллективная эффективная доза внешнего облучения персонала оценивалась по формуле:

$$S_2=10^{-3} \Sigma (P_j \cdot T_j). \quad (4.6)$$

3) МАЭД превышает  $3 \cdot 10^{-4}$  мЗв/ч за вычетом природного фона в месте нахождения РАО, и объемные активности радионуклидов в воздухе рабочей зоны превышают уровней для населения, установленных НРБ-99/2009 (приложение 2, колонка 7). Коллективная эффективная доза внешнего облучения персонала оценивалась по формуле:

$$S_2 = \sum \sum (10^{-3} P_j \cdot T_j + \varepsilon_k \cdot q_k \cdot V_{перс} \cdot (1-z) \cdot T_j'), \quad (4.7)$$

где  $\varepsilon_k$  — дозовый коэффициент для  $k$ -го радионуклида на единицу ингаляционного поступления (Приложение 1, НРБ-99/2009 [9] — четвертый столбец), Зв/Бк;

$q_k$  — среднее значение измеренной объемной активности  $k$ -го радионуклида в воздухе, Бк/м<sup>3</sup>;

$V_{перс}$  — стандартная скорость легочного обмена для персонала, 1,4 м<sup>3</sup>/ч;

$z$  — коэффициент эффективности средства индивидуальной защиты (берется из паспорта СИЗ) таблица 4.1;

$T_j'$  — трудозатраты на  $j$ -м этапе работ в условиях интенсивного пылеобразования, чел.ч., таблица 4.1.

#### **Этап 4 Эксплуатация пункта консервации особых РАО (мониторинг ПК РАО и проведение работ по радиационному контролю)**

При уровне МАЭД менее  $3 \cdot 10^{-4}$  мЗв/ч за вычетом природного фона в месте нахождения пункта консервации РАО и соблюдении требований раздела 5.3 НРБ-99/2009 «Ограничение природного облучения» в строках, соответствующих этапу 4 таблицы 4.2 указывается «0».

При уровне МАЭД более  $3 \cdot 10^{-4}$  мЗв/ч за вычетом природного фона в месте нахождения пункта консервации РАО для проведения оценки дозозатрат персонала при проведении радиационного контроля на данном объекте, либо на схожем объекте следует использовать данные индивидуального дозиметрического контроля персонала (ЕСКИД, форма № 1-ДОЗ), задействованного при проведении аналогичных работ на данном объекте или на аналогичном объекте. Коллективная доза персонала ( $S_4$ , чел.-Зв) при проведении работ по радиационному контролю:

$$S_4 = 10^{-3} \cdot E_d \cdot T_d \cdot N, \quad (4.8)$$

где  $E_d$  — средняя годовая индивидуальная доза внешнего и внутреннего облучения персонала, задействованного при проведении работ по радиационному контролю на объекте, по данным ЕСКИД (таблица 4.1), мЗв/год;

$T_d$  — численность персонала, выполняющего радиационный контроль на объекте (таблица 4.1), чел. · год;

$N$  — расчетный период или период потенциальной опасности, лет.

#### **Этап 5, этап 6, ... этап $n$ . Реконструкция барьеров безопасности, эксплуатации пункта консервации особых РАО. Этап $n+1$ . Перевод пункта консервации в пункт захоронения РАО**

При проведении работ по реконструкции барьеров безопасности и работ по переводу пункта консервации в пункт захоронения РАО использовалась оценка коллективной дозы облучения персонала, рассчитанная для этапа консервации ПХРО (этап 2 и этап 3) с поправкой на радиоактивный распад РАО к моменту реконструкции барьеров безопасности, а также с учетом допущения, что при проведении работ по переводу пункта консервации в пункт захоронения РАО трудозатраты составят 0,3 от трудозатрат при проведении работ по этапу 3.

#### **4.5.2 Оценка коллективной эффективной дозы облучения, связанной с удалением РАО**

При проведении оценки коллективной эффективной дозы облучения, связанной с удалением РАО, экспертами организации, формировалась и заполнялась таблица, содер-

жающая результаты оценок для отдельных этапов работ, предусмотренных сценарием (таблица 4.4). Сначала в таблицу 4.4 вносились результаты оценки коллективной эффективной дозы облучения, полученные для аналогичных этапов работ, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения.

При проведении оценки коллективной эффективной дозы облучения персонала не требовалась чрезмерная детализация работ, рассматривались несколько наиболее дозозатратных операций:

- извлечение РАО из пункта хранения;
- переработка РАО;
- кондиционирование РАО;
- паспортизация упаковок;
- транспортировка РАО к пункту захоронения РАО.

Оценка коллективной эффективной дозы облучения проводилась поэтапно и прекращалась, как только полученная величина превышала оценку коллективной эффективной дозы облучения, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения (таблица 4.2). Для большинства ПХРО не было необходимости выполнять полную оценку коллективной эффективной дозы облучения, связанной с удалением РАО, следовательно, таблица 4.4 не заполнялась полностью.

*Таблица 4.4 – Результаты оценки коллективной эффективной дозы облучения при проведении работ по удалению РАО, согласно разработанному сценарию*

| Этап                                                                      | Наименование этапа                                                                                                            | Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, чел.-Зв | Оценка коллективной эффективной дозы облучения населения, чел.-Зв |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Этап 1                                                                    | Проведение КИРО                                                                                                               |                                                                   |                                                                   |
| Этап 2                                                                    | Проведение подготовительных мероприятий                                                                                       |                                                                   |                                                                   |
| Этап 3                                                                    | Проведение работ по извлечению РАО из пункта хранения, их переработке, кондиционированию, паспортизации и транспортировке РАО |                                                                   |                                                                   |
| Этап 4                                                                    | Вывод из эксплуатации ПХ, реабилитация территории                                                                             |                                                                   |                                                                   |
| Оценка коллективной эффективной дозы облучения, связанной с удалением РАО |                                                                                                                               |                                                                   |                                                                   |

### ***Коллективная эффективная доза облучения персонала, связанная с удалением РАО***

#### **Проведение работ по извлечению РАО из пункта хранения**

Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала при проведении работ по извлечению РАО проводилась на основе опыта организации по удалению РАО из аналогичных объектов, либо на основе данных о МАЭД в месте проведения работ и оценках трудозатрат при проведении работ в условиях повышенных МАЭД, согласно формулам (4.7), (4.8).

Другой способ оценки коллективной дозы заключался в использовании в качестве значения средней годовой дозы персонала 0,5-КУ — контрольного уровня, установленно-го администрацией предприятия для аналогичных работ, умноженного на численность персонала и на длительность этапа в годах.

Кроме этого, оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала могла быть проведена с учетом данных по удельным дозозатратам, полученным при проведении аналогичных работ на предприятиях отрасли.

*Таблица 4.5 — Оценки эффективных коллективных доз облучения персонала при извлечении и упаковке РАО [16]*

| Тип ПХ (категория РАО)                                                                                    | S <sub>м</sub> , чел.-мЗв/м <sup>3</sup> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Грунтовый или капитальный могильник (НАО, САО)                                                            | 0,002÷0,067                              |
| Капитальный могильник (в том числе ВАО или РАО омоноличены (применение робототехники))                    | 0,176                                    |
| Специализированное здание или сооружение (НАО, САО)                                                       | 0,07                                     |
| Специализированное здание или сооружение (в том числе ВАО или РАО омоноличены (применение робототехники)) | 0,2                                      |
| Донные отложения водоемов-хранилищ (САО)                                                                  | 0,1                                      |

Если имеющиеся в наличии данные позволяли выполнить оценки коллективных доз различными способами, то рекомендовалось провести сравнение полученных результатов и экспертным путем принять решение об оценке, которая будет занесена в таблицу 4.4. Например, если полученные оценки различаются между собой в несколько раз, то в качестве результирующей оценки предлагалось использовать среднее геометрическое имеющихся значений коллективной дозы.

#### **Переработка, кондиционирование, паспортизация РАО**

Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала при проведении работ по обращению с РАО проводилась организациями на основе опыта организации по переработке, кондиционированию и паспортизации РАО схожих характеристик, т.е. на основе данных индивидуального дозиметрического контроля персонала ЕСКИД (Форма № 1-ДОЗ), задействованного при проведении аналогичных работ.

Другой способ оценки коллективной дозы заключается в использовании в качестве значения средней годовой дозы персонала 0,5КУ — контрольного уровня, установленного администрацией предприятия для аналогичных работ, умноженного на численность персонала и на длительность этапа в годах.

Кроме этого, оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала могла быть проведена с учетом данных по удельным дозозатратам, полученным при проведении аналогичных работ на предприятиях отрасли.

*Таблица 4.6 — Оценки эффективных коллективных доз облучения персонала при переработке РАО [16]*

| Способ переработки РАО | S <sub>м</sub> , чел.-мЗв/м <sup>3</sup> |
|------------------------|------------------------------------------|
| Прессование            | 0,009                                    |
| Сжигание               | 0,0006                                   |
| Цементирование ТРО     | 0,08                                     |
| Цементирование ЖРО САО | 0,05                                     |

#### **Транспортировка РАО к централизованному ПЗРО для передачи национальному оператору на захоронение**

Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала при проведении работ по транспортировке РАО проводилась организациями на основе данных индивидуального дозиметрического контроля персонала ЕСКИД (Форма № 1-ДОЗ), задействованного при проведении транспортировки РАО.

Другой способ оценки коллективной дозы заключался в использовании в качестве значения средней годовой дозы персонала 0,5КУ — контрольного уровня, установленного администрацией предприятия для аналогичных работ, умноженного на численность персонала и на длительность этапа в годах.

Кроме этого, оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала при проведении работ по транспортировке РАО могла быть проведена с учетом данных по удельным дозозатратам, полученным при проведении аналогичных работ на предприятиях отрасли, по формуле (4.7).

*Таблица 4.7 — Оценки коллективных эффективных доз облучения при транспортировке РАО в централизованный ПЗРО (на 1000 км) [16]*

| Категория РАО | $S_T$ , чел.-мЗв/м <sup>3</sup> |
|---------------|---------------------------------|
| НАО           | 0,000001                        |
| САО           | 0,000002                        |
| ВАО           | 0,000002                        |

Оценка коллективных эффективных доз облучения, формируемых при выполнении работ по транспортировке РАО к централизованному ПЗРО и размещению РАО в централизованном ПЗРО, проводилась по формуле:

$$S = V \cdot S_T + S_{n-в} \cdot n, \quad (4.9)$$

где  $V$  — конечный объем РАО после переработки и кондиционирования, м<sup>3</sup>;

$n$  — количество упаковок РАО, шт.

$S_T$  — оценка удельной величины коллективной эффективной дозы облучения при собственно транспортировке РАО, чел.-Зв/м<sup>3</sup> (таблица 4.7).

$S_{n-в}$  — оценка дозозатрат при проведении работ по погрузке-выгрузке упаковок РАО. В случае предположения, что на каждую упаковку с РАО тратится 2 минуты,  $S_{n-в} = 0,003$  чел.-мЗв/упаковку.

#### **Вывод пункта хранения из эксплуатации, реабилитация территории**

С учетом допущения, что все РАО, включая загрязненный выше уровня отнесения к РАО грунт, удалены. Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала проводилась в случае, если территория размещения пункта хранения характеризуется повышенным МАЭД по формуле (4.6) или по формуле (4.7).

#### **Оценка коллективной эффективной дозы облучения населения**

В случае если к моменту проведения обоснования был разработан проект консервации ПХРО, в обосновании приводилась ссылка на проект и раздел, содержащий оценку воздействия на население до завершения работ по консервации и после.

Оценка коллективной эффективной дозы облучения населения проводилась в случае планирования проведения работ, связанных с интенсивным пылеобразованием, а также в случае, если полученная в ходе оценки миграции радионуклидов индивидуальная доза облучения населения выше 100 мкЗв/год до завершения работ по переводу объекта в пункт захоронения или до завершения работ по удалению РАО (для водоемов-хранилищ ЖРО и хранилищ ТРО, размещенных в проницаемых коллекторах, основной путь облучения населения связан с миграцией РАО с подземными водами).

Если при проведении работ планировались работы по частичному вскрытию барьеров безопасности, сопровождающиеся значительным пылеобразованием, то оценка коллективной эффективной дозы облучения населения проводилась в 2 шага:

(1) Оценивалось расстояние от ПХРО, на котором среднее значение годовой индивидуальной дозы от техногенных радиоактивных веществ в воздухе над рассматриваемой территорией для критической группы равно 10 мкЗв/год. Если оцененное расстояние не превышало расстояния от ПХРО до ближайшей точки на границе СЗЗ, то дальнейший расчет коллективной дозы населения не проводился;

(2) В противном случае составлялся перечень населенных пунктов (с указанием численности жителей  $n_i$  — в  $i$ -м населенном пункте), попадающих внутрь изодозы 10 мкЗв/год.

Средняя доза облучения населения в  $i$ -м населенном пункте ( $E_i$ ) определялась согласно методике, изложенной [4]. Тогда коллективная доза определялась простым суммированием доз по всем населенным пунктам:

$$S_{\text{нас}} = \sum (E_i \cdot n_i). \quad (4.10)$$

#### 4.6 Риски потенциального облучения

В НРБ-99/2009 введено понятие потенциального облучения — «облучение, которого нельзя ожидать с абсолютной уверенностью, но которое может иметь место в результате аварии с источником, либо события или последовательности событий гипотетического характера, включая отказы оборудования и ошибки во время эксплуатации».

При обосновании защиты от источников потенциального облучения в течение года принимались следующие граничные значения обобщенного риска (произведение вероятности события, приводящего к облучению, и вероятности смерти, связанной с облучением): персонал —  $2 \cdot 10^{-4}$  год $^{-1}$ ; население —  $1 \cdot 10^{-5}$  год $^{-1}$  [9].

Указанное ограничение *индивидуального риска* потенциального облучения должно применяться при обосновании радиационной безопасности персонала и критической группы населения на всех этапах обращения с РАО (также как применяются ограничения индивидуальных годовых доз в нормальном режиме обращения с РАО). При этом под величиной риска понимается математическое ожидание последствий облучения персонала и населения [17].

Для обоснования отнесения РАО к особым РАО должно выполняться следующее неравенство:

$$R_{\text{ОРАО}} < R_{\text{УРАО}}, \quad (4.11)$$

где  $R_{\text{ОРАО}}$  — обобщенный риск потенциального облучения при захоронении РАО в месте их нахождения;

$R_{\text{УРАО}}$  — обобщенный риск потенциального облучения, связанный с удалением РАО и захоронением в централизованном ПЗРО.

Причинами радиационных аварий, могут быть внешние воздействия на объект, вследствие природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций, а также технологические аварии на этапах обращения с РАО.

Для оценок риска рекомендовалось пользоваться проектом консервации пункта хранения (в случае, если проект разработан), отчетом по обоснованию радиационной безопасности объекта, материалами по определению категории потенциальной опасности радиационного объекта и другими данными. В таблице 4.8 дан примерный перечень нештатных событий и чрезвычайных ситуаций, которые могут приводить к радиационным авариям.

Таблица 4.8 — Варианты возможных аварийных ситуаций на разных стадиях обращения с РАО

| Вариант консервации                                 |                                          | Вариант удаления                                    |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Внешние воздействия*                                | Технологические аварии                   | Внешние воздействия**                               | Технологические аварии                                                             |
| Сейсмические воздействия                            | Нарушения в системе энергоснабжения      | Сейсмические воздействия                            | Просыпания, разливы при извлечении РАО                                             |
| Наводнения, затопления                              | Индустриальный пожар, самовозгорание РАО | Наводнения, затопления                              | Нарушения технологических регламентов при переработке и сжигании РАО               |
| Экстремальные погодные условия (ураган, смерч, др.) | Внутреннее затопление                    | Экстремальные погодные условия (ураган, смерч, др.) | Нарушения работы механизмов при перемещениях РАО и погрузочно-разгрузочных работах |

|                                    |                                                                               |                                    |                     |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Природный пожар                    | Нарушение целостности барьеров: контейнеров, упаковок, гидроизолирующего слоя | Природный пожар                    | Транспортные аварии |
| Ударная волна                      | Взрыв накопленных газов                                                       | Ударная волна                      | Ошибки персонала    |
| Падение воздушного судна на объект | Возникновение СЦР                                                             | Падение воздушного судна на объект |                     |
|                                    | Ошибки персонала                                                              |                                    |                     |

\*) На весь период потенциальной опасности РАО

\*\*) На период удаления РАО из места нахождения в ПЗРО

Перечень возможных причин радиационной аварии мог быть расширен или сокращен с учетом состояния инженерных барьеров, характеристики РАО и местных условий.

В обосновании рекомендовалось привести таблицу, содержащую список исходных событий, которые могут инициировать возникновение аварийных ситуаций, вероятности этих событий и принципиальную оценку возможности возникновения облучения персонала и населения, для двух вариантов обращения с РАО. Следует учитывать, что для сравнительно краткосрочных работ (до нескольких лет) маловероятные внешние исходные события (менее  $10^{-4}$  год $^{-1}$ ) могли не рассматриваться. Для данных периодов времени более важными с точки зрения формирования риска потенциального облучения являются технологические нарушения и технические отказы механизмов и транспортных средств. Кроме этого для исключения из рассмотрения таких стихийных ЧС, как смерч и землетрясение, могут служить данные по смерчопасности территорий и сейсмическому районированию, на рисунке 4.2 приведена карта смерчопасности территорий, на рисунке 4.3 карта сейсмического районирования. Рекомендации по проведению оценок характеристик смерча приведены в [18].

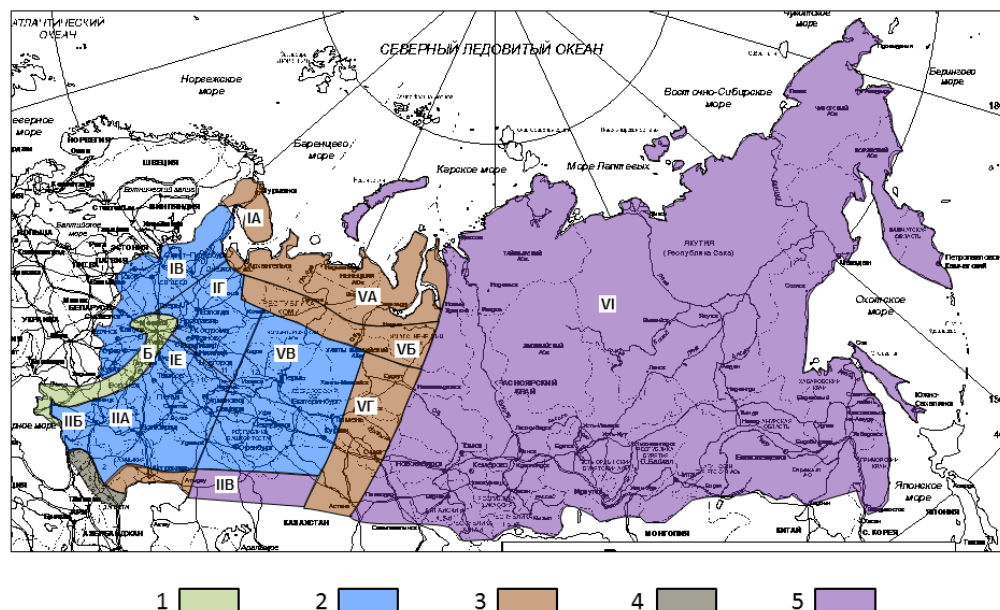


Рисунок 4.2 — Схема районирования территории бывшего СССР по смерчопасности (1 — зоны повышенной смерчопасности; 2 — смерчопасные районы; 3 — несмерчопасные районы; 4 — малоизученные районы; 5 — горные районы) [19]



Рисунок 4.3 — Пример карты сейсмического районирования территории Российской Федерации, выполненной Институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Для длительных этапов эксплуатации пунктов консервации РАО и ПЗРО (сотни лет) международными нормами предлагается к ситуациям потенциального облучения относить события, которые происходят с вероятностью 1 раз в 100 лет и ниже (менее  $10^{-2}$  год $^{-1}$ ), на том основании, что более частые аварийные события и облучение от них должны рассматриваться в рамках планируемого облучения. Аварии с вероятностью:

- от  $10^{-4}$  год $^{-1}$  до  $10^{-2}$  год $^{-1}$  относятся к проектным авариям;
- от  $10^{-6}$  год $^{-1}$  до  $10^{-4}$  год $^{-1}$  — к гипотетическим (следует учитывать при оценке риска потенциального облучения);
- менее  $10^{-6}$  год $^{-1}$  (можно не принимать во внимание при оценке риска потенциального облучения).

В отношении риска потенциального облучения населения было принято, что если проводимые ранее оценки риска в организации показывают, что на границе СЗЗ индивидуальная годовая доза не превышает 10 мкЗв и коллективная годовая доза будет менее 1 чел.-Зв, на весь период потенциальной опасности пункта хранения особых РАО оценкой воздействия на население можно пренебречь. Уровень пренебрежимо малого риска потенциального облучения составляет  $10^{-6}$ .

При оценке рисков, обусловленных внешним воздействием на объект, в качестве наиболее опасных явлений, представляющих опасность в ходе проведения работ по консервации или удалению отходов, целесообразно было рассматривать риск вследствие аварийного воздействия на стадии хранения отходов в пункте консервации. Следует отметить, что данная стадия является существенно более длительной по сравнению со стадиями, при которых происходит обращение с отходами. Поэтому даже при малой вероятности событий возникающий риск может быть значимым и сопоставимым с другими рисками. В качестве такого воздействия, в частности, можно рассматривать сейсмическое воздействие и соответствующие последствия. Данная возможность оценивается с использованием данных о сейсмическом районировании.

#### **Оценка риска потенциального облучения, связанного с внешним воздействием на объект (смерч)**

Риски, связанные с внешними воздействиями (ураган, сейсмическое воздействие, наводнение и т. д.), могли быть описаны с учетом двух сценариев (с учетом сроков реализации).

В первом продолжительность работ по удалению могла существенно (10-100 раз) превосходить вариант с консервацией.

Во втором, более простом случае, сроки работ по консервации и удалению приблизительно одинаковы. Для обоснования равенства рисков необходимо принимать во внимание, что воздействия связаны с одним и тем же объектом в один и тот же временной период проведения работ. Кроме этого, в обоих вариантах частично или полностью вскрываются барьеры безопасности.

В качестве исходных данных для таких оценок использовались данные, приведенные в планах мероприятий по защите персонала и населения в случае радиационной аварии на объекте. Согласно ОСПОРБ-99/2010 (п. 6.4) [8], в этих планах должен быть включен раздел, содержащий прогноз возможных аварий на радиационном объекте с учетом вероятных причин, типов и сценариев развития аварии, а также прогнозируемой радиационной обстановки при авариях разного типа.

В случае если таких исходных данных нет, то оценка обобщенного риска потенциального облучения для персонала и населения для чрезвычайных ситуаций природного характера могла быть выполнена для наиболее опасного явления, в качестве которого в Пособии был определен смерч, который будет захватывать часть РАО.

Для оценки риска от смерча можно пользоваться руководством по безопасности [18], которое устанавливает:

- рекомендации по оценке смерчопасности территорий размещения;
- рекомендации по составу расчетных характеристик смерчей и методике их определения;
- рекомендации по этапам получения расчетных параметров смерчей и подходам к выполнению этапов анализа смерчопасности.

При проведении работ по удалению РАО площадь открытой части поверхности пункта хранения увеличивается, кроме этого, увеличивается продолжительность работ.

#### ***Оценка риска потенциального облучения, связанного с авариями при выполнении работ***

В качестве технологических аварий в процессе проведения работ по консервации ПХРО, рассматривались отказы механизмов и грузового транспорта в месте проведения работ, которые могли привести к дополнительным трудозатратам персонала на исправление неисправностей, если на предприятии собиралась статистика по аварийным ситуациям. Для проведения оценки риска потенциального облучения требовались следующие данные:

- Вероятность отказа механизма —  $P_0 \cdot \tau^{-1}$ ;
- Период работы механизма за все время проведения работ, согласно сценарию обращения с РАО —  $T \cdot \tau$ ;
- Число единиц техники —  $N$ ;
- Среднее время устранения неисправности —  $t$  ч;
- Численность ремонтного персонала —  $n$  чел;
- МАЭД в месте устранения неисправности — МАЭД, мкЗв/ч;
- Вероятность смерти  $0,05 (\text{чел} \cdot \text{Зв})^{-1}$  [9].

Риск потенциального облучения оценивался путем перемножения перечисленных значений.

#### ***Оценка риска потенциального облучения, связанного с авариями при выполнении работ при обращении с упаковками РАО***

Среди всех основных технологических операций по обращению с РАО к наиболее аварийным были отнесены работы по извлечению РАО, погрузочно-разгрузочные работы и транспортирование упаковок, как в пределах объекта, так и по дорогам общего пользования.

Расчет обобщенного риска потенциального облучения персонала при транспортировании кондиционированных ТРО в централизованный ПХРО подробно описан в препринте [2]. Для проведения оценки в рамках обоснования отнесения РАО к особым

рекомендовалось провести оценку объема и характеристик извлеченных РАО после переработки. Для полученного объема РАО, проводилась оценка риска потенциального облучения с использованием таблицы 4.9, а также с использованием оценки длины маршрута транспортировки РАО от пункта хранения до централизованного пункта захоронения РАО.

Таблица 4.9 — Обобщенный риск потенциального облучения персонала при транспортировке 1 м<sup>3</sup> переработанных РАО на расстояние 100 км

| Вид транспорта  | Категория отходов    |                       |                      |                      |
|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | ОНРАО, НАО           |                       | САО                  |                      |
|                 | г тр(п-в)            | г(та)                 | г тр(п-в)            | г(та)                |
| Железнодорожный | 2,4·10 <sup>-8</sup> | 4,6·10 <sup>-10</sup> | 1,2·10 <sup>-7</sup> | 2,3·10 <sup>-9</sup> |
| Автомобильный   | 6,7·10 <sup>-9</sup> | 4,6·10 <sup>-8</sup>  | 3,3·10 <sup>-8</sup> | 2,3·10 <sup>-7</sup> |

$$R_{\text{УРАО}} = r_{\text{тр(п-в)}} \cdot V_{\text{РАО}} + r(\text{та}) \cdot V_{\text{РАО}} \cdot L/100, \quad (4.12)$$

где  $r_{\text{тр(п-в)}}$ ,  $r(\text{та})$  — удельные обобщенные риски потенциального облучения на этапе погрузки-выгрузки и транспортировки 1 м<sup>3</sup> РАО, в соответствии с таблицей 4.9, 1/(год·м<sup>3</sup>);  $V_{\text{РАО}}$  — объем РАО после переработки, м<sup>3</sup>;  $L$  — длина маршрута транспортировки РАО от пункта хранения до пункта захоронения РАО, км.

В случае необходимости, данные таблицы 4.9 могли быть уточнены организацией.

#### 4.7 Затраты, связанные с захоронением РАО в месте нахождения

Ориентировочный расчет стоимости работ по захоронению РАО в месте их нахождения рекомендовалось проводить в следующей последовательности:

**Шаг 1:** Анализ имеющейся информации о пункте хранения и размещенных в нем отходов:

1) Данные по объему ( $V_k$ ) накопленных РАО и их категорий (данные СГУК РВ и РАО).

2) Проводилась оценка объема и категории РАО, которые должны быть удалены при проведении работ по консервации ПХ (для емкостей-хранилищ ЖРО и т.д.).

**Шаг 2:** Анализ состояния пункта хранения. По имеющейся проектной, конструкторской, эксплуатационной документации устанавливались следующие данные:

- площадь пункта хранения ( $S_{\text{пх}}$ );
- периметр пункта хранения ( $L_{\text{пх}}$ );
- есть ли необходимость в создании отводных каналов вод;
- есть ли необходимость в сооружении покрывающего экрана;
- периметр и площадь ореола загрязнения ( $L_o$ ,  $S_o$ ), в случае если такое загрязнение выявлено;
- есть ли необходимость в заполнении пустот между упаковками, определяется объем пустот ( $V_{\text{п}}$ ) на основании имеющейся документации;
- есть ли необходимость в проведении работ по реабилитации загрязненной территории, определяется площадь загрязненной территории ( $S_t$ );
- есть ли необходимость в проведении работ по гидроизоляции пункта хранения, с проведением работ по вскрытию фундамента и его гидроизоляции (для специализированных зданий и др.).

**Шаг 3:** Анализ необходимых работ по созданию покрывающего экрана, если данные работы должны быть выполнены для консервации ПХРО. В таблице 4.10 приведены характеристики покрывающих экранов, для разных типов ПХРО. Для оценки затрат на со-

здание покрывающего экрана, необходимо было оценить объем работ, стоимость материалов и объем необходимых материалов, а также затраты на работы по созданию покрывающего экрана.

Таблица 4.10 — Характеристики покрывающих экранов ПХРО

| Категория РАО | Характеристика покрывающего экрана                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОНРАО, НАО    | Например [20]: «Грунт с травяным покрытием; слой грунта (морена — 1 м); слой гидроизолирующего материала (гео-текстиль); слой глины — 1 м; слой гидроизолирующего материала (гео-текстиль)»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|               | Например [21]: «Грунт с травяным покрытием; слой гравия; слой глины; дренирующий слой; геомембрана; глиняный курган»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| САО           | Например [22]: «Почвенный слой; песчаный слой с дефолиантами; песчаный защитный слой; глиняный экран; песчаный грунт — курган; слой гравия; песчаный грунт»                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| САО, ВАО      | Например [23]: «Корнеобитаемый слой (0,5м) — травяное покрытие; 2-й гидроизолирующий слой — 0,5 м (сооруженный послойно из местного суглинка с уплотнением, при котором коэффициент фильтрации материала составит 0,05м/сут); капиллярно-прерывающий слой (0,5м) — щебень разной фракции; 1-й гидроизолирующий слой 0,5м до 1м; выравнивающий — (сооруженный послойно из местного суглинка с уплотнением, при котором коэффициент фильтрации материала составит 0,05м/сут); скальный грунт; по периметру сооружается гидроизолирующий экран- дамба с глиняным экраном» |

**Шаг 4:** Анализ затрат, связанных с захоронением РАО в месте их нахождения. После проведения анализа всей имеющейся документации и составления укрупненного перечня работ по консервации пункта хранения, заполнялась таблица 4.12. Данные таблицы 4.11 использовались организациями в случае отсутствия своих оценок затрат на отдельные виды работ.

Таблица 4.11 — Оценка затрат на отдельные виды работ по захоронению РАО в месте их нахождения [4]

| Виды работ                                                                                                                                                               | Формула для расчета затрат                       | Удельные затраты                             | Затраты, тыс. руб. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|
| Затраты на создание отводных каналов ( $P_6$ )                                                                                                                           | $P_6 = L_{\text{пх}} \cdot P^6$                  | $P^6 = 30$ тыс. руб./м                       |                    |
| Затраты на создание покрывающего экрана ( $P_3$ )                                                                                                                        | $P_3 = S_{\text{пх}} \cdot P^3$                  | $P^3$                                        |                    |
| Затраты на омоноличивание РАО ( $P_{\text{н}}$ )                                                                                                                         | $P_{\text{н}} = V_{\text{н}} \cdot P^{\text{н}}$ | $P^{\text{н}} = 10$ тыс. руб./м <sup>3</sup> |                    |
| Затраты на создание барьеров на пути миграции радионуклидов из ПХ, локализации ореола загрязнения ( $P_0$ )                                                              | $P_0 = \max(L_{\text{пх}}; L_0) \cdot P^0$       | $P^0 = 230$ тыс. руб./м                      |                    |
| Затраты на проведение гидроизоляции с вскрытием внешней стороны барьеров безопасности (для специализированных зданий) и дальнейшей обваловкой периметра здания ( $P_r$ ) | $P_r = S_{\text{пх}} \cdot P^r$                  | $P^r = 150$ тыс. руб. м <sup>2</sup>         |                    |
| Затраты на проведение реабилитации территории ( $P_t$ )                                                                                                                  | $P_t = S_t \cdot P^t$                            | $P^t = 60$ тыс. руб./м <sup>2</sup>          |                    |
| Затраты на извлечение, переработ-                                                                                                                                        | Рассчитывается в соответ-                        |                                              |                    |

|                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| ку, кондиционирование, транспортировку и захоронение части извлекаемых РАО ( $P_y$ )                                              | ствии с методикой определения состава затрат, утверждаемой Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» ( $P_y$ ), с учетом категории и характеристик РАО                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| Итого: затраты на проведение работ по консервации пункта хранения                                                                 | $P_k = P_6 + P_3 + P_n + P_o + P_r + P_r + P_y$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
| Затраты на подготовительные мероприятия по консервации ПХРО (проведение КИРО, разработка проекта, получение лицензии, ООБ и др.). | $= 0,1 \cdot P_k$ ,<br>где 0,1 — характерное соотношение стоимости комплекса подготовительных работ и реализации проекта.                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
| Затраты на проведение радиационного контроля ПХРО, до окончания расчетного периода ( $T_p$ )                                      | $= 0,0012 \cdot P_k \cdot T_p$ ,<br>где 0,0012 — ежегодные затраты на проведение радиационного контроля приповерхностного ПХРО в соответствии с Инвестиционной программой ФГУП «НО РАО» составляют в среднем 0,0012 от стоимости строительства объекта.                                                                                                                                         |  |  |
| Затраты на работы по реконструкции барьеров безопасности                                                                          | $= 0,3 \cdot P_k \cdot N$ ,<br>где $N$ — количество реконструкций барьеров безопасности до перевода в пункт захоронения (рассчитывается делением срока, в течение которого легкомигрирующие радионуклиды распадутся до уровней ПЗУА, согласно ПП №1069, на 30 лет);<br>0,3 — максимальное соотношение между стоимостью сооружения и реконструкцией в случае её проведения в регламентные сроки. |  |  |
| Затраты на работы по переводу пункта консервации в пункт захоронения                                                              | $= 0,4 \cdot P_k$ ,<br>где 0,4 — соотношение для этапа увеличено в связи с необходимостью более детального обоснования истечения срока потенциальной опасности.                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
| Общие затраты на захоронение РАО в месте их нахождения                                                                            | $= (1,5 + 0,0012 \cdot T_p + 0,3 \cdot N) \cdot P_k$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |

### **Оценка затрат при наличии проекта по консервации ПХРО**

Оценка затрат проводится только для тех этапов работ по консервации, которые еще не выполнены, в случае если часть работ по консервации уже выполнена (например, подготовительный этап), затраты, связанные с этими работами не учитываются.

Оценка затрат на перевод пункта консервации в пункт захоронения и проведение радиационного контроля оцениваются исходя из сведений проекта, включая:

- данные по проектному сроку эксплуатации ( $T_3$ ) пункта консервации (срок службы барьеров безопасности);
- затраты на подготовительные мероприятия (проведение КИРО, разработка проекта, получение лицензии, ООБ и др.) ( $P_n$ );
- ежегодные затраты на проведение работ по радиационному контролю пункта консервации ( $P_m$ ) до перевода в пункт захоронения;
- затраты на проведение работ по консервации ПХРО ( $P_k$ ).

В случае отсутствия каких либо сведений для проведения оценки затрат на захоронение в месте их нахождения в проекте консервации пункта хранения, оценка выполняется в той же последовательности, как для ситуации, когда проект консервации не разработан.

На основании данных проекта консервации проводится оценка затрат на работы по реконструкции барьеров безопасности, работ по переводу пункта консервации в пункт захоронения РАО (таблица 4.12).

*Таблица 4.12 — Оценка затрат на отдельные виды работ по захоронению РАО в месте их нахождения [4]*

| Виды затрат                                                          | Формула для расчета затрат                                                                                                                                  | Затраты, тыс. руб. |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Затраты на работы по реконструкции барьеров безопасности             | $= 0,3 \cdot P_k \cdot N$ ,<br>где $N$ — количество реконструкций барьеров безопасности до перевода в пункт захоронения (с учетом расчетного периода $T$ ). |                    |
| Затраты на работы по переводу пункта консервации в пункт захоронения | $= 0,4 \cdot P_k$                                                                                                                                           |                    |
| Общие затраты на захоронение РАО в месте их нахождения               | $= (1,4 + 0,3 \cdot N) \cdot P_k + P_m \cdot T_p + P_n$                                                                                                     |                    |

#### 4.8 Совокупный размер возможного вреда окружающей среде

Под совокупным размером возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения в соответствии с разработанным подходом [4] принимается оцененная в денежном эквиваленте величина ущерба за счет нанесения вреда объектам живой природы вследствие радиационного воздействия.

Оценка производится на основе расчета мощности дозы облучения референтных объектов живой природы на территории воздействия ПХРО и сравнения полученных значений с критериями сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения радиозкологической безопасности [2,4,24].

Методология ограничения радиационного воздействия на биоту основана на постулате порогового действия ионизирующего излучения, подтвержденного многочисленными экспериментальными данными [25-29]. При этом рассматриваются детерминированные, а не стохастические эффекты, релевантными предложено считать следующие типы эффектов: увеличение заболеваемости, ухудшение репродуктивности, снижение продолжительности жизни.

Один из первых критериев в регламентации радиационного воздействия на биоту был предложен в работе [26]. Согласно этой работе мощность дозы хронического облучения, при не превышении которой обеспечивается радиационная безопасность водной биоты, составляет 10 мГр/сут. В дальнейшем в качестве безопасного (порогового) уровня радиационного воздействия на биоту предлагалось использовать значения мощности дозы в диапазоне 1-10 мГр/сут [27-28]. В научно-техническом пособии [4] в качестве упрощенного консервативного критерия радиационного воздействия на объекты живой природы были приняты значения мощности дозы 1 мГр/сут для животных и 10 мГр/сут для растений.

Не превышение величины БУОБ позволяет утверждать об отсутствии возможного вреда окружающей среде. В целях не допустить занижения оценки вреда в случае превышения этих уровней консервативно предполагается гибель объектов живой природы, т.е. возможный ущерб от радиационного воздействия консервативно оценивается как уже состоявшийся.

Расчет вреда окружающей среде от потенциальной гибели объектов живой природы производится в соответствии с законодательством об охране окружающей среды и установленными в нормативных документах расценками [31-35, 37-40].

В качестве референтных объектов в соответствии с признанными в мире подходами [30, 36] определены следующие наземные и водные организмы: трава, сосна, мышь, олень/косуля, улитка, змея, дождевой червь, водные растения, моллюски, рыба пелагическая и придонная, утка, пчела.

#### **Расчеты мощности дозы для референтных объектов живой природы**

Расчеты мощности дозы облучения организмов биоты выполняются в соответствии с моделями МКРЗ и НКДАР ООН [30,36], адаптированными к местным условиям. В расчетах учитывается внешнее облучение от объектов окружающей среды, и внутреннее облучение от радионуклидов, накопленных организмами биоты. Суммарная мощность дозы облучения  $j$ -го референтного объекта  $D_j$  определяется путем суммирования мощностей дозы облучения этого объекта от всех рассматриваемых радионуклидов  $i$ :

$$D_j = \sum_i (D_{i,j}^{\text{внутр}} + D_{i,j}^{\text{внеш}}), \quad (4.13)$$

где  $D_{i,j}^{\text{внутр}}$  — мощность дозы внутреннего облучения  $j$ -го объекта биоты от радионуклида  $i$ , инкорпорированного в ткани организма,  $10^{-6}$  Гр/ч;  
 $D_{i,j}^{\text{внеш}}$  — суммарная мощность дозы внешнего облучения  $j$ -го объекта биоты от радионуклида  $i$ , содержащегося в объектах окружающей среды,  $10^{-6}$  Гр/ч.

Мощность дозы внутреннего облучения рассчитывается по формуле:

$$D_{i,j}^{\text{внутр}} = DCF_{i,j}^{\text{внутр}} \cdot C_{i,j}, \quad (4.14)$$

где  $DCF_{i,j}^{\text{внутр}}$  — фактор дозовой конверсии для внутреннего облучения  $j$ -го объекта биоты от  $i$ -го радионуклида,  $(10^{-6} \text{ Гр/ч})/(\text{Бк/кг сырого веса})$ ;  $C_{i,j}$  — удельная активность  $i$ -го радионуклида в организме  $j$ -го объекта биоты, Бк/кг сырого веса.

Значение  $C_{i,j}$  определяется из данных наблюдений за содержанием радионуклидов в объектах биоты или по формуле:

$$C_{i,j} = CF_{i,j,k} \cdot A_{i,k}, \quad (4.15)$$

где  $CF_{i,j,k}$  — фактор накопления радионуклида  $i$  в организме  $j$ -го объекта биоты из объекта окружающей среды  $k$  (почва, вода);

$A_{i,k}$  — удельная активность  $i$ -го радионуклида в объекте окружающей среды  $k$ , Бк/кг.

Суммарная мощность дозы внешнего облучения  $j$ -го объекта биоты от  $i$ -го радионуклида, содержащегося внутри абиотических объектов окружающей среды  $k$  (почва, вода, донные отложения и др.), рассчитывается по формуле:

$$D_{i,j}^{\text{внеш}} = \sum_k DCF_{i,j,k}^{\text{внеш}} \cdot A_{i,k} \cdot \alpha_{j,k}, \quad (4.16)$$

где  $DCF_{i,j,k}^{\text{внеш}}$  — фактор дозовой конверсии для внешнего облучения  $j$ -го объекта биоты от  $i$ -го радионуклида, содержащегося в абиотическом объекте окружающей среды  $k$  ( $10^{-6}$  Гр/ч)/(Бк/кг);  $A_{i,k}$  — удельная активность  $i$ -го радионуклида в объекте окружающей среды  $k$ , Бк/кг;  $\alpha_{j,k}$  — доля времени, которую  $j$ -й организм проводит в контакте с рассматриваемым объектом окружающей среды  $k$ .

Для наземных организмов основной вклад в дозу внешнего облучения дает почва, для водных организмов — донные отложения и вода.

Рекомендуемые значения параметров в формулах (4.14÷4.16) для различных радионуклидов и референтных объектов водной и наземной биоты приведены в [30,36], а также в научно-техническом пособии [4].

### ***Оценка численности объектов живой природы, которые консервативно считаются уничтоженными***

Оценка числа и видов объектов живой природы проводится для групп видов биоты, соответствующих референтным объектам, консервативно признанными «уничтоженными» по результатам предшествующих оценок мощности дозы облучения, с учетом площади участка и на основе данных по средней численности, приведенных в научно-техническом Пособии [4]. Если есть уверенность, что данные по средней численности должны быть скорректированы, то они корректируются по условиям местонахождения ПХРО. Для беспозвоночных животных (улитка, дождевой червь, моллюски, пчела) численность не рассчитывается, поскольку соответствующие таксы определены на 1 кв. м площади.

### ***Оценка денежного эквивалента совокупного размера возможного вреда окружающей среде***

Оценка совокупного размера возможного вреда окружающей среде складывается из экономического ущерба от вреда, причиненного:

- объектам животного мира и среде их обитания;
- объектам растительного мира;
- водным биологическим ресурсам.

Оценка денежного эквивалента совокупного размера возможного вреда окружающей среде производится в соответствии с нормативно-методическими документами в области охраны окружающей среды. Для оценки вреда рекомендуется использовать таксы/нормативы за ущерб, причиненный уничтожением объектов животного и растительного мира, а также таксы/нормативы, утвержденные в соответствии с порядком, установленным законодательством Российской Федерации [31-35].

### ***Оценка размера экономического ущерба от вреда, причиненного объектам животного мира***

При уничтожении объектов животного мира вследствие потенциального воздействия хранилища РАО исчисление размера вреда производится по формуле:

$$B_{ожм} = N \times HC \times K_{ит}, \quad (4.17)$$

где  $B_{ожм}$  — размер вреда, причиненного объектам животного мира, руб.;  $N$  — количество уничтоженных особей (экземпляров) одного вида, экз.;  $HC$  — норматив стоимости объекта животного мира данного вида, определенный в соответствии с методикой [32], руб./экз.;  $K_{ит}$  — показатель, учитывающий инфляцию, равный

$$K_{ит} = K_{ит-1} \times (1 + UI/100), \quad (4.18)$$

где  $UI$  — уровень инфляции, установленный в Федеральном законе о бюджете Российской Федерации на год исчисления размера вреда ( $t$ ) по отношению к предыдущему году ( $t-1$ ).

В расчетах применяется максимальная величина, если приведены два значения уровня инфляции; если указано, что уровень инфляции не превышает определенную величину, в расчетах принимается указанная величина. Для первого года расчета  $K_{ит} = 1$ .

В случае если вред причинен нескольким видам объектов животного мира, размер вреда исчисляется по формуле:

$$B_{жс} = \sum_{i=1}^N B_{ожм}, \quad (4.19)$$

где  $B_{ж}$  — общий размер вреда, причиненного нескольким видам объектов животного мира, руб.;  $B_{ожми}$  — размер вреда, причиненного объектам животного мира  $i$ -го вида,  $i = 1, 2, \dots, N$ , руб.;  $N$  — общее число видов объектов животного мира, руб.

В соответствии с методикой [32] исчисление размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства, и среде их обитания, производится с учетом следующих составляющих возможного вреда для биоты:

- уничтожение почвенных беспозвоночных животных при уничтожении почвы внутри зоны воздействия;
- уничтожение иных видов беспозвоночных животных при уничтожении их местообитаний внутри зоны воздействия;
- уничтожение особей животных вследствие уничтожения их местообитаний, а также антропогенного повреждения;
- уничтожение яиц птиц или рептилий, икры рыб и амфибий вследствие уничтожения их местообитания и антропогенного воздействия.

При уничтожении вследствие воздействия хранилища РАО кладок яиц птицы или рептилии размер вреда исчисляется в пятикратном размере по отношению к размеру вреда от уничтожения одной особи данного вида. При уничтожении кладок икры амфибии размер вреда исчисляется в десятикратном размере по отношению к размеру вреда от уничтожения либо незаконного добывания одной особи данного вида.

Исчисление размера вреда от уничтожения объектов животного мира, относящихся к почвенным беспозвоночным животным, производится в составе исчисления размера вреда от уничтожения почвы (подстилки).

Исчисление размера вреда от уничтожения других объектов животного мира, относящихся к беспозвоночным животным, производится в составе исчисления размера вреда от уничтожения их местообитаний.

При уничтожении либо запечатывании почвы (подстилки) и иных местообитаний объектов животного мира, относящихся к беспозвоночным животным, размер вреда исчисляется исходя из затрат, которые необходимо произвести для замены почвенного слоя растительным грунтом по формуле:

$$B_{почв} = Z_{кр} \times V + HC_{пб} \times S \times K_{пк} + HC_{уб} \times S \times K_{пк}, \quad (4.20)$$

где  $B_{почв}$  — размер вреда, причиненного среде обитания объектов животного мира, руб.;  $Z_{кр}$  — затраты на выполнение комплекса работ, связанных с приобретением, транспортировкой и размещением растительного грунта, по замене уничтоженной либо запечатанной почвы (подстилки) и иных местообитаний, руб./м<sup>3</sup>;  $V$  — объем уничтоженной либо запечатанной почвы (подстилки), м<sup>3</sup>;  $HC_{пб}$  — норматив стоимости почвенных беспозвоночных животных, обитающих на 1 м<sup>2</sup> земельного участка, определенный в соответствии с методикой [32], руб./м<sup>2</sup>;  $S$  — площадь земельного участка, на котором уничтожены либо запечатаны почва (подстилка) и иные местообитания беспозвоночных животных, м<sup>2</sup>;  $HC_{уб}$  — норматив стоимости объектов животного мира, относящихся к иным беспозвоночным животным, в соответствии с методикой [32], руб./экз.

При разрушении обитаемых либо регулярно используемых гнезд, нор, логовищ, убежищ, жилищ и других сооружений объектов животного мира, относящихся к позвоночным животным, используемых для воспроизводства (размножения), размер вреда исчисляется по формуле:

$$B_{гн} = K_{воспр} \times HC_{м} \times K_{пк} + 3B, \quad (4.21)$$

где  $B_{гн}$  — размер вреда, причиненного разрушением гнезд, нор, логовищ, убежищ, жилищ позвоночных животных, руб.;  $K_{воспр}$  — коэффициент воспроизводства:  $K_{воспр} = 10$  — для

земноводных и пресмыкающихся;  $K_{воспр} = 5$  — для птиц и млекопитающих;  $HC_M$  — норматив стоимости объекта животного мира, относящегося к позвоночным животным, определенный в соответствии с методикой [32], руб./экз.;  $3B$  — затраты на восстановление (проведение биотехнических мероприятий или создание искусственного аналога) используемого гнезда, норы, логовища, убежища и (или) другого сооружения, используемого для воспроизводства (размножения), руб.

При устранимом повреждении среды обитания объектов животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, приводящем к сокращению их численности, размер вреда исчисляется по формуле:

$$B_{nc} = 3U + N_{сч} \times HC \times K_{fl} + 3O, \quad (4.22)$$

где  $B_{nc}$  — размер вреда, исчисляемый при устранимом повреждении среды обитания объектов животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, руб.;  $3U$  — затраты на устранение повреждения среды обитания объектов животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, исчисляются на основе данных о стоимости основных видов работ и (или) на основании данных о необходимых и фактически произведенных расходах, руб.;  $N_{сч}$  — сокращение численности объектов животного мира одного вида, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, включая полную потерю численности, экз.;  $HC$  — норматив стоимости объекта животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, определенный в соответствии с методикой [32], руб./экз.;  $3O$  — затраты, необходимые для оценки вреда, исчисляются на основе данных о стоимости основных видов работ и (или) на основании данных о необходимых и фактически произведенных расходах, руб.

При уничтожении среды обитания объектов животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, приводящему к сокращению их численности, размер вреда исчисляется по формуле:

$$B_{yc} = N_{сч} \times HC \times K_{fl} \times K_{\delta n} + 3O, \quad (4.23)$$

где  $B_{yc}$  — размер вреда, причиненный уничтожением среды обитания объектов животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, руб.;  $N_{сч}$  — сокращение численности объектов животного мира одного вида, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, включая полную потерю численности, экз.;  $HC$  — норматив стоимости объекта животного мира данного вида, определенный в соответствии с методикой [32], руб./экз.;  $3O$  — затраты, необходимые для оценки вреда, исчисляются на основе данных о стоимости основных видов работ и (или) на основании данных о необходимых и фактически произведенных расходах, руб.;  $K_{\delta n}$  — коэффициент учета стоимости будущих поколений животных, б/размерный:  $K_{\delta n} = 10$  — для объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации;  $K_{\delta n} = 1$  — для остальных объектов животного мира.

В случае если причинен вред среде обитания нескольких видов объектов животного мира, исчисление размера вреда производится по формуле:

$$B_{cp} = \sum_{j=1}^M B_{cpj}, \quad (4.24)$$

где  $B_{cp}$  — общий размер вреда, причиненный среде обитания нескольких видов объектов животного мира, руб.;  $B_{cpj}$  — вред, причиненный среде обитания  $j$ -го вида объекта живот-

ного мира,  $j=1,2, \dots, M$ , руб.;  $M$  — общее число видов объектов животного мира, среде обитания которых причинен вред.

***Оценка размера экономического ущерба от вреда, причиненного объектам растительного мира***

Размер экономического ущерба определяется в соответствии с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного лесам, в том числе лесным насаждениям, или не отнесенным к лесным насаждениям деревьям, кустарникам и лианам вследствие нарушения лесного законодательства», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 08.05.2007 №273 (ред. от 26.11.2007) [37]. Размер ущерба, исчисленный в соответствии с таксами, увеличивается в два раза, если повреждение совершено в защитных лесах (за исключением особо охраняемых природных территорий) и на особо защитных участках эксплуатационных лесов; в 3 раза, если нарушение лесного законодательства совершено на особо защитных участках защитных лесов (за исключением особо охраняемых природных территорий); в 5 раз, если нарушение лесного законодательства совершено на особо охраняемых природных территориях; в 10 раз, если происходит повреждение пищевых лесных ресурсов или лекарственных растений, виды которых занесены в Красную книгу Российской Федерации и (или) Красные книги субъектов Российской Федерации; увеличивается в 2 раза в случае уничтожения или повреждения деревьев и кустарников хвойных пород, осуществляемых в декабре-январе.

Размер ущерба, причиненного деревьям (кустарникам), заготовка древесины которых не допускается, исчисляется как произведение установленных такс и объемов древесины (количества) поврежденных деревьев (кустарников).

При исчислении размера ущерба, причиненного не отнесенным к лесным насаждениям деревьям, кустарникам и лианам, применяются цены и нормативы затрат, которые непосредственно связаны с выращиванием деревьев, кустарников и лиан, а также с уходом за ними до возраста уничтоженных или поврежденных.

Оценка размера ущерба от вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, осуществляется в соответствии с таксами, утвержденными Приказом Минприроды России от 1 августа 2011 г. № 658 [38].

Размер экономического ущерба от вреда вследствие радиационного воздействия, причиненного лесам, в том числе лесным насаждениям, или не отнесенным к лесным насаждениям деревьям, кустарникам и лианам, а также другим объектам растительного мира, исчисляется путем суммирования размеров экономического ущерба от вреда объектам растительного мира, для которых были превышены безопасные уровни облучения, 0,01 Гр/сут. Для сосны как для наиболее радиочувствительного вида растительного мира в качестве экологического безопасного уровня облучения используется значение мощности дозы — 0,001 Гр/сут [30].

***Оценка размера экономического ущерба от вреда, причиненного водным биологическим ресурсам***

В соответствии с Федеральным законом от 20.12.2004 г. №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» возмещение экономического ущерба от вреда, причиненного водным биоресурсам, осуществляется в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера причиненного водным биоресурсам вреда, а при их отсутствии, исходя из затрат на восстановление водных биоресурсов.

Исчисление размера экономического ущерба от вреда, причиненного водным биологическим ресурсам производится по методике [39].

Исчисление размера экономического ущерба от уничтожения, незаконного вылова или добычи водных биологических ресурсов, производится согласно соответствующим таксам, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации №515 от 25 мая 1994 г. (в ред. от 26.09.2000 и 10.03.2009) [40].

### **Пример расчета ущерба от вреда биоте в районе хранилища РАО (условный сценарий)**

Для иллюстрации методологии оценки ущерба от вреда биоте вследствие радиоактивного загрязнения окружающей среды рассмотрим условный пример на основе следующего гипотетического сценария.

Допустим, в районе расположения хранилища РАО имеется участок радиоактивного загрязнения территории размером 0,1 га с повышенным воздействием на биоту [24]. Территория расположения участка относится к зоне смешанных лесов. Участок является средой обитания видов, характерных для данной природно-климатической зоны. В результате хронического радиационного воздействия на биоту мощность дозы облучения составила, мГр/сут: почвенные беспозвоночные организмы (червь) 15, пресмыкающиеся и амфибии (ящерицы, змеи, лягушки) 3, птицы (отряд дятлообразные, отряд воробьинообразные) 2, мелкие млекопитающие (семейство мышиных, семейство ежевых) 4. Участок также является средой обитания вида, занесенного в Красную книгу – бабочки Аполлон обыкновенный *Parnassius apollo*, для неполовозрелых стадий развития которой мощность дозы оценена 11 мГр/сут. В указанных группах облучение превышает экологически безопасный уровень, ниже которого предполагается радиационная защита биоты на популяционном уровне. По остальным группам биоты, в том числе растений, рассчитанная мощность дозы ниже экологически безопасного уровня.

Для биоты, подвергшейся радиационному воздействию выше экологически безопасного уровня (1 мГр/сут для животного мира) при оценке ущерба делается консервативное предположение об уничтожении перечисленных групп организмов в пределах участка повышенного радиоактивного загрязнения.

Размер ущерба от вреда беспозвоночным животным, причиненного радиоактивным загрязнением почвы (подстилки) и иных мест обитания, за исключением бабочки Аполлон обыкновенный, определяется в соответствии с методикой [32] по формуле:

$$B_{почв} = Z_{кр} \times V + HC_{пб} \times S \times K_{Ит} + HC_{уб} \times S \times K_{Ит}, \quad (4.25)$$

где  $B_{почв}$  – размер вреда, причиненного среде обитания объектов животного мира, руб.;  $Z_{кр} = 1000$  руб./м<sup>3</sup> – затраты на приобретение, транспортировку и размещение растительного грунта на замену загрязненной почвы (подстилки);  $V = 500$  м<sup>3</sup> – объем загрязненной почвы (подстилки);  $HC_{пб} = 143$  руб./м<sup>2</sup> для зоны смешанных лесов – норматив стоимости почвенных беспозвоночных животных, обитающих на 1 м<sup>2</sup> земельного участка;  $S = 1000$  м<sup>2</sup> – площадь земельного участка, на котором уничтожены почва, подстилка и иные места обитания беспозвоночных животных, за исключением бабочки Аполлон обыкновенный;  $HC_{уб} = 50$  руб./экз. – норматив стоимости объектов животного мира, относящихся к иным беспозвоночным животным (непочвенным), исключая беспозвоночных животных, занесенных в Красную книгу;  $K_{Ит} = 1$  – показатель, учитывающий инфляцию, для оценки в текущем году.

Таким образом, ущерб от вреда беспозвоночным животным, причиненный радиационным воздействием от загрязнения почвы (подстилки) и иных мест обитания, составляет 693 тыс. руб.

Размер ущерба от вреда (таблица 4.13), причиненного радиационным воздействием от загрязнения среды обитания объектов животного мира, не относящихся к беспозвоночным животным, и занесенного в Красную книгу вида беспозвоночных – бабочки Аполлон обыкновенный.

Таблица 4.13 — Оценка ущерба от радиационного воздействия на беспозвоночных животных, занесенных в Красную книгу, и объекты животного мира, не относящиеся к беспозвоночным животным, в районе расположения хранилища РАО (условный пример)

| Вид животного                            | Численность, экз. | Норматив стоимости, руб./экз. | Коэффициент учета стоимости будущих поколений | Размер вреда, тыс. руб. |
|------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| Насекомые – бабочка Аполлон обыкновенный | 1                 | 3000                          | 10                                            | 30                      |
| Ящерицы                                  | 20                | 500                           | 1                                             | 10                      |
| Змеи                                     | 5                 | 3000                          | 1                                             | 15                      |
| Птицы, отряд:                            |                   |                               |                                               |                         |
| дятлообразные                            | 1                 | 3500                          | 1                                             | 3,5                     |
| воробьинообразные                        | 50                | 1000                          | 1                                             | 50                      |
| Млекопитающие, семейство:                |                   |                               |                                               |                         |
| ежовые                                   | 5                 | 1000                          | 1                                             | 5                       |
| землеройковые                            | 10                | 100                           | 1                                             | 1                       |
| мышинные                                 | 200               | 100                           | 1                                             | 20                      |
| Итого                                    |                   |                               |                                               | 134,5                   |

Сокращение численности животных предполагается в размере 100% численности популяции, определяемой исходя из средних биологических норм плотности каждого вида, с учетом местных условий.

Совокупный размер ущерба с учетом данных таблицы 4.13 и ранее выполненной оценки для беспозвоночных организмов в рассматриваемом условном примере составляет 827,5 тыс. руб.

#### 4.9 Затраты, связанные с удалением РАО

Оценка затрат, связанных с удалением РАО, проводилась для работ, предусмотренных разработанными сценариями удаления РАО, в соответствии с «Методикой определения состава затрат, связанных с удалением РАО (включая расходы на их извлечение, переработку, кондиционирование, перевозку к пункту захоронения и захоронение)» [41]. Согласно данной методики, в состав затрат, связанных с удалением РАО, в общем случае включаются затраты на:

- проведение комплексного инженерно-радиационного обследования места нахождения РАО;
- подготовительные мероприятия;
- извлечение, переработку, кондиционирование;
- перевозку к пункту захоронения;
- захоронение РАО;
- эксплуатацию пункта хранения РАО в течение периода извлечения отходов;
- вывод из эксплуатации пункта хранения РАО;
- реабилитацию загрязненной территории, относящейся к пункту хранения РАО.

Оценка затрат, связанных с удалением РАО, проводилась в условиях, когда затраты на вариант консервации уже оценены по компонентам затраты и проведена оценка совокупного размера возможного вреда окружающей среде.

Оценка затрат, связанных с удалением РАО, выполнялась пошагово и прекращалась в том случае, если уже оцененные затраты на удаление позволяли убедительно доказать неравенство:

$$P_{\text{ОРАО}} + Y_{\text{ущерб}} < P_{\text{УРАО}}, \quad (4.26)$$

где  $P_{ОРАО}$  — расходы, связанные с захоронением РАО в месте их нахождения;  
 $Y_{ущерб}$  — совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения (учитывается, если наносится вред биоте);  
 $P_{УРАО}$  — расходы, связанные с удалением РАО.

Принималось, что убедительность достигнута, например, если затраты по варианту удаления РАО превышают затраты на консервацию в 2 раза. Аналогично оценке на захоронение РАО в месте их нахождения, не требовалась чрезмерная детализация работ, оценку предлагалось начинать с наиболее легко оцениваемых и дорогостоящих операций, например, в следующем порядке:

- затраты на захоронение РАО,
- затраты на кондиционирование РАО,
- затраты на транспортировку РАО к пункту захоронения и т.д.

Для большинства ПХРО для обоснования отнесения РАО к особым РАО, потребовалось оценить затраты на выполнение работ по двум–трем из перечисленных пунктов. Таким образом, таблица 4.14 могла быть заполнена не полностью.

В таблицу 4.14 могли добавлены оценки затрат, полученные для аналогичных этапов работ по сценарию захоронения РАО в месте их нахождения (например, затраты на проведение КИРО, реабилитацию и др. в случае, если основания для объяснений того, что стоимость работ близка).

*Таблица 4.14 — Результаты оценки затрат, связанных с удалением РАО, согласно разработанному сценарию*

| Этап                                     | Наименование этапа                                                                                                                        | Оценка затрат, млн руб. |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Этап 1                                   | Проведение КИРО, разработка программы работ, разработка проекта работ, в том числе отчета по обоснованию безопасности, получение лицензии |                         |
| Этап 2                                   | Проведение подготовительных мероприятий                                                                                                   |                         |
| Этап 3                                   | Затраты на извлечение РАО, а также строительных конструкций и грунтов, загрязненных до уровней выше ПЗУА [1].                             |                         |
|                                          | Затраты на сортировку РАО                                                                                                                 |                         |
|                                          | Затраты на переработку РАО                                                                                                                |                         |
|                                          | Затраты на кондиционирование РАО                                                                                                          |                         |
|                                          | Затраты на паспортизацию РАО                                                                                                              |                         |
|                                          | Затраты на транспортировку РАО в централизованный пункт захоронения РАО                                                                   |                         |
|                                          | Затраты на захоронение РАО                                                                                                                |                         |
|                                          | Др. работы, согласно сценарию удаления РАО                                                                                                |                         |
| Этап 4                                   | Вывод из эксплуатации ПХ, реабилитация территории                                                                                         |                         |
| Оценка затрат, связанных с удалением РАО |                                                                                                                                           |                         |

#### **Оценка затрат на захоронение РАО**

Затраты на захоронение РАО ( $P_{зах.}$ ) рассчитываются отдельно для отходов каждого класса РАО исходя из объема РАО после кондиционирования, а также тарифов на захоронение, по формуле:

$$P_{зах.} = \sum_{k=1}^6 V_k \times T_k, \quad (4.27)$$

где  $V_k$  — объем РАО  $k$ -го класса РАО, включая упаковку и контейнер (объем брутто);

$T_k$  — тариф на захоронение РАО для  $k$ -го класса РАО [41];

$k$  — номер класса РАО для захоронения,  $k = 1, 2, \dots, 6$  в соответствии с ПП № 1069 [1].

Примечание: РАО для захоронения должны быть приведены в соответствие с критериями приемлемости. Тариф на захоронение для РАО класса 5 используется только для ЖРО, удовлетворяющим критериям приемлемости, установленным для полигонов глубинного захоронения, в сценарии рекомендуется захоронения предусмотреть работы по утверждению ЖРО.

#### **Оценка затрат на кондиционирование РАО**

Затраты на кондиционирование переработанных РАО ( $P_{\text{к о н д.}}$ ) рассчитываются исходя из объема РАО после переработки РАО, с учетом класса РАО после переработки, а также затрат на закупку контейнеров, по формуле:

$$P_{\text{к о н д.}} = \sum_{m=1}^M V_{\text{РАО}m}^{\text{п.}} / V_m \times T_m^{\text{к о н д.}}, \quad (4.28)$$

где  $V_{\text{РАО}m}^{\text{п.}}$  — объем РАО после переработки, размещаемых в контейнер типа  $m$ , согласно сценарию удаления РАО;

$V_m$  — полезный объем контейнера типа  $m$ ;

$T_m^{\text{к о н д.}}$  — затраты на покупку одного контейнера типа  $m$ ;

$m$  — тип контейнера РАО,  $m = 1 \dots M$ .

Таблица 4.15 — Контрольные значение стоимости контейнеров [4]

| Разъяснения, ед. изм. | Максимальные затраты, тыс. руб./шт. |
|-----------------------|-------------------------------------|
| НЗК III               | 700                                 |
| НЗК II                | 50÷150                              |
| НЗК 150               | 100                                 |
| КРАД                  | 25                                  |
| КМЗ 3                 | 170                                 |

Для ОНРАО и отходов, образующихся при добыче и переработке урановых руд, в случае, если они отправляются на захоронение без кондиционирования затраты на кондиционирование не учитываются.

#### **Оценка затрат на транспортировку РАО в централизованный пункт захоронения РАО**

Затраты на транспортирование РАО к централизованному пункту захоронения ( $P_{\text{транс}}$ ) рассчитываются отдельно для каждого класса РАО исходя из объема РАО, дальности перевозки, вида транспорта по формуле:

$$P_{\text{транс.}} = \sum_{k=1}^6 V_k \times T_k^{\text{ав.}} \times L_{\text{ав}} + \sum_{k=1}^6 V_k \times T_k^{\text{ж/д}} \times L_{\text{ж/д}}, \quad (4.29)$$

где  $P_{\text{транс}}$  — затраты на транспортирование извлеченных РАО до централизованного пункта захоронения;

$V_k$  — объем РАО  $k$ -го класса РАО, включая упаковку и контейнер (объем брутто);

$T_k^{\text{ав.}}$  — затраты на транспортирование 1 м<sup>3</sup> РАО  $k$ -го класса автомобильным транспортом на 1 км пути, включая затраты на приобретение (аренду) специализированного транспорта, погрузку-выгрузку РАО, затраты на сопровождение транспорта в соответствии с требованиями нормативных правовых актов;

$T_k^{\text{ж/д}}$  — затраты на транспортирование 1 м<sup>3</sup> РАО  $k$ -го класса железнодорожным транспортом на 1 км пути, включая затраты на приобретение (аренду) специализированного транспорта, погрузку-выгрузку РАО, затраты на сопровождение транспорта в соответствии с требованиями нормативных правовых актов;

$L_{ав}$  — расстояние, на которое транспортируется РАО автомобильным транспортом, км;  
 $L_{ж/д}$  — расстояние, на которое транспортируется РАО железнодорожным транспортом, км;  
 $k$  — номер класса РАО для захоронения,  $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  [1].

Таблица 4.16 — Контрольные значения затрат на транспортирование РАО [4]

| Этап работ      | Разъяснения, ед. изм.      | Максимальные затраты, руб. |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| ж/д перевозка   | 1 контейнер, 10т, 1000 км  | 20 000                     |
| а/м транспортом | руб./( $m^3 \cdot 100$ км) | 15 000                     |

Аналогично выполняется оценка затрат на транспортировку РАО к месту их переработки. Затраты на транспортирование РАО к месту их переработки ( $P_{\text{тран.вн.}}$ ), в случае, в том числе если переработка РАО планируется проводить с использованием услуг сторонних организаций, рассчитываются исходя из объема извлеченных РАО, дальности перевозки, вида транспорта по формуле (4.29), без учета объема упаковки РАО.

#### Оценка затрат на работы по сортировке, переработке и паспортизации РАО

Оценка затрат на проведение сортировки, переработки и паспортизации РАО ( $P_{\text{с.п.п.}}$ ) проводится по формуле:

$$P_{\text{с.п.п.}} = V_{\text{РАО}} \times T^{\text{сорт.}} + \sum_{j=1}^N V_j \times T_j^{\text{перер.}} + \sum_{m=1}^5 V_{\text{РАО}m}^{\text{п.}} / V_m \times T_m^{\text{пасп.}}, \quad (4.30)$$

где  $V_{\text{РАО}}$  — объем РАО, а также объем радиоактивно загрязненных грунтов и материалов в пункте хранения, загрязненных до уровней отнесения к РАО [1];

$T^{\text{сорт.}}$  — затраты на сортировку  $1 m^3$  РАО, руб./ $m^3$ ;

$V_j$  — объем РАО, перерабатываемой  $j$ -м способом,  $m^3$ ;

$T_j^{\text{перер.}}$  — затраты на переработку  $j$ -м способом  $1 m^3$  РАО, руб./ $m^3$ ;

$V_{\text{РАО}m}^{\text{п.}}$  — объем РАО после переработки, размещаемых в контейнер типа  $m$ ;

$V_m$  — полезный объем контейнера типа  $m$ ;

$T_m^{\text{пасп.}}$  — затраты на паспортизацию одной упаковки РАО типа  $m$ ;

$m$  — тип упаковки РАО.

Данная формула может быть изменена, например, в состав затрат могут быть включены затраты на переупаковку РАО и исключены затраты на переработку РАО и др.

Кроме этого, для ОНРАО и отходов, образующихся при добыче и переработке урановых руд, в случае, если они отправляются на захоронение без кондиционирования затраты на паспортизацию проводятся для партии РАО (ст. 27 190-ФЗ [5]).

Таблица 4.17 — Контрольные значения затрат на работы по переработке РАО [4]

| Вид работ                    | Тип РАО                     | Расчетная единица, $m^3$ | Стоимость переработки, тыс. руб. |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Сжигание РАО                 | ТРО-НАО (сжигаемые)         | $m^3$                    | 100-150                          |
| Прессование РАО              | ТРО-НАО (прессуемые)        | $m^3$                    | 100                              |
| Цементирование РАО           | ТРО-НАО                     | $m^3$                    | 140                              |
| Сортировка, фрагментация РАО | ТРО-НАО                     | $m^3$                    | 30                               |
| Плавление РАО                | ТРО (НАО, переплавляемые)   | $m^3$                    | 70                               |
| Контейнеризация РАО          | ТРО (НАО и САО, неперераб.) | $m^3$ контейнер          | 200-300                          |
| Глубокое упаривание РАО      | ЖРО-НАО                     | $m^3$                    | 80*                              |

Таблица 4.18 — Контрольные значения затрат на паспортизацию РАО [4]

| Этап работ                              | Разъяснения, ед. изм.            | Максимальные затраты, руб./шт. |
|-----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Затраты на паспортизацию упаковок с РАО | Для контейнеров, тыс. руб./шт.   | 5                              |
|                                         | Для партии РАО, тыс. руб./партия | 3                              |

#### **Оценка затрат на работы по извлечению РАО из пункта хранения**

В состав затрат, связанных с извлечением РАО, включаются затраты на вскрытие пункта хранения, безопасное извлечение РАО из пункта хранения, а также загрязненных выше уровней отнесения к РАО грунтов и материалов. Оценки затрат на сортировку и транспортировку к месту переработки приведены выше.

Затраты определяются на основе площади пункта хранения, выбора технологий по вскрытию поверхностного экрана и т. д.

Таблица 4.19 — Контрольные значения затрат на работы по извлечению РАО из пункта хранения [4]

| Вид работ                                           | Тип пункта хранения и вид РАО                      | Расчетная единица, контейнер, м <sup>3</sup> | Стоимость извлечения, тыс. руб. |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Извлечение РАО штатными средствами пункта хранения  | Стационарное сооружение, контейнеры ТРО - НАО      | контейнер                                    | 0,3                             |
| Извлечение РАО штатными средствами пункта хранения  | Стационарное сооружение, контейнеры ТРО - САО      | контейнер                                    | 0,6                             |
| Извлечение РАО штатными средствами пункта хранения  | Стационарное сооружение, ТРО - НАО, ОНРАО, навалом | м <sup>3</sup>                               | 3,0                             |
| Извлечение РАО штатными средствами пункта хранения  | Стационарное сооружение, ТРО - САО, навалом        | м <sup>3</sup>                               | 300                             |
| Извлечение РАО с применением грузоподъемной техники | Грунтовый могильник, ТРО - НАО                     | м <sup>3</sup>                               | 220                             |
| Извлечение РАО с применением средств робототехники  | Грунтовый могильник, ТРО - САО                     | м <sup>3</sup>                               | 550                             |
| Извлечение ЖРО из водоема                           | ЖРО - НАО                                          | м <sup>3</sup>                               | 0,1                             |
| Размыв донных отложений водоёмов хранилищ ЖРО       | ЖРО - НАО                                          | м <sup>3</sup>                               | 100                             |
| Извлечение высокоактивных пульп                     | ЖРО - ВАО, САО                                     | м <sup>3</sup>                               | 1500                            |

#### **Оценка затрат на работы подготовительного этапа**

В соответствии с [41] в состав работ подготовительного этапа включаются работы на разработку проектной и рабочей документации по извлечению, переработке и кондиционированию РАО; на получение разрешительной документации; на сооружение объектов инфраструктуры, необходимой для выполнения работ по извлечению, переработке и кондиционированию РАО.

Затраты на разработку проектной и рабочей документации по извлечению, переработке и кондиционированию РАО; на получение разрешительной документации учитываются в затратах, связанных с этапом 1.

Таким образом, для оценки затрат на работы подготовительного этапа работ по удалению РАО, включается стоимость работ по:

- строительству/реконструкции объектов инфраструктуры, необходимых для удаления РАО;
- подготовке территории для проведения работ;
- сооружению подъездных дорог;
- подводке необходимых для выполнения работ коммуникаций;
- сооружению дополнительной физической, пожарной, радиационной защиты;
- сооружению пункта специальной обработки рабочей техники (дезактивации);
- сооружению санпропускников, систем радиационного контроля и т.д.

В состав затрат подготовительного этапа включается стоимость сметного расчета стоимости работ по данному пункту размещения.

*Таблица 4.20 — Контрольные значения стоимости сооружения объектов инфраструктуры [4]*

| Тип установки            | Тип РАО               | Производительность, м <sup>3</sup> /год | Стоимость сооружения, млн руб. |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| Цементирования           | ЖРО-САО, гетерогенные | 5000 м <sup>3</sup> /год                | 4500                           |
| Цементирования           | ЖРО-САО, гетерогенные | 320 м <sup>3</sup> /год                 | 250                            |
| Цементирования           | ЖРО-САО, гомогенные   | 5000 м <sup>3</sup> /год                | 3000                           |
| Цементирования           | ЖРО-НАО               | 5000 м <sup>3</sup> /год                |                                |
| Выпаривания              | ЖРО-НАО               | 100 м <sup>3</sup> /год                 | 8,5                            |
| Остекловывание           | ЖРО, ТРО-ВАО, САО     | 2500 м <sup>3</sup> /год                | 1500                           |
| Плавление МРО            | ТРО-НАО               | 511 т/год                               | 0,6                            |
| Сжигания                 | ТРО НАО               | 1300 м <sup>3</sup> /год                | 43                             |
| Установка ИСО            | ЖРО-НАО               | 800 м <sup>3</sup> /год                 | 187                            |
| Сортировки ТРО           | ТРО НАО               | 2823 м <sup>3</sup> /год                | 25                             |
| Прессование ТРО          | ТРО-НАО               | 1920 м <sup>3</sup> /год                | 110                            |
| Комплекс переработки МРО | ТРО-НАО               | 2000 т/год                              | 420                            |

Удельная стоимость разработки сметного расчета стоимости работ по пункту размещения РАО не должна превышать 10 тыс. руб. на 1000 м<sup>3</sup> размещенных в пункте хранения РАО.

Кроме перечисленных выше затрат, при необходимости (в случае если неравенство 4.26 не выполняется), в соответствии с [41] может быть проведена оценка затрат, связанных с:

- эксплуатацией пункта хранения РАО, включаются затраты на «приобретение оборудования, инвентаря, материалов, энергоресурсов, а также иных материальных оборотных средств, необходимых для эксплуатации пункта хранения РАО; затраты на персонал, необходимый для эксплуатации пункта хранения». Данная оценка может быть выполнена исходя из текущих расходов на эксплуатацию пункта хранения с учетом периода проведения работ по удалению РАО;
- выводом из эксплуатации пункта хранения РАО. В данные затраты включаются затраты на разработку проектной и рабочей документации по выводу из эксплуатации пункта хранения; на получение разрешительной документации; на выполнение работ по выводу из эксплуатации пункта хранения РАО;
- реабилитацией загрязненных территорий, относящихся к пункту хранения РАО, включаются затраты на разработку проектной и рабочей документации по реабилитации загрязненных территорий; на получение разрешительной документации; на выполнение работ по реабилитации загрязненных территорий.

В состав всех видов затрат включаются затраты на выполнение мер по исполнению требований действующего законодательства в области использования атомной энергии.

#### 4.10 Представление итоговых результатов

Одним из условий отнесения пункта хранения особых РАО к пункту консервации, в соответствии с определением, установленным в ст. 3 190-ФЗ, является требование о том, чтобы «соответствующим проектом был установлен срок эксплуатации объекта». Однако наиболее вероятно, что для значительной части «исторических» пунктов хранения особых РАО в их проектной документации будут отсутствовать сроки эксплуатации ПХРО, и формально такие ПХРО следует относить к пунктам размещения особых РАО.

В качестве общего критерия отнесения к пунктам размещения предлагается установить очевидную необходимость проведения работ по улучшению барьеров в течение ближайших 10-20 лет, в том числе по следующим возможным причинам:

- эксплуатация пункта хранения в режиме приема и размещения РАО;
- регулярного или эпизодического подтопления;
- нарушение целостности барьеров безопасности ПХРО;
- отсутствие барьеров безопасности между жидкими САО, в том числе донными отложениями, относящимися к САО, и атмосферным воздухом;
- отсутствие барьеров безопасности между твердыми САО и атмосферным воздухом;
- высокая вероятность возникновения тяжелых радиационных аварий обусловленных наличием ядерных материалов в пульпах;
- и др.

Отнесение пункта хранения к пункту размещения особых РАО не окажет влияния на лицензирование. Одновременно у организации появятся правовые основания для постановки вопроса о проведении работ по консервации пункта хранения особых РАО, находящихся в федеральной собственности, т.к. в соответствии со ст. 24 №190-ФЗ «...пункты размещения должны быть переведены в пункты консервации особых РАО либо пункты захоронения РАО».

При отнесении ПХ к пунктам размещения особых РАО необходимо принимать во внимание отчеты по обоснованию радиационной безопасности, которые были представлены в Ростехнадзор и рассматривались при проведении экспертизы обоснования безопасности пункта хранения (с целью определения наличия инженерных и/или геологических барьеров безопасности). В отдельных случаях для подтверждения выводов, содержащихся в отчетах по обоснованию безопасности, следует рассматривать результаты экспертных оценок, полученных в ходе проведения официальной процедуры лицензирования.

Итоговые результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов захоронения формируются в виде таблицы 4.21 с примечаниями.

Таблица 4.21 — Представление результатов сравнения

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения                                                              |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв |              | > или <   |                                                                                                    |  |
| Риск потенциального облучения, год <sup>-1</sup>                                            |              | > или <   |                                                                                                    |  |
| Затраты, млрд руб.                                                                          |              | > или <   |                                                                                                    |  |
|                                                                                             |              |           | Совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения |  |

## Заключение к главе 4

Изложенный в главе методический материал, предназначенный для подготовки обосновывающих материалов при принятии решений об отнесении РАО к особым РАО, демонстрирует трудности и пути их преодоления при реализации требований ПП №1069 и других действующих регулирующих документов. Трудности связаны с новизной и неопределенностями в трактовке таких понятий, как период потенциальной опасности, риск потенциального облучения, размер возможного вреда окружающей среде. До сих пор такие факторы не учитывались в нормативных документах, отчетах по обоснованию безопасности, ОВОС и отчетной документации предприятий. Оценка коллективных доз персонала и населения и затрат за длительные периоды времени не проводилась ни при обосновании обращения с РАО, ни при оптимизации радиационной защиты. Неопределенности научных долгосрочных прогнозов миграции радионуклидов при нормальных условиях и в случае маловероятных внешних и внутренних воздействий на ПХРО и ПЗРО также достаточно велики. Все эти проблемы потребовали разработки уместных принципов, общих и специфических подходов. К общим принципам следует отнести принцип «презумпции вины» в отношении особых РАО, который был реализован путем проведения максимально реалистичных оценок критериальных показателей для варианта удаления РАО и консервативных (завышенных) оценок для варианта захоронения РАО в месте их нахождения. Строго говоря, такой принцип и выбранный методический прием не согласуются с международной трактовкой принципа обоснования, который реализуется путем сравнения равнозначных оценок для сравниваемых вариантов деятельности. Более того МКРЗ полагает, что долгосрочные прогнозы в силу их неопределенности являются скорее индикаторами ожидаемых угроз, а не строгими оценками для принятия решений на их основе. В этой ситуации приоритет был отдан государственному правовому акту — постановлению Правительства: *dura lex, sed lex* (закон суров, но это закон). Другой общий принцип разумной достаточности позволил ограничиться анализом укрупненных этапов обращения с РАО без их детализации.

Эти принципы и подходы перед внедрением были апробированы на пилотных объектах Госкорпорации «Росатом». Было доказано, что предложенная методология может служить основой для эксплуатирующих организаций при разработке обоснования об отнесении РАО к особым РАО, используя имеющуюся информацию о пункте хранения и размещенных в нем РАО. Вместе с тем в ходе апробации были вскрыты некоторые методические трудности, связанные с неопределенностью расчета критериальных параметров на весь период потенциальной опасности, и согласования отечественных и международных регулирующих документов.

В рамках проведения обоснования отнесения РАО к особым РАО введено ограничение на расчетный период оценок коллективных эффективных доз, рисков потенциального облучения и затрат для РАО. Длительность расчетного периода для РАО, содержащих техногенные радионуклиды, устанавливалась равной 1000 лет, для содержащих природные радионуклиды — 300 лет. Данное ограничение связано с тем, что за этот расчетный период произойдет радиоактивный распад всех короткоживущих радионуклидов, а в рамках эксплуатации пункта консервации станет возможно:

- доказательство нахождения долгоживущих радионуклидов с низкой миграционной способностью (уран-238, плутоний-239 и др.), в ограниченном ореоле пункта консервации;
- точное определение параметров миграции иных долгоживущих радионуклидов, в том числе углерода-14 и хлора-36;
- определение надежности инженерных барьеров пункта консервации (захоронения) РАО.

Расчетный период в этом случае рассматривается как максимальный срок, в течение которого пункт консервации будет переведен в ПЗРО. При этом будет доказано, что проведение периодического контроля после перевода пункта консервации в пункт захоронения либо не понадобится, либо он будет очень низко затратным.

Вследствие того, что особые РАО, как правило, не отвечают критериям приемлемости, при оценке принципиальной возможности захоронения РАО рассмотрены нерадиационные характеристики отходов с точки зрения их потенциальной опасности или отсутствия таковой, а также возможность группировки ПХРО в рамках проведения первичной регистрации РАО.

Неопределенности долгосрочного планирования мероприятий и их финансирования предполагают учет эффектов инфляции и дисконтирования при оценке затрат, связанных с удалением РАО и с захоронением РАО в месте их нахождения. Однако это инициирует необходимость построения большего объема допущений в части конкретизации сроков работ. Проведение выборочных оценок затрат для двух вариантов обращения с РАО с учетом индекса инфляции и ставки дисконтирования продемонстрировало нецелесообразность усложнения расчетов, так как это не влияло на качественный результат для принятия решений.

Примеры реализации разработанного метода приведены в следующей главе.

#### **Список литературы к главе 4**

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».
2. Линге И. И., Савкин М. Н., Абалкина И.Л. и др. Подходы к оценке и сопоставлению доз, рисков и затрат для целей обоснования отнесения РАО к особым РАО. Препринт № IBRAE-2013-06. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2013, 38 с.
3. Линге И. И., Савкин М. Н., Абалкина И.Л. и др. Развитие подходов к обоснованию отнесения РАО к особым РАО. Препринт IBRAE-2014-04. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2014, 29 с.
4. Линге И.И. (Ред.). Абалкина И.Л., Барчуков В.Г., Бочкарев В.В., Ведерникова М.В., Дорогов В.И., Кочетков О.А., Крышев И.И., Линге И.И., Панченко С.В., Савкин М.В., Уткин С.С. (2014). Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении РАО к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0. Москва: ИБРАЭ РАН. — 157 с.
5. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. № 1494 «Об утверждении Положения об отнесении объектов использования атомной энергии к отдельным категориям и определении состава и границ таких объектов».
7. Федеральные нормы и правила. Захоронение РАО. Принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-55-2014.
8. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010), СП 2.6.1.2612-10, Роспотребнадзор, 2010.
9. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009».
10. СПОРО-2002
11. IAEA Safety Standards Series No. GSR. Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna, 2011. — 303 p.
12. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA Safety Standard Series No. RS-G-1.7, Vienna, 2004.
13. СП 2.1.7.1386-03. «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления» Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 19 июня 2003 г., регистрационный № 4755. М., 2003.

- 14.МУ 2.6.1.2398-08 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности. Методические указания. Роспотребнадзор. 2008.
- 15.ICRP, 2010. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. Ann. ICRP 40.
- 16.Отчет исполнителя об оказании услуг по договору от 03.06.13. №1/4167-Д между ИБРАЭ РАН и Госкорпорацией «Росатом» «Оценка рисков и затрат для целей обоснования решений об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам». Этап 3. 2013г.
- 17.Иванов В.К.. Обобщенный риск потенциального облучения. Москва. 2012. 34с.  
<http://www.atomic-energy.ru/books/40917>.
- 18.РБ-022-01. Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии.
- 19.РД 95 10444-91. Рекомендации по определению расчетных характеристик смерчей при размещении атомных станций.
- 20.Рыбальченко И. Л. Обращение с отходами очень низкого уровня активности. Шведский опыт. — СПб., 2009. — 36 с., ил.
- 21.<http://radon.ru>
- 22.<http://www.atomic-energy.ru/articles/2011/12/15/29534>
- 23.Алексахин А.И. «Водоем-9» — хранилище жидких радиоактивных отходов и воздействие его на геологическую среду. — Под ред. Дрожко Е.Г., Самсонова Б.Г. — М., 2007, 250 с.
- 24.Крышев И.И., Курындина Л.А., Линге И.И. Оценка ущерба окружающей среде при использовании атомной энергии. Атомная энергия, 2014, т.117. — 12 с.
- 25.Blaylock, B.G. and Trabalka, J.R. Evaluating the effects of ionizing radiation on aquatic organisms//Adv. Radiat. Biol. 1978. Vol.7. P.103-152.
- 26.NCRP — National Council on Radiation Protection and Measurements. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms. NCRP Report N 109, Bethesda, Maryland, USA, 1991. — 115 p.
- 27.IAEA — International Atomic Energy Agency. Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards. Technical Report Series No. 332. Vienna, IAEA, 1992 — 334 p.
- 28.US DOE. A Graded Approach for Evaluating Radiation Doses to Aquatic and Terrestrial Biota. DOE-STD-1153-2002. Washington, 2002. — 234 p.
- 29.Sazykina T.G., Kryshev A.I., Sanina K.D. Non-parametric estimation of thresholds for radiation effects in vertebrate species under chronic low-LET exposures. Radiation and Environmental Biophysics, 2009, 48 (4), 391 — 404.
- 30.ICRP. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Annals of the ICRP, 38 (4-6), Elsevier, 2008. — 251 p.
- 31.Методика оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира и нарушения среды их обитания. М., Госкомэкологии России, 2000. — 12 с.
- 32.Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания. М., МПР Российской Федерации, 2008. — 21 с.
- 33.Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. М., Росрыболовство, 2011. — 69 с.
- 34.Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения Лесного законодательства. Постановление Правительства РФ от 8 мая 2007 г. № 273 (в ред. постановления Правительства Российской Федерации от 26.11.2007 № 806). М., 2007 — 13 с.

35. Таксы для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования. М., Минприроды России, 2011. — 3 с.
36. UN — United Nations. Effects of radiation on the environment. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. United Nations, New York, 2011. — 164 p.
37. Постановление Правительства РФ от 8 мая 2007 г. №273. Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения Лесного законодательства (в ред. Постановления Правительства РФ от 26.11.2007 №806). М., 2007.- 13 с.
38. Минприроды России. Таксы для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования. Утверждены Приказом Минприроды России от 1 августа 2011 г. № 658. М., 2011. — 3 с.
39. Росрыболовство. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. Приложение к приказу Росрыболовства от 25.11.2011 г. № 1166. М., 2011. — 69 с.
40. Постановление Правительства РФ от 25 мая 1994 г. №515 Об утверждении такс для исчисления размера взыскания за ущерб, причиненный уничтожением, незаконным выловом или добычей водных биологических ресурсов (в ред. Постановлений Правительства РФ от 26.09.2000 №724; от 10.03.2009 №219). — 3 с.
41. Приказ Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 28 ноября 2013 г. № 1/16-НПА г. Москва «Об утверждении Методики определения состава затрат, связанных с удалением радиоактивных отходов».

## 5 Опыт проведения оценок критериальных показателей

Совокупности имеющихся в наличии исходных данных для оценок критериальных показателей в конкретных организациях могли существенно отличаться. Для ряда объектов уже были разработаны проекты их консервации и даже начаты работы, что позволяло достаточно детально провести оценки требуемых для обоснований величин. Для других объектов отсутствовал практический опыт проведения требуемых сценарием консервации работ, а также отсутствовал проект и технические решения о проведении работ, что усложняло процедуру проведения оценок критериальных показателей. Разработанные подходы, описанные в главе 4, позволили организациям, используя имеющуюся на объектах информацию, в кратчайшие сроки провести оценки дозозатрат для двух вариантов обращения с РАО.

Объекты размещения накопленных РАО, которые в ходе первичной регистрации были отнесены к особым, отличаются между собой по характеристикам барьеров безопасности и размещенным на хранение отходам.

В ходе подготовки обосновывающих материалов по отнесению РАО к особым РАО, специалистами организаций (АО «ПО ЭХЗ», АО «ЧМЗ», ПАО «ППГХО», АО «УЭХК», ФГУП ФЯО «ГХК», ПАО «НЗХК», ФГУП «ПО «Маяк», АО «ОДЦ УГР», АО «СХК») с использованием разработанного Пособия проведены оценки периода потенциальной опасности РАО, коллективных эффективных доз облучения, рисков потенциального облучения и затрат для двух вариантов обращения с РАО, а также совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения.

К особым РАО было отнесено более 99,9% всех накопленных жидких РАО (без учета размещенных в пунктах захоронения ЖРО). Из них наибольший объем размещен в водоемах-хранилищах ФГУП «ПО «Маяк» (В-6, В-2, В-9 (оз. Карачай), В-17 (оз. Старое болото), Теченский каскад водоемов — рисунок 5.1). Также к особым РАО отнесены жидкие отходы, размещенные в 3-х пунктах хранения АО «СХК» (около 3,8 млн куб. м.) и в 3-х пунктах хранения ФГУП ФЯО «ГХК» (менее 4,5 тыс. куб. м.). Необходимо отметить, что отнесение к особым РАО 99,9% накопленных ЖРО не означает, что почти все пункты хранения ЖРО были отнесены к таковым. Оценка в 99,9% обусловлена просто несопоставимыми объемами ЖРО, накопленными в поверхностных водоемах и в специальных емкостях-хранилищах ЖРО.



Рисунок 5.1. Теченской каскад водоемов ФГУП «ПО «Маяк»

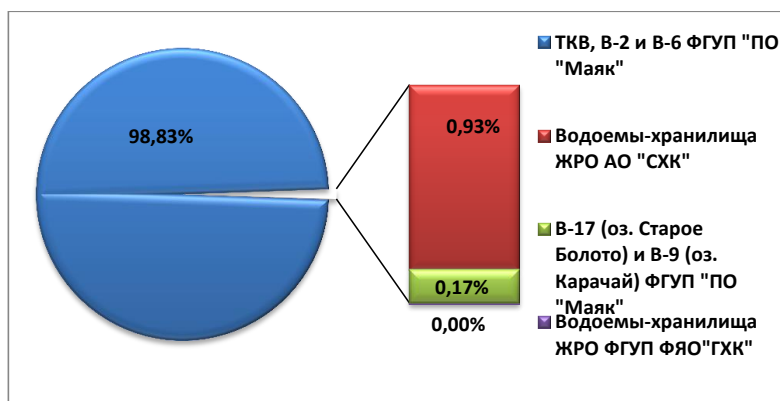


Рисунок 5.2. Распределение объемов накопленных ЖРО, отнесенных к особым РАО

В отношении твердых РАО, к особым отнесено более 82% по объему накопленных ТРО, при этом 81% по объему ТРО размещены в хвостохранилищах ПАО «ППГХО» (рисунок 5.3), ПАО «НЗХК» и АО «ЧМЗ». Данные отходы содержат естественные радионуклиды и относятся к очень низкоактивным отходам. Извлечение РАО из существующих хвостохранилищ ранее никогда не рассматривалось, ввиду больших объемов отходов, а также того факта, что за время эксплуатации данных объектов была показана их безопасность.



Рисунок 5.3. — Хвостохранилище ПАО «ППГХО»

Остальные особые ТРО размещены на территории ФГУП «ПО «Маяк», АО «СХК», ФГУП ФЯО «ГХК» и АО «ОДЦ УГР» и образовались в результате выполнения государственного оборонного заказа (распределение по объемам представлено на рисунке 5.4). К пунктам хранения особых ТРО были отнесены грунтовые могильники, капитальные пункты хранения, а также бывшие объекты размещения выводимых из

эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов. Также как в ситуации с объектами хранения ЖРО, необходимо отметить, что все рассматриваемые объекты хранения ТРО можно считать уникальными.

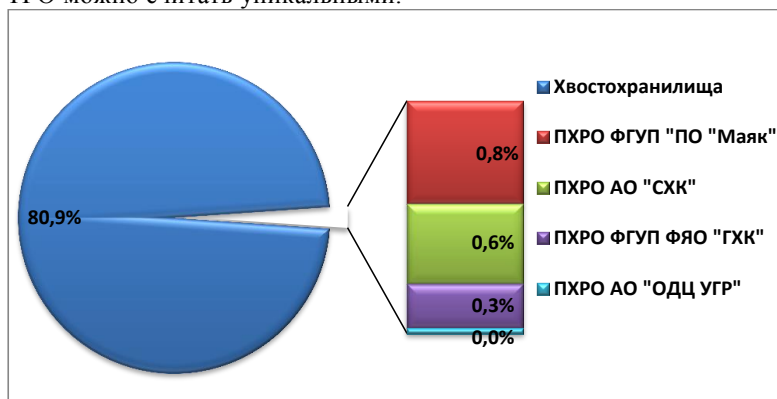


Рисунок 5.4. Распределение объемов накопленных ТРО, отнесенных к особым РАО

В данной главе приведены примеры реализации разработанного подхода проведения обоснования отнесения РАО к особым для нескольких ПХРО, содержащих разные по составу и характеристикам отходы. В обоснованиях, разработанных эксплуатирующими организациями в ходе проведения первичной регистрации РАО, для каждого объекта приведена краткая характеристика и результаты выполнения принципиальной возможности локализации РАО в месте их размещения.

## 5.1 Пункты хранения жидких РАО

### 5.1.1 Водоем В-17 (оз. Старое болото) ПО «Маяк»

Специальный промышленный водоем В-17 расположен в междуречье Теча-Мишеляк (рисунок 5.5).

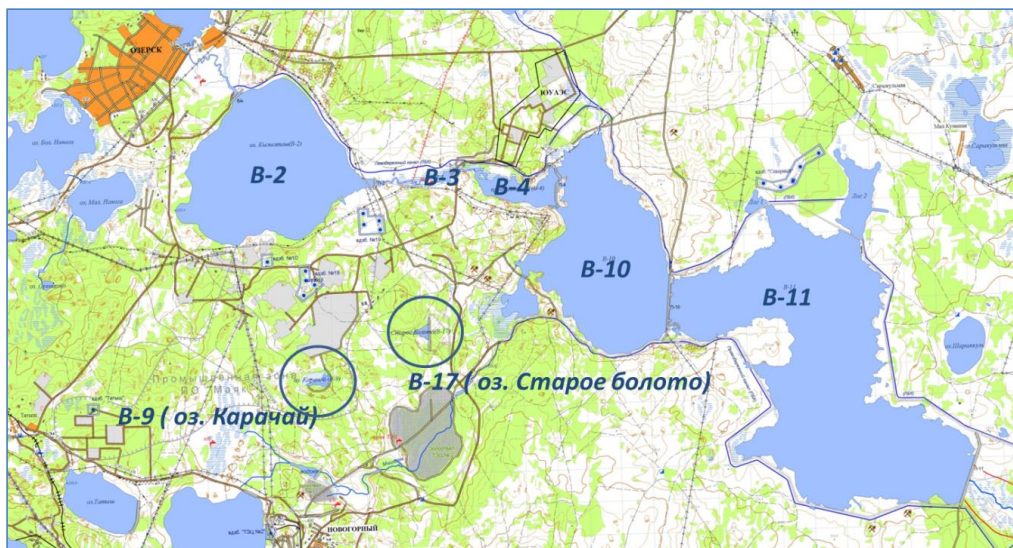


Рисунок 5.5 — Схема размещения водоема В-17 (оз. Старое болото)

Начало эксплуатации — 1949 год. Расстояние до ближайшего населенного пункта — 7 км (12 км по дороге от п. Новогорный). Водоем В-17 представляет собой искусственное водохранилище, образованное путем перекрытия естественного лога земляными плотинами в 1952 и 1954 годах. В 1954 г. была построена земляная низконапорная дамба — плотина П-17, ограничивающая водоем с востока. В настоящее время берега укреплены щебнем и суглинком, высота обваловки составляет от 1,5 до 2 м. Вокруг водоема проложены грунтовые дороги. Окружающая местность — равнина с холмистым рельефом, в низких местах — болота. ФГУП «ПО «Маяк» считает принципиально важным отнесение приповерхностного ПХ ЖРО — водоема В-17 к ПХ особых РАО по следующим причинам [1]:

- с момента его создания и в последующий период удаление РАО из хранилища не рассматривалось как реальный вариант. Проведение работ по удалению РАО сопряжено со значительными дозовыми нагрузками на персонал;
- решение о консервации водоема уже принято. Признание водоема В-17 пунктом размещения особых РАО позволяет выполнить комплекс мер по консервации до 2025 г, которые полностью обеспечат безопасность на длительный период и в полной мере соответствуют основным принципам радиационной защиты, поскольку обеспечивают более высокий уровень безопасности персонала, населения и окружающей среды при меньших затратах в сравнении с удалением [2];
- вывод из эксплуатации водоема В-17 будет предусматривать использование технических решений и специальной технических средств, апробированных и примененных при закрытии акватории водоема В-9 [3].

В настоящее время в поверхностном водоеме-хранилище размещены ЖРО объемом около 270 тыс. м<sup>3</sup> [1], что более чем на порядок превышает критерий, установленный в постановлении [4], который равен 25 тыс. м<sup>3</sup>.

С целью анализа возможности обеспечения условий надежной окончательной изоляции (захоронения) РАО были рассмотрены и взяты во внимание не только техногенные инженерные защитные барьеры. Они определяются конкретной конструкцией объекта захоронения РАО. Также существуют естественные природные защитные барьеры, которые определяются:

- рельефом местности;
- преобладающими направлениями потоков грунтовых вод;
- фильтрационными и сорбционными свойствами пород и т.п.

Применительно к условиям захоронения РАО на промплощадке ФГУП «ПО «Маяк» рассмотрены два следующих естественных природных защитных барьера (условия) [5]:

а) защита расстоянием. Территория промплощадки, все существующие ЯРОО и предполагаемые участки долговременного хранения и/или захоронения РАО находятся на значительном (~10 км) расстоянии от ближайших крупных населенных пунктов (г. Озерск, г. Кыштым, г. Касли) и мест постоянного пребывания и рекреации населения;

б) защита рельефом. Структура преобладающего (регионального) потока подземных вод определяется снижением абсолютных отметок поверхности с запада на восток, при этом общий поток восточного направления подразделяется на потоки более низких порядков, направления которых зависят от положения местных водоразделов и дрен. Рельеф местности имеет слабую расчлененность, холмы преимущественно мелкие, с плоскими вершинами и пологими склонами. Основными дренами подземных потоков со стороны частных водоразделов в границах территории, подверженной влиянию производственной деятельности ФГУП «ПО «Маяк» являются: р. Мишеляк и р. Теча; Теченский каскад водомов, обводные каналы ЛБК и ПБК.

Учитывая изложенное выше, а также исходя из данных [5], [6], миграция загрязненных поверхностных и грунтовых вод за пределы территории ФГУП «ПО «Маяк» возможна только с водами р. Теча.

Оценка принципиальной возможности локализации РАО в месте их размещения существенным образом зависит от периода потенциальной опасности РАО, размещенных в рассматриваемом ПХРО. В соответствии с имеющимися данными он для В-17 будет определяться активностью долгоживущих радионуклидов, депонированных в илах водоема, и, как следствие, период потенциально опасности РАО превышает сотни тысяч лет. С учетом данных СГУК РВ и РАО, а также результатов, представленных в работе [7] через 440 лет основные опасные бета-излучающие радионуклиды ( $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) распадутся до минимальных значений, по которым уже не требуется проведение радиационного контроля, а трансурановые альфа-излучатели будут прочно зафиксированы в ложе бывшего водоема. В рамках проведения обоснования принимается расчетный период — 440 лет [1].

Для прогнозирования развития ситуации, связанной с распространением радионуклидного загрязнения в подземных водах района водоемов В-9 и В-17, на базе результатов многолетних наблюдений и обширных научных исследований группой специалистов ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП «Гидроспецгеология» и ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» была разработана математическая модель миграции загрязнения в районе водоемов В-9 и В-17 GEON-3D [6]. Проведенные на модели расчеты показывают, что в течение ближайших 300 лет не произойдет сколько-нибудь заметного воздействия загрязненных подземных вод на открытую гидрографическую сеть региона. Результаты прогнозных расчетов опубликованы в работе [8].

Многолетние исследования, проведенные в рамках разработки проектов консервации водоемов В-9 и В-17 [2, 6, 8], подтверждают, что геолого-гидрогеологические условия района расположения водоема-хранилища допускают создание барьеров безопасности, обеспечивающих локализацию подавляющей части накопленной активности РАО, в том числе за счет предусмотренных в проекте мероприятий по предотвращению выхода загрязненных подземных вод в открытую гидрографическую сеть.

Использование модели GEON-3DM позволило обосновать проектные решения по консервации (ликвидации) водоема В-17, аналогично проведенных работ по водоему оз. Карачай (В-9). Воздействия водоемов на окружающую среду также рассматривается в работе [9], где отмечается, что возможное поступление  $\text{Sr-90}$  в р. Мишеляк с загрязненными подземными водами, фильтрующимися из водоема В-9 (оз. Карачай) или водоема В-17, не может быть достоверно выявлено на фоне сложившегося радиоактивного загрязнения речной системы и значительно меньше  $1,1 \cdot 10^{10}$  Бк/год.

С целью обеспечения безопасности на закрытой акватории водоема В-17 предусмотрено создание двух пунктов мониторинга теплового режима и газовыделения локализованных донных отложений водоема с использованием автоматизированного комплекса в режиме реального времени. Пункты контроля температуры донных отложений конструктивно выполняются и оборудуются по аналогии с действующим на водоеме В-9 опытным пунктом. Все пункты контроля температуры донных отложений будут оборудованы автоматизированными комплексами регистрации температуры и подключены посредством соевой связи к введенному в действие АРМ-Г.

Анализ рисков потенциального облучения в ходе выполнения работ по консервации В-17 был основан на опыте, полученном при консервации В-9. В соответствии с проектом работ по консервации, в качестве гипотетической аварийной ситуации рассматривается возникновение смерча и прохождение его через акваторию водоема В-17 [9]. Рассматриваемый район относится к смерчеопасному, поскольку находится в зоне VB, годовая вероятность возникновения смерчеопасного события ( $P_s$ ) —  $10^{-6} \text{год}^{-1} \text{км}^{-2}$ . Площадь открытой части В-17 —  $0,136 \text{ км}^2$ . Аварийная ситуация, связанная с прохождением смерча через акваторию водоема В-17, является наиболее неблагоприятной по своим радиационным последствиям среди рассматриваемых. Максимальная эффективная доза внешнего облучения по прогнозам в месте прохождения гипотетического смерча может достигать 50 мЗв, а сверхнормативное облучение могут получить от 1000 до 100000 человек, проживающих в Челябинской области. Основываясь только на представленных данных, оцени-

вается, что максимальный риск потенциального облучения может достигать значений  $7 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>. Единственной действенной мерой по полному предотвращению возможности возникновения такого радиационного воздействия является полное закрытие акватории водоема В-17.

Учитывая, что продолжительность работ по удалению РАО значительно выше продолжительности работ по консервации водоема В-17 (60 и 10 лет соответственно согласно разработанным сценариям проведения работ, учитывающим объемы и характеристики отходов), величина риска потенциального облучения персонала и населения от внешнего воздействия в 6 раз выше при удалении РАО, чем при захоронении РАО в месте их нахождения. Согласно разработанному проекту консервации после окончания всех работ по консервации возникновение аварийных ситуаций при рассмотренных выше воздействиях исключено.

При проведении работ по удалению РАО из водоема В-17 к потенциально опасным аварийным сценариям относятся грузоподъемные работы и транспортирование. РАО после переработки транспортируются автомобильным транспортом, расстояние до централизованного пункта захоронения составляет 10 км (с учетом строительства пункта захоронения на территории ФГУП «ПО «Маяк»), что приведет к значению коллективного риска потенциального облучения выше  $2,27 \cdot 10^{-2}$  год<sup>-1</sup>.

Таким образом, риск потенциального облучения персонала при проведении работ по обращению с упаковками РАО (погрузка-выгрузка и транспортировка к пункту захоронения РАО) достигает  $2,27 \cdot 10^{-2}$  год<sup>-1</sup>, что значительно превосходит аналогичное значение при проведении работ по захоронению РАО в месте их нахождения, поэтому оценку риска потенциального облучения для остальных этапов работ по обращению с РАО можно не проводить.

В рамках обоснования также были проведены оценки коллективных эффективных доз облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО и совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения (таблица 5.1).

*Таблица 5.1 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в Водоеме В-17 (оз. Старое болото) ФГУП «ПО «Маяк» [1]*

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО               | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения                                                              |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 68                   | >>        | менее 4                                                                                            |            |
| Риск потенциального облучения, год <sup>-1</sup>                                            | более $2,27 \cdot 10^{-2}$ | >>        | менее $2,1 \cdot 10^{-4}$                                                                          |            |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 238                  | >>        | менее 22,4                                                                                         | менее 0,15 |
|                                                                                             |                            |           | Совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения |            |

### 5.1.2 Бассейн Б-25 СХК

В ходе строительства АО «СХК» был учтен опыт эксплуатации ФГУП «ПО «Маяк», но производственная деятельность СХК так же сопровождалась образованием большого количества жидких, твердых и газообразных РАО.

В начальный период эксплуатации производств была принята схема обращения с ЖРО также с использованием открытых хранилищ отходов. Она состояла из ряда специальных гидротехнических сооружений: бассейны Б-1, Б-2; пульпохранилища ПХ-1, ПХ-2; бассейн Б-25; водохранилища ВХ-3, ВХ-4 [10].

Большая часть накопленных ЖРО захоронена в поглощающие геологические горизонты (в настоящее время — пункты глубинного захоронения жидких РАО ФГУП «НО РАО»). В 1982 г. с началом эксплуатации данных пунктов захоронения бассейны Б-1 и Б-2 были выведены из технологической схемы. В 2012 г. завершены уникальные работы по консервации бассейна Б-2 и в настоящее время завершаются аналогичные работы в отношении бассейна Б-1 (в рамках ФЦП ЯРБ), см. раздел 6.1.

Накопленный опыт в ходе выполнения работ по консервации бассейнов Б-2 и Б-1, лег в основу при разработке проекта консервации бассейна Б-25. Бассейн Б-25 является искусственным приповерхностным хранилищем жидких РАО, эксплуатируемым на СХК с 1962 года по проекту института ВНИПИЭТ г. Санкт-Петербурга, представляет собой специальное гидротехническое сооружение прямоугольной формы ёмкостью 20000 м<sup>3</sup> с размерами нижнего основания 85х85 м, размер верхнего основания 115 х 115 м. Бассейн Б-25 использовался для приема, накопления, отстоя, декантации и временного хранения нейтрализованных жидких РАО химико-металлургического производства плутония, образовавшиеся при выполнении оборонных программ (рисунок 5.6).

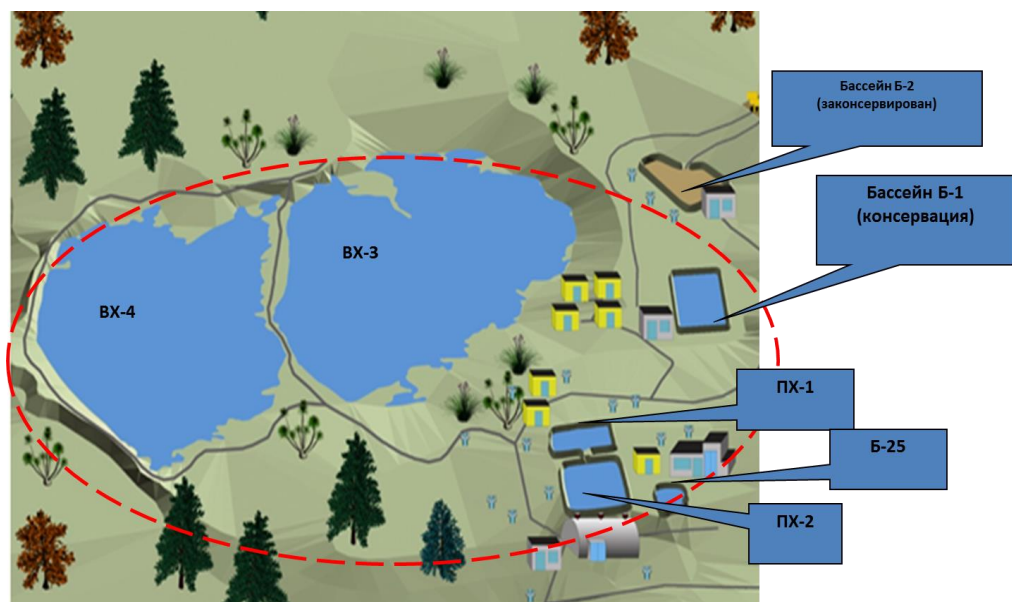


Рисунок 5.6 — Схема размещения ПХ ЖРО АО «СХК» [11]

Дно и откосы бассейна Б-25 экранированы слоем глины толщиной 0,75 м. Для предотвращения размыва, вследствие механических повреждений и вредных воздействий высоких и низких температур в период заполнения, глиняный экран прикрыт защитным слоем местного грунта толщиной 1 м. Максимальный уровень заполнения бассейна 2,5 м.

РАО, хранящиеся в Б-25, по уровню удельной активности относятся к САО, согласно ОСПОРБ-99/2010 и содержат долгоживущие радионуклиды: плутоний-239, уран-235, америций-241. Бассейн эксплуатировался без инцидентов и нарушений [12].

Основное количество радионуклидов сосредоточено в донных отложениях, которые представляют собой гелеобразную массу с небольшой несущей способностью. Уровень пульповых отложений в некоторых местах бассейна Б-25 достигает 2 м (в зоне приема отходов). При площади бассейна Б-25 около 7200 м<sup>2</sup> и средней толщине слоя донных отложений около 1,5 метра [13] их объем составляет более 2202 м<sup>3</sup> [14]. Донные осадки в бассейне распределены неравномерно по дну бассейна. Начиная с 1986 г. стали предприниматься меры по исключению бассейна Б-25 из технологического цикла завода, в том числе был прекращен сброс части растворов путем их переработки и подземного захоронения. С 2012 г. сброс в бассейн Б-25 отходов полностью прекращен [12].

Обоснование отнесения РАО к особым выполнялось по следующим основным причинам:

- с момента создания ПХРО и в последующий период полное удаление РАО из него не рассматривалось как реальный вариант. Проведение работ по удалению РАО сопряжено со значительными рисками, обусловленными дозовыми нагрузками на персонал;
- на момент разработки обоснования уже был разработан и находился на стадии прохождения экспертизы проект консервации Б-25 (ВНИПИЭТ);
- признание бассейна Б-25 пунктом размещения особых РАО позволит реализовать комплекс мер по консервации, который полностью обеспечит безопасность на длительный период и в полной мере соответствует основным принципам радиационной защиты, поскольку обеспечит более высокий уровень безопасности персонала, населения и окружающей среды при меньших рисках и затратах в сравнении с удалением РАО.

Перевод поверхностного хранилища ЖРО бассейна Б-25 в пункт консервации РАО обоснован [13] и предусмотрен при выполнении комплекса мероприятий, направленных на обеспечение локализации в пределах временного хранилища радионуклидов и химически вредных компонентов отходов.

Основной задачей этих мероприятий является обеспечение локализации в объеме временного хранилища радионуклидов и токсичных компонентов отходов, уменьшение их подвижности, ограничение объемов загрязненных материалов, используемых для консервации и находящихся в хранилище после консервации, предотвращение загрязнения подземных вод в районе хранилища.

Создание долговременного закрытого хранилища РАО должно исключить попадание радиоактивных нуклидов и токсичных компонентов отходов из объема хранилища в объекты окружающей природной среды: в атмосферу, поверхностные и грунтовые воды, на поверхность прилегающей территории за пределы установленных границ санитарно-защитной зоны.

В период с 2008 по 2009 год в соответствии с запланированными мероприятиями ФЦП ЯРБ были проведены НИОКР и получены следующие результаты:

- по результатам КИРО выполнен предварительный анализ безопасности, который показал, что в настоящее время существующая система естественных и инженерных барьеров, технических и организационных мер по защите физических барьеров и сохранению их эффективности обеспечивает надлежащий уровень безопасности бассейна Б-25.
- выполнен прогнозный расчет миграции радионуклидов [15], создана математическая модель и проблемно-ориентированное программное обеспечение. Проведен анализ физико-химических процессов, происходящих в локальной геологической среде, которая образуется после работ по консервации бассейна Б-25. Основными процессами, определяющими миграцию радионуклидов в бассейне, являются движение жидкой фазы,

движение газовой фазы, фазовые переходы, диффузия, сорбция-десорбция. Создана математическая модель миграции радионуклидов в пористой среде, с учетом взаимодействия растворов с породами, составляющими геологическую среду. В модели учитываются неоднородность состава и строения геологической среды, а также нелинейные взаимодействия между различными процессами. С помощью программно-технического комплекса, созданного на базе персонального компьютера и разработанного программного обеспечения, проведены компьютерные эксперименты по исследованию распространения радионуклидов в геологической среде. Проведены прогнозные расчеты изменения уровня насыщенной зоны в результате движения жидкой фазы, миграции радионуклидов через противofильтрационный глиняный экран бассейна Б-25 на период 100 лет после консервации. Исследована миграция радионуклидов в пористой среде и выход радионуклидов через противofильтрационный глиняный экран. Результаты моделирования показали, что выхода радионуклидов через противofильтрационный глиняный экран не происходит, если нет неизомерных нарушений и трещин глиняного экрана [13].

В рамках проведения обоснования отнесения РАО к особым, в связи с тем, что РАО содержат долгоживущие радионуклиды, расчетный период установлен — 1000 лет.

Разработанный сценарий захоронения РАО в месте их нахождения предусматривал выполнение работ по проведению экспертизы разработанного проекта, проведение всех работ по консервации бассейна, путем раскочки декантата и последующей многократной промывки бассейна; засыпке бассейна местным грунтом; последующему перекрытию равномерным слоем грунта территории бассейна и т.д. С учетом установленного расчетного периода (1000 лет), предусматривалось проведение аналогичных дополнительных работ, каждые 100 лет. Через 1000 лет объект должен быть переведен в пункт захоронения РАО.

Согласно сводной смете проекта [16] и пересчету инвестиций в цены 2014 г. с использованием индексов инфляции [17], затраты на консервацию составили менее 820 млн руб. Таким образом, затраты на проведение работ по реконструкции пункта консервации, перевод в пункт захоронения и проведение работ по мониторингу объекта не превысят 4,6 млрд рублей за 1000 лет проведения работ в ценах 1 квартала 2014 г.

Сценарий удаления РАО из объекта учитывал принцип удаления декантата, извлечение пульпы с дальнейшей её консервацией в железобетонных контейнерах. Пульпа передается на завод для дальнейшей её переработки — отделения твердой фазы от жидкой, обезвоживание, кондиционирования. Остеклованная пульпа помещается в железобетонные контейнеры НЗК-3 и перевозится в места временного хранения РАО. Контейнеры железнодорожным транспортом доставляются с места временного хранения к централизованному пункту хранения. В рамках проведения работ требуется также извлечь защитный глиняный экран и загрязненный грунт, уложенные по дну и боковым стенам бассейна.

Оценка затрат на захоронение РАО, с учетом класса РАО после извлечения из бассейна, их переработки с учетом объема РАО, размещенных в контейнеры превысит 53 млрд руб. Также были проведены оценки затрат на извлечение РАО, их кондиционирование. Только по этим трем позициям проведения работ затраты превысят 88 млрд руб., без учета затрат на проведение работ по разработке проекта, проведение подготовительных работ, вывод объекта из эксплуатации и т.д.

В рамках обоснования также были проведены оценки коллективных доз облучения персонала, рисков потенциального облучения и показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует (таблица 5.2).

Таблица 5.2 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в Бассейне Б-25 АО «СХК»

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО              | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 19                  | >>        | менее 2                               |
| Риск потенциального облучения                                                               | более $6,9 \cdot 10^{-5}$ | >         | менее $10^{-6}$                       |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 88                  | >>        | менее 2,2                             |

## 5.2 Приповерхностные пункты хранения ТРО

### 5.2.1 Грунтовые могильники ПО «Маяк»

ФГУП «ПО «Маяк» представляет собой комплекс взаимосвязанных производств, включающий реакторное, радиохимическое, химико-металлургическое, радиоизотопное и приборостроительное производства. История создания предприятия приводится подробно в монографии [10]. На принятие решения о размещении ПО «Маяк» повлияла его удаленность от крупных городов (г. Челябинск — 60 км, г. Касли и Кыштым — 15 км) и границ государства, а также результаты геологических изысканий и анализ радиоактивного и химического воздействия на население близлежащих населенных пунктов в результате выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Проведенные исследования и основанный на них выбор расположения предприятия и города Озерск позволили в дальнейшем обеспечить безопасность населения, а также минимизировать радиационные последствия крупных аварий на производстве (от жилых массивов г. Озерска — 15-20 км, от поселка № 2 — 2-10 км).

Наибольшие объемы накопленных РАО образовались в результате деятельности радиохимического завода, что объясняется технологией получения плутония, пригодного для изготовления атомной бомбы. В начале производства для выделения порядка 100 граммов плутония перерабатывалась тонна урановых блоков, использовались тысячи тонн реагентов и десятки тысяч тонн воды для охлаждения. Остановимся кратко, на аспектах, связанных с обращением с ТРО, образовавшимися в результате деятельности радиохимического завода, важных с точки зрения формирования обоснования отнесения РАО к особым. В начальный период деятельности ФГУП «ПО «Маяк» все ТРО размещались в траншеях и котлованах вблизи источников их образования без намерения последующего извлечения. Проекты ПХРО не разрабатывались.

В основном в подобных объектах размещались отходы низкой активности, содержащие короткоживущие радионуклиды. В рамках подготовки к проведению первичной регистрации руководством ФГУП «ПО «Маяк» было принято решение об объединении в один единый объект 87 грунтовых могильников радиохимического производства согласно положению, утвержденному постановлением Правительства России № 1494 [18]. Данное решение является наиболее целесообразным с точки зрения перевода совокупности могильников в безопасное состояние, а также учитывает историю их создания и эксплуатации:

- организация могильников ниже поверхности земли в искусственно созданных траншеях, или котлованах, или используя естественные понижения рельефа;
- отсутствие инженерных защитных барьеров;
- отсутствие проектных материалов и мероприятий по выводу из эксплуатации;
- схожесть номенклатуры ТРО, размещенных в могильниках, и их радионуклидного состава [19].

Эксплуатация первого могильника началась в 1951 году. На сегодняшний день 86 могильников закрыты (дата окончания эксплуатации последнего из них — 1995 г.) и покрыты защитным слоем грунта, один объект находится в эксплуатации в соответствии с действующей лицензией. Могильники представляют собой искусственные траншеи и котлованы, либо выработки, из которых в период строительства предприятия брали грунт. Глубина траншей и котлованов составляет от 0,5 до 8 м. Высота отсыпки некоторых могильников достигает 2 м. В отношении нескольких могильников выполнены реабилитационные мероприятия с вырубкой древесно-кустарниковой растительности, организацией дренажа и защитного слоя грунта в соответствии с проектом [20].

По данным ФГУП «ПО «Маяк» в комплексе могильников размещено почти 230 тыс. м<sup>3</sup> РАО. Основные радионуклиды относятся к короткоживущим — <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs,  $\alpha$ -активность определяется <sup>239</sup>Pu. Категория отходов в могильниках по уровню удельной активности соответствует категории ОНРАО, НАО и небольшой объем САО [19].

По результатам радиационных обследований МАЭД на территории комплекса могильников варьируется от 0,7 до 180 мкЗв/ч, плотность потока бета-частиц (ППБЧ) — от 3 до 3700 част/(см<sup>2</sup>·мин). Радиоактивное загрязнение территории в районе комплекса могильников обусловлено, как длительным (более 50 лет) влиянием производственной деятельности предприятия, так и авариями, произошедшими на ФГУП «ПО «Маяк» в 1957 году (на емкости-хранилище РАО) и 1967 годах (ветровой подъем и перенос загрязненных радионуклидами аэрозолей с обнажившихся в связи с засухой берегов оз. Карачай (водоем В-9)) [10]. По полученным ФГУП «ПО «Маяк» оценкам, через 50-100 лет удельная активность практически всех грунтов на территории предприятия в районе расположения рассматриваемых объектов будет ниже ПЗУА [4], за счет распада радионуклидов.

Следует особо отметить, что результаты многолетнего радиационного контроля и гидрогеологического мониторинга места размещения могильников выявили следующие особенности:

- параметры радиационной обстановки на территории комплекса могильников (мощность дозы, плотность потока альфа- и бета-частиц), как правило, значительно ниже, чем на сопредельных участках. Такая ситуация объясняется тем, что данная территория регулярно отсыпается чистым грунтом (для предотвращения «проседания» поверхности могильников), а сопредельные территории имеют повышенное радиоактивное загрязнение в результате аварий 1957 и 1967 годов;
- объемная активность грунтовых и подземных вод непосредственно под комплексом могильников (на уровне залегания грунтовых вод от 5 до 10 м), как правило, значительно ниже, чем в районе относительного водоупора (на глубине от 50 до 100 м), поскольку загрязнение этих вод обусловлено неразбавленными растворами ореола специального промышленного водоёма В-9.

В связи с тем, что подробные сведения об удельных активностях <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs в могильниках неизвестны (известна общая  $\beta$ -активность), расчет периода потенциальной опасности РАО проведен для <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs, при том допущении, что общая  $\beta$ -активность полностью определяется активностью этих радионуклидов.

При допущении, что:

- 100 %  $\beta$ -активности составляет активность <sup>137</sup>Cs, максимальный период потенциальной опасности составляет 294 года;
- 100 %  $\beta$ -активности составляет активность <sup>90</sup>Sr, максимальный период потенциальной опасности составляет 188 лет;
- максимальный период потенциальной опасности по <sup>239</sup>Pu составляет 195 тыс. лет.

В рамках проведения предварительного обоснования безопасности окончательного захоронения ТРО в существующих грунтовых могильниках радиохимического производства на основании детального рассмотрения каждого из участков размещения могильников были созданы физические и гидрогеологические модели и проведена схематизация с

выделением девяти схем расчета миграции из могильников основных компонентов-загрязнителей. Для каждой из девяти схем были проведены прогнозные расчеты с использованием программы «Ecolego-5» выноса из могильников основных радионуклидов ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239}\text{Pu}$ ) на период до 1000 лет. Показано, что в контрольных точках, расположенных в 50 м (для  $^{239}\text{Pu}$ ) и в 500 м (для  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ) ниже по грунтовому потоку, не прогнозируется превышения уровней вмешательства для питьевой воды ни по одному радионуклиду (приложение 2 НРБ-99/2009 [21]) в течение 1000 лет [22].

В ходе подготовки обоснования отнесения РАО к особым с учетом максимального периода потенциальной опасности РАО (195 тыс. лет) были проведены дополнительные прогнозные расчеты возможной миграции радионуклидов для всех 87 могильников [19]. Модели были разработаны для двух групп могильников — подтопляемых грунтовыми водами и не подтопляемых. Расчеты проводились для наиболее консервативного случая преимущественного содержания стронция в составе отходов.

Расчет эффективной дозы облучения населения от подтопляемых могильников проводился также для населенного пункта, расположенного на расстоянии 1800 метров от объекта. Было принято, что формирование доз по всем путям облучения населения происходит за счет ведения натурального хозяйства и потребления загрязненных радионуклидами продуктов питания (овощи, мясо, молоко, колодезная питьевая вода).

На рисунках 5.7, 5.8 приведены графики зависимости концентрации радионуклидов от времени в реке Мишеляк вблизи места разгрузки грунтовых вод с учетом разбавления (принято, что радионуклиды равномерно распределяются в потоке).

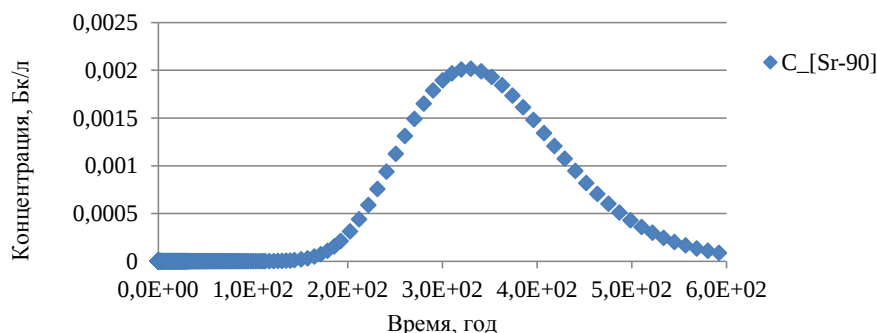


Рисунок 5.7 — График зависимости от времени концентрации стронция в реке Мишеляк в месте разгрузки грунтовых вод

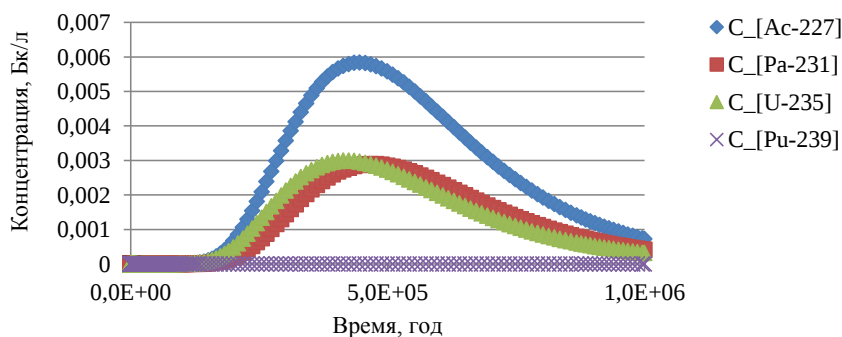


Рисунок 5.8 — Графики зависимости от времени концентрации радионуклидов  $^{235}\text{U}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ ,  $^{227}\text{Ac}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в реке Мишеляк в месте разгрузки грунтовых вод

Как видно из представленных графиков, максимальная концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в воде водоносного горизонта достигается примерно через 330 лет с момента начала эксплуатации хранилищ (с 1961 г.) и составляет  $2 \cdot 10^{-3}$  Бк/л максимальная концентрация  $^{227}\text{Ac}$  ( $5,8 \cdot 10^{-3}$  Бк/л),  $^{231}\text{Pa}$  ( $2,9 \cdot 10^{-3}$  Бк/л),  $^{235}\text{U}$  ( $3 \cdot 10^{-3}$  Бк/л) и  $^{239}\text{Pu}$  ( $8,2 \cdot 10^{-15}$  Бк/л) достигается на временах порядка  $10^5$  лет. Основной вклад в суммарную годовую эффективную дозу на сравнительно малых временах вносит  $^{90}\text{Sr}$  (максимальное значение  $\sim 2 \cdot 10^{-9}$  Зв/год достигается через 330 лет с момента начала эксплуатации могильников), а на сравнительно больших временах —  $^{231}\text{Pa}$  (максимальное значение  $\sim 7 \cdot 10^{-11}$  Зв/год достигается через  $4 \cdot 10^5$  лет с момента начала эксплуатации могильников).

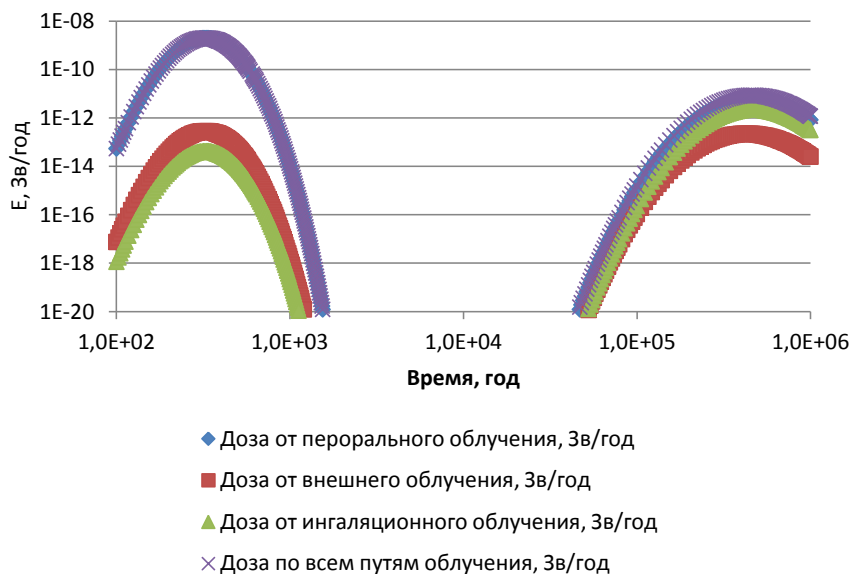


Рисунок 5.9 — Зависимость индивидуальной эффективной суммарной дозы и дозы по каждому пути облучения населения от времени, для не подтопляемых могильников

На рисунке 5.9 представлен график зависимости от времени суммарной эффективной дозы и дозы по каждому пути облучения населения от не подтопляемых могильников. Наибольший вклад в суммарную годовую эффективную дозу облучения населения вносит доза, получаемая человеком за счет потребления продуктов питания и загрязненной воды.

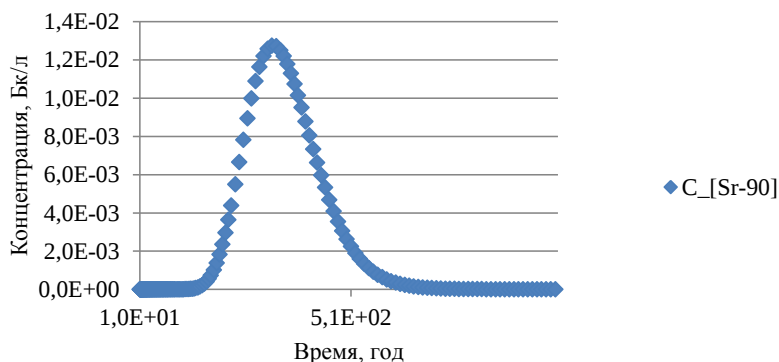


Рисунок 5.10 — Концентрация стронция в воде водоносного горизонта в месте разгрузки

На рисунках 5.10, 5.11 приведены графики зависимости от времени концентрации радионуклидов в водоносном горизонте в месте разгрузки грунтовых вод с учетом разбавления (принято, что радионуклиды равномерно распределяются в потоке), для группы подтопляемых могильников.

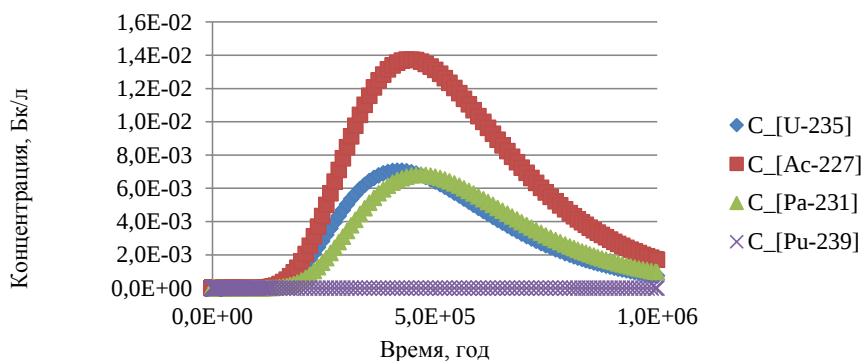


Рисунок 5.11 — Концентрация радионуклидов  $^{235}\text{U}$ ,  $^{227}\text{Ac}$ ,  $^{231}\text{Pa}$  и  $^{239}\text{Pu}$  в воде водоносного горизонта в месте разгрузки, для группы подтопляемых могильников

Как видно из представленных графиков, максимальная концентрация  $^{90}\text{Sr}$  ( $1,3 \times 10^{-2}$  Бк/л) в воде водоносного горизонта достигается через 326 лет с момента начала эксплуатации могильников (с 1951 г.), максимальная концентрация  $^{227}\text{Ac}$  ( $1,4 \times 10^{-2}$  Бк/л),  $^{231}\text{Pa}$  ( $6,8 \times 10^{-3}$  Бк/л),  $^{235}\text{U}$  ( $7,1 \times 10^{-3}$  Бк/л) и  $^{239}\text{Pu}$  ( $1,9 \times 10^{-14}$  Бк/л) достигается на временах порядка  $10^5$  лет. Основной вклад в суммарную годовую эффективную дозу на сравнительно малых временах вносит  $^{90}\text{Sr}$  (максимальное значение  $1,2 \times 10^{-8}$  Зв/год достигается через 326 лет с момента начала эксплуатации могильников), а на сравнительно больших временах —  $^{231}\text{Pa}$  (максимальное значение  $\sim 1,7 \times 10^{-11}$  Зв/год достигается через  $4 \times 10^5$  лет с момента начала эксплуатации могильников).

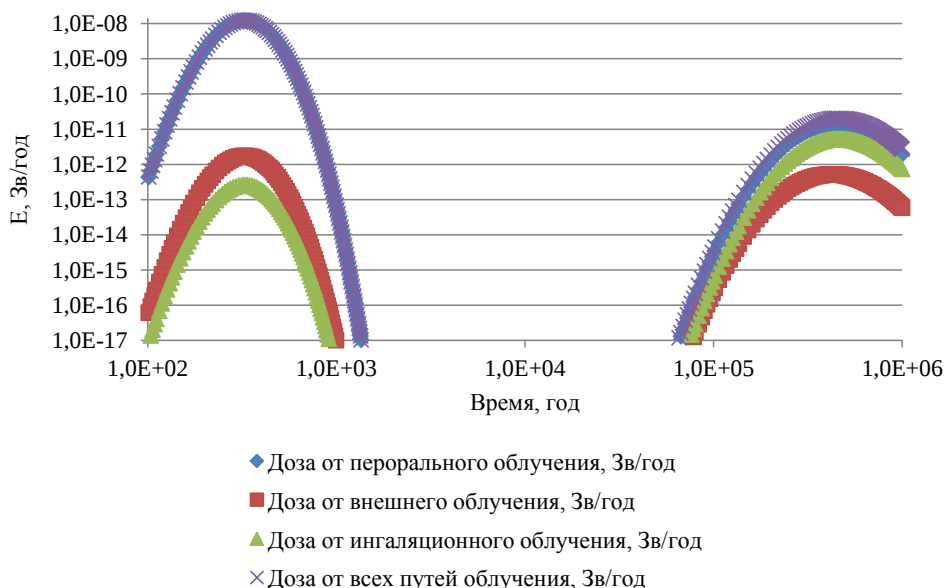


Рисунок 5.12 — Зависимость индивидуальной эффективной суммарной дозы и дозы по каждому пути облучения населения от времени, для группы подтопляемых могильников

На рисунке 5.12 представлен график зависимости суммарной эффективной дозы и дозы по каждому пути облучения населения от времени. Наибольший вклад в суммарную годовую эффективную дозу облучения населения вносит доза, получаемая человеком за счет потребления продуктов питания и загрязненной воды.

Таким образом, результаты прогнозных расчетов показывают, что в случае захоронения РАО в месте их нахождения:

- для законсервированных приповерхностных могильников, не подтопленных грунтовыми водами и имеющих зону аэрации, превышение УВ<sup>ВОДА</sup> по  $^{239}\text{Pu}$  и его дочерним элементам на расстоянии 1800 м от могильников на весь период моделирования в воде водоносного горизонта не прогнозируется;
- для законсервированных приповерхностных могильников, подтопленных грунтовыми водами, превышение УВ<sup>ВОДА</sup> по  $^{239}\text{Pu}$  и его дочерним элементам на расстоянии 1800 м от могильников также не прогнозируется;
- вклад могильников в индивидуальную эффективную дозу облучения критической группы населения от объектов хранения/захоронения РАО ФГУП «ПО «Маяк»:
  - ♦ для могильников, не подтопленных грунтовыми водами, не превысит  $2 \times 10^{-6}$  мЗв/год на временах  $\sim 300$  лет и  $1 \times 10^{-8}$  мЗв/год на временах  $\sim 10^4$  лет.
  - ♦ для могильников, подтопленных грунтовыми водами, не превысит  $1,2 \times 10^{-5}$  мЗв/год на временах  $\sim 300$  лет и  $5 \times 10^{-8}$  мЗв/год на временах  $\sim 10^4$  лет [19].

Следовательно, можно сделать главный вывод: на весь период потенциальной опасности РАО для комплекса могильников с большим запасом будет соблюдаться требование ОСПОРБ-99/2010 — не превышение 10 мкЗв/год.

Оценка нерадиационных характеристик отходов показала, что в их составе отсутствуют материалы, содержащие ядерные, патогенные, инфекционные вещества, кроме этого отсутствуют вещества, реагирующие с водой: с выделением теплоты; с образованием горючих газов и т.д. Таким образом, была доказана принципиальная возможность перевода объекта в пункт захоронения.

С учетом того факта, что в соответствии с разработанным сценарием захоронения отходов в месте их нахождения работы по переводу в пункт захоронения должны проводиться без интенсивного пылеобразования, и в тоже время максимальные годовые индивидуальные дозы облучения населения значительно меньше 10 мкЗв/год, оценка коллективных эффективных доз облучения не проводилась.

В рамках обоснования был установлен расчетный период — 290 лет, который соответствует периоду времени, по истечению которого уровни удельных активностей  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  упадут до уровней ПЗУА. Расчетный период в этом случае рассматривался как максимальный срок, в течение которого пункт консервации будет переведен в пункт захоронения РАО. При этом будет доказано, что проведение периодического контроля после перевода пункта консервации в пункт захоронения либо не понадобится, либо он будет очень низко затратным.

Сценарий захоронения отходов в месте их нахождения разрабатывался на основе проекта благоустройства территории, предусматривающего: устройство временных и ремонт существующих дорог, очистку площадок от деревьев и кустарников, устройство дополнительного покрывающего экрана, наблюдательных скважин, противопожарных полос, дренажных полос и другие работы. С учетом МАЭД в месте проведения работ, работы по консервации объекта приведут к коллективной эффективной дозе облучения персонала менее 1,0 чел.-Зв.

До окончания расчетного периода сценарием предусмотрено проведение периодических работ по поддержанию объекта в безопасном состоянии, включающих, в том числе проведение работ по радиационному мониторингу; периодическое (один раз в пять лет) проведение работ по досыпке покрывающего экрана; вырубке деревьев и кустарников. Коллективная эффективная доза облучения персонала при проведении дополнительных работ, с учетом уменьшающихся во времени значений МАЭД и оцененных трудозатрат до

перевода в пункт захоронения не превысит 0,3 чел.-Зв. Дальнейшие работы на объекте будут проводиться при значениях МАЭД соответствующих фоновым значениям.

Таким образом, коллективная эффективная доза облучения персонала, связанная с захоронением РАО в месте их нахождения, за весь период потенциальной опасности РАО, не превысит 1,8 чел.-Зв.

Проведение оценки коллективной эффективной дозы облучения в случае извлечения РАО из объекта, проводились с учетом объемов и характеристик отходов, с использованием значений удельных дозозатрат персонала, полученных при анализе уже имеющегося опыта в отрасли. С учетом объема НАО и ОНРАО, коллективная эффективная доза облучения, связанная с извлечением отходов данных категорий превысит 14,9 чел.-Зв. Оценка коллективных эффективных доз облучения, полученных при сжигании части остальных отходов, при необходимости прессовании и кондиционировании приводит к значениям коллективных эффективных доз облучения выше 21 чел.-Зв.

Коллективная эффективная доза облучения персонала, в случае извлечения отходов, более чем в 10 раз превышает коллективную эффективную дозу облучения персонала, в случае захоронения РАО в месте их нахождения.

В рамках обоснования также были проведены оценки рисков потенциально облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО и совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения (таблица 5.3).

Таблица 5.3 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в грунтовых могильниках ФГУП «ПО «Маяк» [19]

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО         | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения                                                              |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | 21,6                 | >>        | 1,78                                                                                               |                      |
| Риск потенциального облучения, год <sup>-1</sup>                                            | $8,86 \cdot 10^{-4}$ | >>        | менее $10^{-6}$                                                                                    |                      |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 103,8          | >>        | менее 0,43                                                                                         |                      |
|                                                                                             |                      |           | Совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения | $0,43 \cdot 10^{-3}$ |

### 5.2.2 Хранилище ТРО ГХК

Пункт хранения «Объект 660 (хранилище ТРО)» представляет собой земляную траншею с уплотненным грунтом откосов и основания. ТРО, размещенные в рассматриваемом объекте, образовались в результате деятельности производств, участвовавших в наработке оружейного плутония ФГУП ФЯО «ГХК».

В 1962-1964 гг. при проведении ремонтных работ на реакторном заводе образовалось большое количество ТРО в виде графитовых втулок, датчиков, штанг и обрезков технологических каналов. В связи с отсутствием на тот момент времени хранилищ ТРО, было принято решение о размещении ТРО в бетонных контейнерах типа КН-1 (габаритные размеры 1400x1750x850мм, толщина стенок — 500мм, толщина днища и крышки — 200мм, коэффициент заполнения контейнеров — 0,75) в земляной траншее глубиной 6 м, длиной 50 м и шириной 25,0 м. Проектная вместимость пункта хранения составляет 7500 м<sup>3</sup> [23].

Основные радионуклиды относятся к короткоживущим, в том числе цезий-137; стронций-90. По уровню удельной активности ТРО относятся к CAO [24].

Объект создавался именно как пункт захоронения в соответствии с действовавшими в те годы правилами. Прошедшие годы показали, что существующие барьеры безопасности обеспечивают приемлемый уровень безопасности. 52-летнее наблюдение за ПХ показали, что существующие барьеры безопасности обеспечивают приемлемый уровень безопасности.

Для оценки принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения ИБРАЭ РАН был проведен долгосрочный прогноз миграции радионуклидов из пункта хранения. Рассмотрен вариант, при котором проводятся мероприятия по консервации ПХРО. Предполагалось, что создание грунтового покрывающего экрана позволит сократить инфильтрационное поступление. При проведении прогнозных расчетов принят консервативный подход, т.е. выбранные условия и параметры соответствовали максимальному воздействию на окружающую среду и человека. Целью долгосрочного прогноза является получение оценок удельной активности в ручье, находящемся на расстоянии 200 метров от объекта.

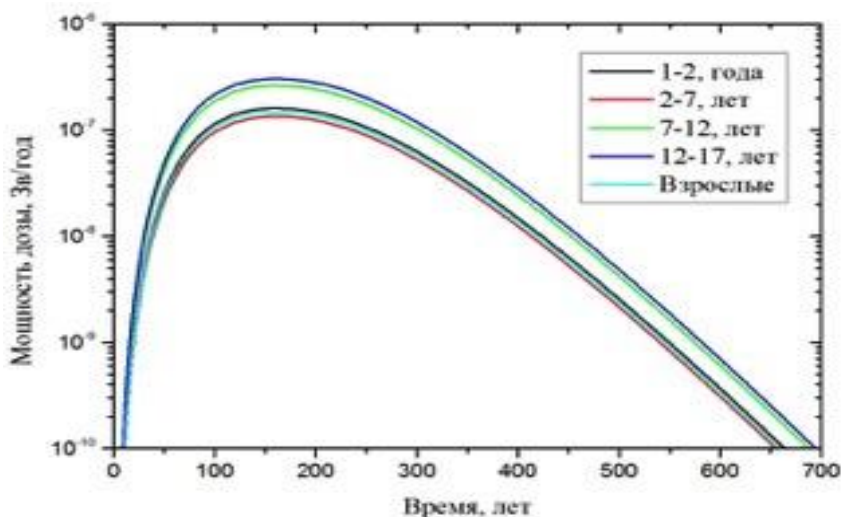


Рисунок 5.13 — Динамика дозовых нагрузок для различных групп населения [23]

Расчет показал (рисунок 5.13), что сорбционные свойства барьеров и вмещающей среды препятствует существенному выносу радионуклидов во вмещающую среду. При сооружении дополнительного грунтового покрывающего экрана, миграционные расчеты показывают непревышение допустимых уровней активности в воде ручья. Максимальная дозовая нагрузка на население при рассчитанных значениях удельной активности в воде ручья составит  $3 \cdot 10^{-7}$  Зв/год, что меньше установленного предела в 10 мкЗв/год. Таким образом, полученные консервативные оценки подтверждают возможность безопасной локализации РАО ПХ.

Разработанный в рамках проведения обоснования сценарий проведения работ по захоронению РАО в месте их нахождения учитывал период потенциальной опасности РАО — менее 400 лет. Согласно данному сценарию требуется провести работы по переводу объекта в пункт захоронения путем создания дополнительных барьеров безопасности: дополнительного покрывающего экрана, а также заполнения пустот пункта хранения дополнительным буферным материалом. После проведения всех работ по переводу в пункт захоронения планируется в течение периода потенциальной опасности осуществлять периодический радиационный контроль. Затраты на все работы до снятия объекта с регули-

рующего контроля не превысят 260 млн руб. Конечное состояние — объект снят с регулирующего контроля.

Для сценария удаления РАО, который предусматривает проведение работ по вскрытию существующих барьеров безопасности, извлечению РАО, их кондиционированию, паспортизации и транспортировке РАО в централизованный пункт захоронения РАО. Только затраты на захоронение РАО в централизованном пункте захоронения, с учетом установленных тарифов превысят 4,5 млрд руб. Таким образом, даже без учета затрат на извлечение отходов, их переработку, транспортировку и другие работы, которые превысят еще 4 млрд руб., показано, что захоронение на месте связано с значительно меньшими издержками [23].

В рамках обоснования также были проведены оценки коллективных доз облучения персонала, рисков потенциально облучения и показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует (таблица 5.4).

*Таблица 5.4 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в «Объекте 660 (хранилище ТРО)» ФГУП ФЯО «ГХК» [23]*

| Сценарий                                                                                    | Удаление РАО              | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Параметр                                                                                    |                           |           |                                       |
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 0,7                 | >         | менее 0,4                             |
| Риск потенциального облучения                                                               | более $5,0 \cdot 10^{-4}$ | >         | менее $4,0 \cdot 10^{-8}$             |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 8,7                 | >         | менее 0,3                             |

### 5.2.3 Приповерхностное хранилище ТРО ГХК

Пункт хранения «Объект 650/1 (хранилище ТРО)» предназначен для приема и хранения мелких и сыпучих ТРО средней и высокой активности и представляет собой железобетонные модули с монолитным железобетонным перекрытием, в котором расположены загрузочные люки, закрытые защитными пробками.

Объект эксплуатируется с 1963 года. ТРО размещены навалом. Основные радионуклиды, входящие в состав ТРО: плутоний-239, цезий-137; стронций-90. По уровню удельной активности отходы, размещенные на хранение, относятся к среднеактивным. Объем накопленных РАО составляет более 8,3 тыс. м<sup>3</sup>, что соответствует 91% проектной вместимости ПХРО [25].

С момента создания пункта хранения и в последующий период полное удаление РАО из них не рассматривалось как реальный вариант. Проведение работ по удалению РАО сопряжено со значительными дозовыми нагрузками на персонал и рисками. Признание ПХ пунктом хранения особых РАО позволит реализовать комплекс мер по консервации, который полностью обеспечит безопасность на длительный период и в полной мере соответствует основным принципам радиационной защиты, поскольку обеспечивает более высокий уровень безопасности персонала, населения и окружающей среды при меньших рисках и затратах в сравнении с удалением РАО.

51-летняя эксплуатация ПХ и наблюдение за ПХ показали, что существующие барьеры безопасности обеспечивают приемлемый уровень безопасности.

Для оценки принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения ИБРАЭ РАН проведен долгосрочный прогноз миграции радионуклидов из ПХРО. Так как в настоящее время вся территория предприятия находится под административным кон-

тролем и непреднамеренный прямой контакт с РАО представителями населения был исключен, моделировался сценарий нормальной эволюции, в соответствии с которым миграция радионуклидов из ПХРО происходит вместе с инфильтрирующимися в ПХРО осадками, проходящей далее через инженерные барьеры в ненасыщенную зону. Радионуклиды достигают водоносного горизонта вместе с инфильтрирующей водой и мигрируют с подземными водами за счет конвективного переноса с учетом задержки радионуклидов вмещающими породами в северо-западном направлении, где грунтовый поток разгружается в Ручей 2, находящегося на расстоянии 50 метров от хранилищ. При проведении прогнозных расчетов принят консервативный подход, т.е. выбранные условия и параметры соответствовали максимальному воздействию на окружающую среду и человека.

С учетом данных о радионуклидном составе отходов, а также об их удельных активностях, период потенциальной опасности РАО превысит 260 тыс. лет. При этом через 580 лет удельные активности Cs-137 и Sr-90 будут меньше значений ПЗУА [4].

Из-за отсутствия точных данных по удельной активности и составу  $\alpha$ -излучающих РН в пункте хранения консервативная оценка периода потенциальной опасности РАО — 264 тыс. лет. В обосновании был установлен консервативный расчетный период — 1000 лет, срок, в течение которого, пункт хранения будет гарантированно переведен в пункт захоронения РАО [26].

На рисунках 5.14, 5.15 представлены результаты расчетов миграции основных дозобразующих радионуклидов, а также дозовые нагрузки на население для всех критических групп.

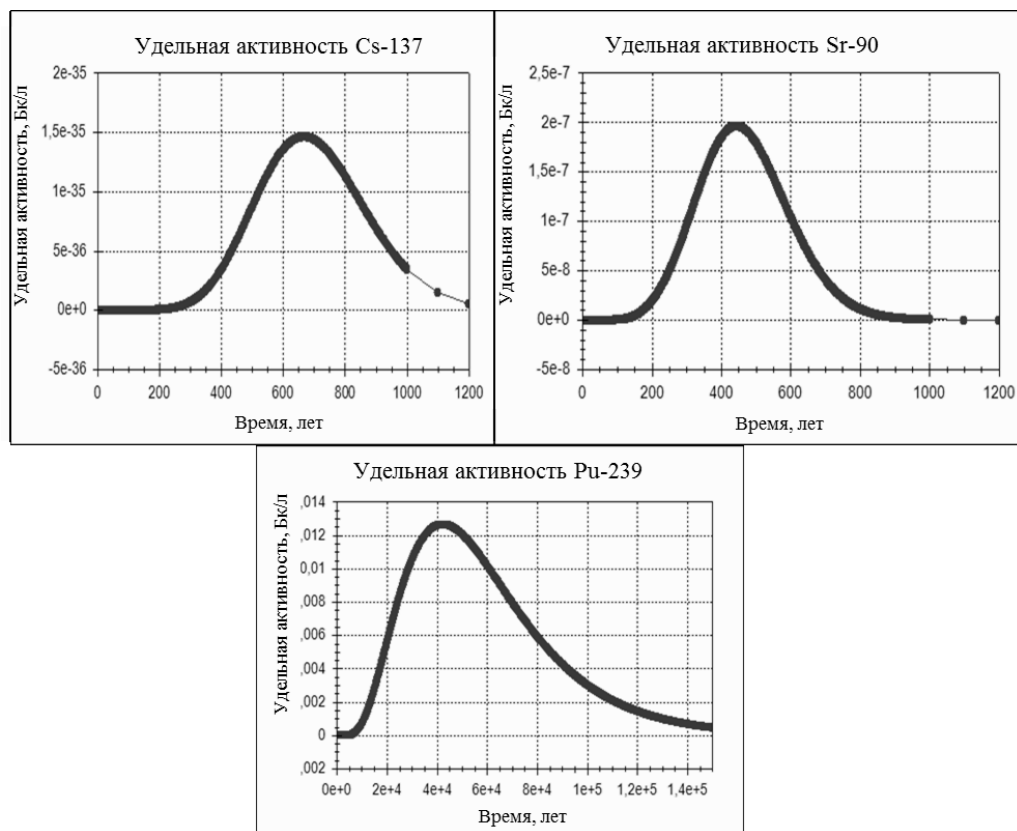


Рисунок 5.14 — Динамика изменения удельной активности в воде ручья

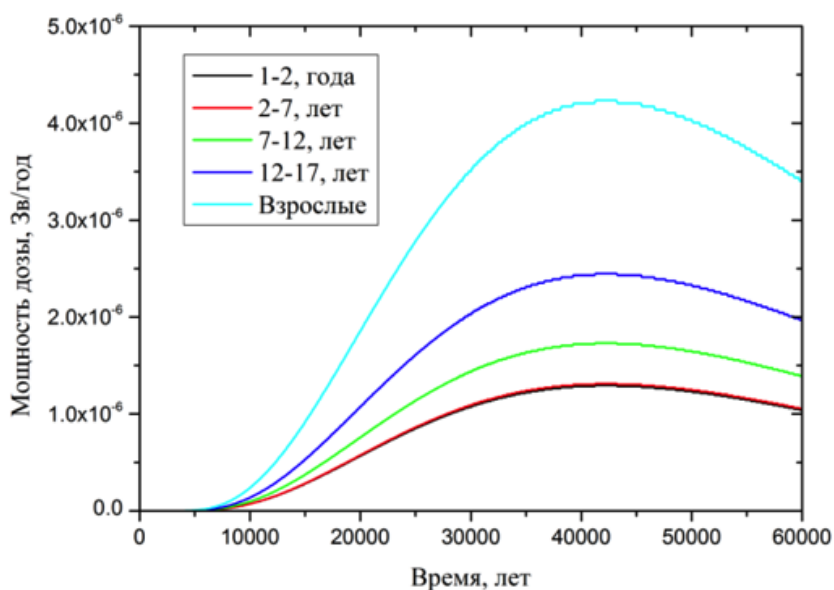


Рисунок 5.15 — Динамика эффективных доз облучения для различных возрастных групп населения [25]

Полученный результат показывает, что на протяжении 140 тыс. лет удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в воде ручья не превысит  $2 \cdot 10^{-7}$  Бк/л (пик концентрации — 2400 г.), что значительно меньше  $\text{УВ}^{\text{вода}}$  — 4,9 Бк/л. Показатели по  $^{137}\text{Cs}$  значительно ниже —  $1,5 \cdot 10^{-35}$  Бк/л — из-за его более интенсивной сорбции грунтами (пик концентрации — 2630 г.). Для долгоживущего  $^{239}\text{Pu}$  при наличии бетонного экрана, а также дополнительного грунтового покрывающего экрана, миграционные расчеты показывают непревышение допустимых уровней активности в воде ручья — пик концентрации соответствует  $1,26 \cdot 10^{-2}$  Бк/л (через 42 тыс. лет).

Максимальная дозовая нагрузка на население при рассчитанных значениях удельной активности в воде ручья составит  $6,9 \cdot 10^{-6}$  Зв/год, что меньше установленного предела в 10 мкЗв/год. Таким образом, полученные максимально консервативные оценки подтверждают возможность безопасной локализации РАО в объекте 650/1.

Согласно разработанному сценарию захоронения РАО в месте их нахождения, после окончания эксплуатации объекта планируется провести КИРО. С учетом площади объекта, МАЭД в месте проведения работ и полученных трудозатрат, коллективная эффективная доза облучения не превысит 0,6 чел.-мЗв. Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, задействованного при проведении подготовительных работ на объекте и работ по консервации, проводилась с учетом трудозатрат персонала, задействованного при проведенных работах по консервации на другом объекте ФГУП ФЯО «ГХК» (объект 354). С учетом МАЭД и площади объекта 650/1, работы по консервации будут включать, в том числе обустройство дополнительных барьеров безопасности и систем контроля, реабилитацию территории, и приведут к коллективной эффективной дозе персонала — 0,1 чел.-Зв. Эксплуатация пункта консервации будет проводиться в течение 1000 лет (консервативная оценка), работы включают реконструкцию барьеров безопасности и проведение работ по мониторингу объекта. Коллективная эффективная доза облучения проводилась с учетом изменений значений МАЭД в месте проведения работ по реконструкции барьеров безопасности, данных по трудозатратам на проведение работ, а также данных ЕСКИД персонала, задействованного при проведении работ по мониторингу объекта, и составила менее 0,22 чел.-Зв. Через 1000 лет будут проведены работы по пе-

реводу объекта в пункт захоронения, коллективная эффективная доза облучения не превысит 0,25 чел.-мЗв.

Таким образом, коллективная эффективная доза облучения персонала при захоронении РАО в месте их нахождения не превысит 0,33 чел.-Зв.

Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, связанной с удалением РАО, была проведена согласно разработанному сценарию удаления РАО. С учетом объема и характеристик РАО, при проведении работ по извлечению РАО из пункта хранения, их переработке, кондиционированию, паспортизации и транспортировке РАО коллективная эффективная доза облучения персонала превысит 0,83 чел.-Зв, что более чем в два раза превышает аналогичное значение при захоронении РАО в месте их нахождения. С учетом коллективных эффективных доз облучения на работы по проведению КИРО и подготовительных работ, коллективная эффективная доза облучения при удалении РАО превысит 1,4 чел.-Зв.

Анализ возможных внешних воздействий для двух вариантов обращения с РАО не выявил внешних воздействий, которые могли бы привести к рискам потенциального облучения. Более существенными с точки зрения формирования риска потенциального облучения являются технологические нарушения и технические отказы механизмов и транспортных средств.

В таблице 5.5 приведены оценки риска потенциального облучения в результате наиболее вероятных внешних событий.

Таблица 5.5 — Возможные события, приводящие к риску потенциального облучения

| Исходное событие                    | Оценка возникновения аварии и ее последствий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Внешние воздействия                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Землетрясение                       | $10^{-3}$ год <sup>-1</sup> — 6 баллов по шкале MSK-64 (проектное землетрясение)<br>$10^{-4}$ год <sup>-1</sup> — 7 баллов по шкале MSK-64<br>В соответствии с проектом землетрясение в 7 баллов не приведет к разрушениям конструкции пунктов хранения ТРО.                                                                                                      |
| Наводнение                          | Наводнения не приведут к дополнительным дозозатратам персонала и дозам облучения населения при любом варианте обращения с РАО.                                                                                                                                                                                                                                    |
| Природный пожар                     | При пожарах распространение огня на объекте маловероятно, т. к. проектом консервации предусмотрено проведение противопожарных мероприятий в местах размещения ПХ ТРО. При пожарах распространение огня на объекте маловероятно, т.к. материал строительных конструкций ПХРО является негорючим.                                                                   |
| Сильный ветер (ураган, смерч и др.) | Вероятность прохождения смерча в месте размещения ПХ ТРО $10^{-8}$ год <sup>-1</sup> . Пункт хранения рассчитан на смерч класса F0 по шкале Фуджиты (Fujita scale). Пункт хранения «законсервирован». Сильный ветер не может привести к дополнительным дозозатратам персонала и дозам на население за счет ветрового переноса при любом варианте обращения с РАО. |
| Потеря внешнего энергоснабжения     | При обесточивании на объекте прекращаются все работы. Данная ситуация не приведет к дополнительным дозозатратам персонала при любом варианте обращения с РАО.                                                                                                                                                                                                     |
| Падение летательного аппарата       | Над промышленной площадкой запрещены пролёты летательных аппаратов.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Используя данные, приведённые в таблице, можно сделать вывод, что каждое из возможных внешних событий равновероятно для обоих вариантов обращения с РАО. Следу-

ет добавить, что для сравнительно краткосрочных работ (до нескольких лет) маловероятные внешние исходные события (менее  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup>) не рассматривались [26].

Таким образом, можно утверждать, что риск потенциального облучения при внешних воздействиях может быть исключен из анализа на основании пренебрежимо малой вероятности возникновения воздействий и/или отсутствия дозозатратных работ при ликвидации последствий внешних воздействий.

Для оценки риска облучения персонала в результате внутренних событий — технологических аварий в процессе проведения работ по консервации ПХРО, рассматривались отказы механизмов в месте проведения работ, которые приведут к дополнительным дозозатратам персонала. Показатель риска облучения персонала для данного варианта обращения с РАО был оценен в  $2,8 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>.

При оценке риска потенциального облучения персонала при реализации варианта удаления РАО учитывался тот факт, что транспортирование будет осуществляться посредством автоперевозок. Риск потенциального облучения персонала при проведении работ по обращению с упаковками РАО (погрузка-выгрузка и транспортировка к пункту захоронения РАО) рассчитывается в соответствии с пособием [26].

Показатель риска облучения персонала для данного варианта обращения с РАО составляет более  $6 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

Таким образом, риск потенциального облучения персонала при проведении работ по обращению с упаковками РАО (погрузка-выгрузка и транспортировка к пункту захоронения РАО) значительно превосходит риск потенциального облучения персонала при проведении работ по захоронению РАО в месте их нахождения. Дальнейшая оценка риска потенциального облучения, связанного с удалением РАО, не проводится. На основании всех приведённых данных заключаем, что при прочих равных условиях риск облучения персонала при реализации варианта консервации ПХРО будет, как минимум, на порядок ниже, чем аналогичный показатель для варианта удаления РАО, что обуславливает большую приемлемость первого варианта.

Согласно разработанному в рамках обоснования сценарию проведения работ по захоронению РАО в месте их нахождения требуется провести работы по переводу объекта в пункта захоронения путем создания дополнительных барьеров безопасности: дополнительного покрывающего экрана, а также заполнения пустот пункта хранения дополнительным буферным материалом. Оценка общей стоимости работ проводилась с учетом объемов РАО и площади пункта хранения. Затраты на консервацию оценены в 191 млн руб. После проведения всех работ по переводу в пункт консервации планируется в течение расчетного периода осуществлять периодический радиационный контроль, а также проводить работы по реконструкции барьеров безопасности объекта. Таким образом, затраты на перечисленные работы составят 660 млн руб. По завершению расчетного периода с учетом разработанного сценария работ предполагается проведение работ по переводу объекта в пункт захоронения, затраты не превысят 77 млн руб.

Затраты на все работы до снятия объекта с регулирующего контроля не превысят 750 млн руб. Конечное состояние — объект снят с регулирующего контроля.

С учетом характеристик накопленных отходов также был разработан сценарий удаления РАО, который предусматривал проведение работ по вскрытию существующих барьеров безопасности, извлечение РАО, их кондиционирование, паспортизацию и транспортировку РАО в централизованный пункт захоронения РАО. Согласно проведенным оценкам только затраты на захоронение РАО в централизованном пункте захоронения, с учетом установленных тарифов, превысят 6,7 млрд руб. Таким образом, даже без учета затрат на извлечение отходов, их переработку, транспортировку и другие работы, которые превысят еще 8 млрд руб., показано, что захоронение на месте связано с значительно меньшими издержками.

В рамках обоснования также было показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует.

Анализ данных, полученных в ходе обоснования отнесения РАО к особым, позволяет сделать вывод, что отходы в полной мере удовлетворяют критериям отнесения к особым РАО, установленным ПП № 1069 (таблица 5.6).

Таблица 5.6 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в «Объекте 650/1 (хранилище ТРО)» ФГУП ФЯО «ГХК» [25]

| Сценарий<br>Параметр                                                                        | Удаление<br>РАО     | Сравнение | Захоронение РАО в<br>месте их нахождения                                                           |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 1,4           | >>        | менее 0,33                                                                                         |   |
| Риск потенциального облучения, год <sup>-1</sup>                                            | $6,2 \cdot 10^{-4}$ | >         | $2,8 \cdot 10^{-6}$                                                                                |   |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 15,38         |           | менее 0,75                                                                                         |   |
|                                                                                             |                     |           | Совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения | 0 |

## 5.3 Хвостохранилища

### 5.3.1 Хвостохранилище №1 ЧМЗ

При создании производства металлического урана и других важнейших стратегических материалов в рамках Атомного проекта СССР выбор пал на г. Глазов, Республика Удмуртия, расположенный на берегу реки Чепца, который удовлетворял основным критериям: наличие необходимых производственных площадей и структуры управления, расположение на железнодорожной магистрали, на берегу реки, вблизи лесных массивов и торфоразработок, удаленность от государственных границ.

Химико-металлургический комбинат — Чепецкий механический завод (ЧМЗ) функционирует с 1946 года.

Урановое производство включало в себя технологию получения металлического урана из урановой руды с предварительным концентрированием урана и его очисткой от долгоживущих дочерних продуктов распада. Рудное производство существовало вплоть до 1965 года. В ноябре 1948 г. был получен первый тетрафторид урана, из которого путем черновых и рафинировочных восстановительных плавов были отлиты первые урановые слитки. На предприятии был сооружен крупнейший в СССР завод по производству металлического кальция (1956 г.), а также цеха по производству металлического циркония и изделий из циркониевого сплава (1957 г.).

Для хранения РАО были построены в 1951 г. Хвостохранилище № 1 и в 1965 г. Хвостохранилище № 2 (рисунок 5.16). Размещение РАО в Хвостохранилище №1 было начато в 1951 году, окончание эксплуатации в 1980 г.

Пункт хранения — Хвостохранилище №1 состоит из трех карт, отделенных друг от друга разделительными дамбами и защищенных внешней дамбой обвалования. Общая площадь хвостохранилища с учетом насыпных дамб — 50 га. Карта № 1 эксплуатировалась с 1951 по 1966 год, сброс пульпы производился в центр карты. Карта имеет практически квадратную форму с длиной стороны до 500 м. Работы по консервации

завершены в 1971 году, в ходе которых отходы были закрыты слоем грунта мощностью 0,65 м. Карта № 2 эксплуатировалась с 1952 по 1980 год, в карту сбрасывались гидро-транспортом растворы и шламы и другие отходы производства ОА «ЧМЗ». Карта № 3 эксплуатировалась с 1952 по 1975 год для размещения гидратных шламов, сухих отходов [27].

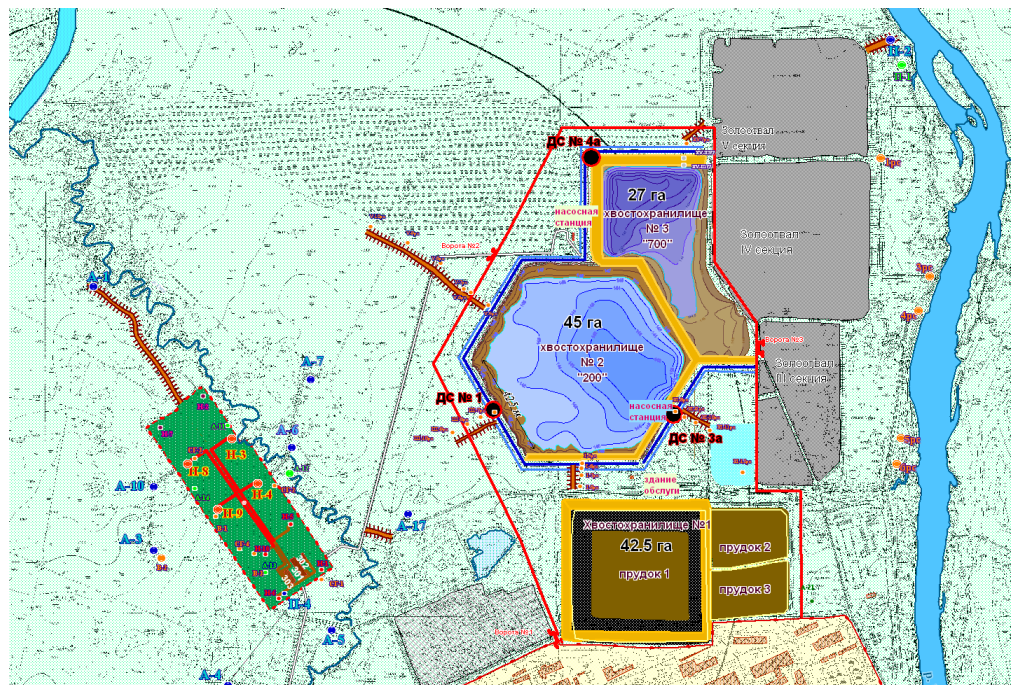


Рисунок 5.16 — Схема полигона АО «ЧМЗ»

Санитарно-защитная зона хвостохранилищ, в том числе Хвостохранища №1, не входит в водоохранную зону водного объекта (р. Чепца) и г. Глазова. По периметру СЗЗ хвостового хозяйства имеется ограждение из колючей проволоки на железобетонных столбах.

За время эксплуатации было накоплено свыше 1,68 млн м<sup>3</sup> РАО. В настоящее время завершаются работы по его консервации в соответствии с работами в рамках ФЦП ЯРБ [28].

Оползневые, карстовые, суффозионные, карстово-суффозионные и другие проявления опасных геологических процессов в районе размещения Хвостохранища №1 отсутствуют [29]. Однако на площадке хвостового хозяйства имеются некоторые признаки протекания приповерхностных геологических процессов. Так, в районе хвостового хозяйства произошло повышение уровня подземных вод. Источниками гидродинамического воздействия на подземные воды являются постоянные фильтрационные потери (утечки) промстоков из действующих Хвостохранилищ №2 и №3, расположенных рядом с Хвостохранищем №1. В настоящее время осуществляется реализация Проекта «Реабилитация вод верхних горизонтов хвостохранилищ №№ 2,3 ОАО «Чепецкий механический завод», разработанного ВНИПИПромтехнологии [30]. Реализация работ позволит, в конечном счете, нормализовать гидрогеологические условия на площадке хвостового хозяйства, после окончания которых объект будет соответствовать современным требованиям безопасности.

По окончании эксплуатации Хвостохранилища №1 организацией «ОргстройНИИ проект» в 1972 году был разработан проект консервации с учетом фактического состояния и действующих нормативных требований на время составления проекта, в частности, санитарных правил СП 21-83 [31].

Общая площадь консервации по проекту, включающая само сооружение и СЗЗ, составляет 50,0 га. Основные проектные решения консервации предусматривались в проекте строительства:

- после обезвреживания накопленных отходов, поверхность прудков засыпается двумя слоями грунта общей толщиной 0,65 метра;
- первый (нижний) слой толщиной 0,5 м из слабоводопроницаемого глинистого грунта и верхний слой толщиной 0,15 м из почвенно-растительного грунта, предназначенного для посева трав. По этому проекту законсервирована карта № 1.

В связи с выходом новых нормативных требований в 2005 г. разработан новый проект консервации для хвостохранилища №1 [32].

Согласно СНиП 2.01.28-85 [33] (п. 6.13) карты хвостохранилища, заполненные отходами I, II и III класса опасности, должны иметь толщину засыпки (экранирующего защитного слоя) не менее 2 метров, включая первоначальный защитный слой, противофильтрационный асфальтобетонный экран и слой чистого потенциально плодородного слоя грунта.

Засыпка карты № 1 и карт № 2,3 ведется отдельно, имеет выпуклую поверхность. На середине карты верх засыпки возвышается не менее чем на 1,5 метра над гребнями дамб, а по контуру стыкуется с ним. Для предотвращения ветровой эрозии, фильтрации атмосферных осадков, которые могут вызвать вымывание радиоактивных и солевых составляющих из захороненного хвостохранилища предусматривается устройство асфальтобетонного противофильтрационного экрана с водоотводными канавами по границе экрана и двумя ж/бетонными водосбросами в существующие водоотводные канавы. Толщина слоя чистого потенциально плодородного грунта над противофильтрационным экраном, на внешних откосах ограждающих дамб и на прилегающей 30 метровой зоне для посева трав равна 0,5 м, в том числе почвы — 0,2 м.

В рамках проведения обоснования отнесения РАО к особым установлена длительность расчетного периода для РАО, содержащих долгоживущие природные радионуклиды — 300 лет.

Анализ результатов прогнозного расчёта для оценки безопасности хвостохранилища после закрытия показывает, что создание верхнего противофильтрационного экрана и поддержание его в целостности гарантирует безопасность хвостохранилища в соответствии с выбранным критерием безопасности: непревышение уровней вмешательства по основному загрязняющему радионуклиду урану-238 в верхнем водоносном горизонте в месте разгрузки в реку Чепца.

С 2007 года в соответствии с разработанной проектно-сметной документацией [32] к моменту разработки обоснования отнесения РАО к особым РАО выполнены следующие работы по консервации Хвостохранилища № 1:

- срезка прилегающих откосов и гребней дамб на карте № 1;
- вскрытие бетонного покрытия дорог на дамбах хвостохранилища со стороны карты № 1;
- срезка загрязненного грунта по периметру хвостохранилища в 30-метровой зоне с периодическим контролем загрязнения на карте № 1;
- утилизация загрязненного грунта и отходов бетона в карты № 2,3 Хвостохранилища № 1;
- устройство дороги из ж/б плит с подсыпкой песчано-гравийной смеси;
- частичная отсыпка защитного слоя на карте № 1;
- устройство гидротехнической водоотводной канавы из ж/б лотков с подсыпкой песчано-гравийной смеси на карте № 1;
- устройство водосливного ж/б отвода на карте № 1.

Завершение работ по консервации Хвостохранилища №1 в перспективе до 2025 г. позволит исключить его влияние на загрязнение вод верхних горизонтов и соответственно исключить его вклад в распространение ореола загрязнений.

Прогнозный расчет для оценки безопасности Хвостохранилища №1 выполнен ОАО «РАОПРОЕКТ» [33]. В работе проанализированы геологические и гидрологические условия площадки, данные мониторинга грунтовых вод и их загрязнения, проведено гидрологическое моделирование для получения карты гидроизопъез с калибровкой по данным мониторинга для учета влияния различных (техногенное питание, изменение ландшафта и др.) факторов. Моделирование миграции проводилось при помощи программы Pmwin PRO [34]. Моделирование процессов геофильтрации осуществлялось при помощи программной среды ModTech, разработанной ЗАО «Геолинк Консалтинг» [33]. Моделирование процессов массопереноса осуществлялось на основе методических указаний МУ 2.6.1.22-00 [35], утвержденных и введенных в действие Федеральным управлением «Медбиоэкстрем» при Минздраве России (ныне — ФМБА России) и рекомендованных для оценки безопасности пунктов хранения и захоронения радиоактивных и химических отходов и других объектов, вызывающих радиоактивное или химическое загрязнение подземных вод. Расчет проводился на период 2 000 лет. В расчете учитывались процессы выщелачивания, инфильтрации, адвекции, продольной дисперсии и молекулярной диффузии, сорбции.

Целью долгосрочного прогноза являлось получение оценок скорости выхода радионуклидов из хвостохранилища и удельной активности в воде водоносного горизонта. Задача расчета миграции радионуклидов из хвостохранилища состояла из двух этапов. На первом этапе оценивался выход радионуклидов из хвостохранилища. Предполагалось, что вода может фильтроваться через слабопроницаемое дно хвостохранилища в водоносный горизонт под действием напора, создаваемого проникающими в объем хвостохранилища атмосферными осадками. Объем фильтрующихся осадков зависит от проницаемости верхнего защитного экрана. На втором этапе происходит смешение инфильтрующихся осадков с потоком подземных вод в водоносном горизонте, находящемся под слоем торфа и суглинка, и далее происходит миграция радионуклида в водоносном горизонте в направлении разгрузки — реки Чепца.

Расчеты по оценке концентрации радионуклидов в реке Чепца и дозовой нагрузки, получаемой населением при потреблении воды из реки для питья и сельскохозяйственных нужд, выполнены в ИБРАЭ РАН с использованием комплекса ОБОЯН [36].

В работе [33] выполнено 5 вариантов прогнозного расчета. Варианты отличались разной степенью консерватизма в зависимости от характера разрушения верхнего защитного экрана и интенсивности выщелачивания радионуклидов из хвостохранилища. В обосновании приводятся результаты расчетов для наиболее консервативного варианта и варианта с естественной деградацией барьеров безопасности.

На рисунке 5.18 и 5.19 приведены результаты наиболее консервативного расчета, соответствующего варианту с высокой выщелачиваемостью отходов и отсутствием верхнего защитного покрытия и менее консервативного расчета, соответствующего варианту с высокой выщелачиваемостью отходов и постепенной деградацией верхнего защитного покрытия.

Как видно из представленных на рисунках 5.18 и 5.19 графиков, скорость выхода радионуклидов в воде водоносного горизонта в месте разгрузки подземных вод в реку Чепца зависит от скорости деградации верхнего защитного барьера и не достигает  $УВ^{ВОДА}$  на всем рассматриваемом временном интервале. Максимальная прогнозируемая концентрация радионуклидов в воде водоносного горизонта составляет для  $^{238}U$  — 1,03 Бк/л, что в 3 раза меньше  $УВ$ , равного 3 Бк/л.

В рамках проводимых расчетов, предполагалось, что после закрытия рассматриваемого объекта и снятия административного контроля (через 300 лет) вода из местных открытых источников, являющихся местами разгрузки подземных вод, которые находятся в

зоне влияния хвостохранилища №1, будет использоваться для питья и сельскохозяйственной деятельности. Таким источником является р. Чепца. При разгрузке подземных вод в реку происходит разбавление концентраций радионуклидов. Годовой расход воды в реке был принят  $1,2 \times 10^8 \text{ м}^3$  (соответствует минимальному расходу в меженный период). Максимальная концентрация урана в реке Чепца составит  $8,5 \times 10^{-7} \text{ Бк/м}^3$ . Максимальная дозовая нагрузка, получаемая населением при ведении сельско-хозяйственной и иной деятельности, составит  $3,57 \cdot 10^{-2} \text{ мкЗв/год}$  [36].

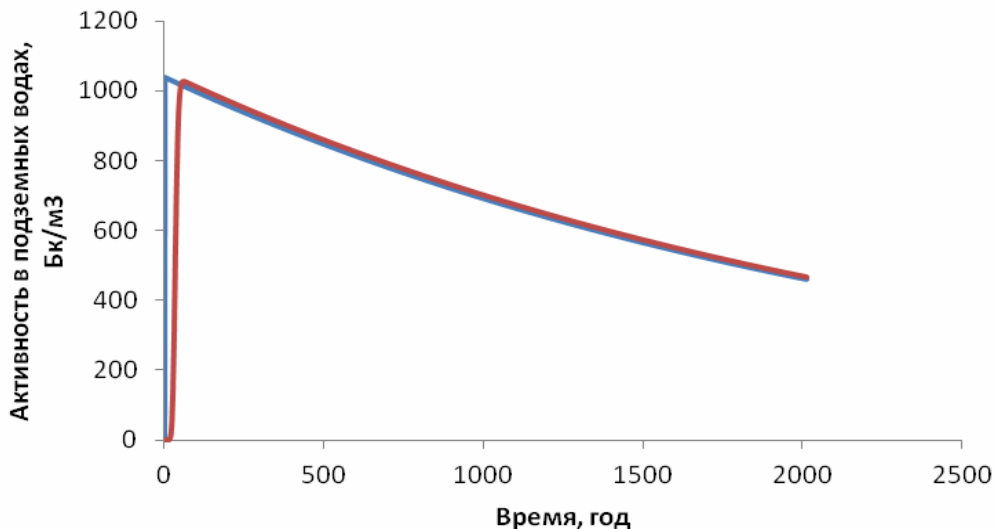


Рисунок 5.18 — Активность урана-238 в водоносном горизонте (синяя линия у восточной границы СЗЗ, красная у реки Чепца)

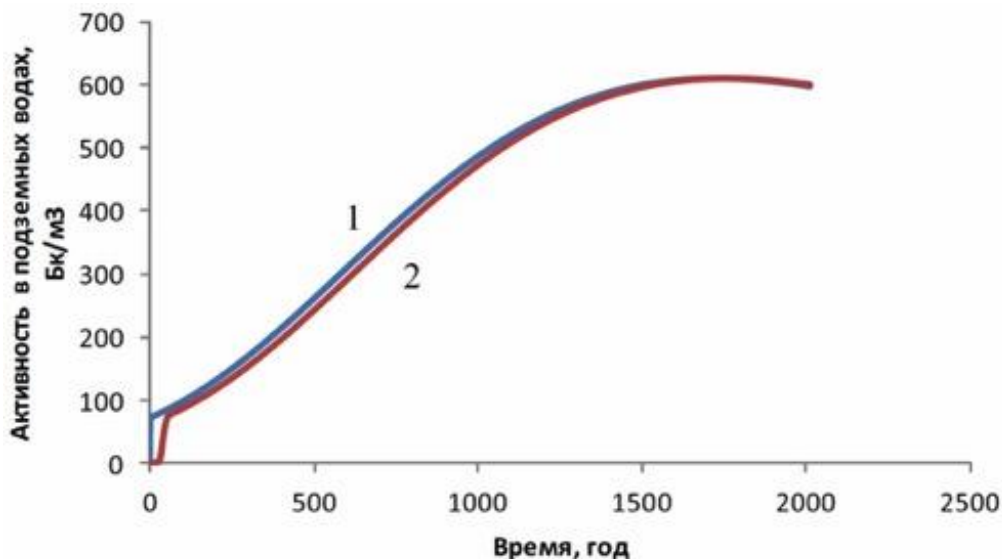


Рисунок 5.19 — Активность урана-238 в водоносном горизонте (1- у восточной границы, 2- у реки Чепца)

Результаты прогнозных расчетов по сценарию нормальной эволюции с учетом консервативных допущений показали, что воздействие хвостохранилища №1 после закрытия и снятия административного контроля при нормальном протекании естественных процессов на площадках их размещения заведомо не приведет к превышению УВ даже в воде водоносного горизонта.

Учитывая, что разбавление концентрации радионуклидов после попадания подземных вод в поверхностные водные объекты составит восемь и более порядков в результате смешивания, можно утверждать, что радиационное воздействие рассматриваемого объекта не приведет к превышению годовой эффективной дозы (10 мкЗв/год) для населения при употреблении воды из поверхностных водных объектов с запасом не менее миллиона раз.

Физико-химические характеристики РАО известны. Ядерные материалы представлены природными изотопами урана. Отходы урановых производств загрязнены только изотопами урана  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ , находящимися в равновесии с короткоживущими  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa}$  и  $^{231}\text{Th}$ . Протекание СЦР при любом количестве материалов невозможно. Вещества, реагирующие с водой с выделением тепла и горючих газов, образующие комплексные соединения, взрывоопасные и самовозгорающиеся вещества, а также ядовитые химически токсичные вещества, патогенные и инфекционные материалы, в составе РАО отсутствуют.

Согласно данным проекта консервации, с учетом значений МАЭД в месте проведения работ, а также трудозатрат была проведена оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала — 1,64 чел.·Зв. Последующий этап захоронения РАО в месте их нахождения до перевода объекта в пункт захоронения, включает работы по реконструкции барьеров безопасности, которые с учетом оцененного значения трудозатрат, приведут к коллективной эффективной дозе облучения менее 1,5 чел.·Зв. Полученная оценка является консервативной, т.к. не учитывает снижение МАЭД в месте проведения работ, после проведения работ по консервации хвостохранилища, включающего работы по созданию дополнительного поверхностного барьера безопасности. Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, задействованного при проведении работ по радиационному контролю и мониторингу за объектом была проведена на основе данных индивидуального дозиметрического контроля персонала (ЕСКИД, форма № 1-ДОЗ), задействованного при проведении аналогичных работ на данном объекте — 5,7 чел.·мЗв. Через 300 лет (расчетный период) объект будет переведен в пункт захоронения и снят с регулирующего контроля, дополнительные работы не потребуются. Таким образом, работы по захоронению РАО на месте их размещения будут выполнены при коллективной эффективной дозе облучения менее 3,2 чел.·Зв.

Оценка коллективной эффективной дозы облучения персонала, связанной с удалением РАО, получена исходя из оценок трудозатрат на виды работ, которые планируется проводить в условиях повышенного радиационного фона. Оценка предусматривает, что регламентом проведения работ предусматриваться обязательное использование средств индивидуальной защиты органов дыхания персоналом.

Работы по извлечению РАО из пункта хранения с учетом объемов и характеристик накопленных РАО, приведут к коллективной эффективной дозе облучения персонала выше 3,06 чел.·Зв, при переработке отходов — 14,0 чел.·Зв. Полученные значения более чем в два раза превышают оценку коллективной эффективной дозы облучения, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения, что доказывает выполнение критерия отнесения РАО к особым по дозе облучения. Были выполнены оценки дозозатрат для остальных этапов работ, связанных с извлечением РАО и выводом объекта из эксплуатации. С их учетом получено, что работы по удалению РАО приведут к значению коллективной эффективной дозы облучения персонала более 23 чел.·Зв [27].

В рамках обоснования также были проведены оценки рисков потенциально облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО и совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения (таблица 5.7).

Таблица 5.7 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в Хвостохранилище №1 АО «ЧМЗ» [27]

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО                | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения               |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|-------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | 23, 9                       | >>        | 3,12                                                |       |
| Риск потенциального облучения, год <sup>-1</sup>                                            | более $4,04 \times 10^{-2}$ | >>        | менее $10^{-6}$                                     |       |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 670                   | >>        | менее 2,4                                           |       |
|                                                                                             |                             |           | Совокупный размер возможного вреда окружающей среде | 0,104 |

### 5.3.2 Хвостохранилище «Верхнее» ППГХО

Строительство гидрометаллургического завода было начато в 1971 г., в апреле 1976 г. введена в эксплуатацию первая очередь по переработке урановых руд производительностью 1700 тыс. т в год (крупнейшая в мире) [10].

Для размещения РАО в 1975 г. введено в эксплуатацию хвостохранилище «Верхнее», а в 1989 г. — хвостохранилище «Среднее» (рисунок 5.3).

«Хвостохранилище «Верхнее» предназначено для организованного складирования хвостов гидрометаллургического завода (далее — ГМЗ), а также получения осветленной (оборотной) воды для использования в технологическом процессе ГМЗ. Хвостохранилище расположено на территории промышленной площадки ПАО «ППГХО», вне водоохранных зон и природоохранных объектов, в Краснокаменском районе 12,5 км на северо-восток от г. Краснокаменска.

Хвостохранилище сооружено в соответствии с техническими проектами: «Хвостовое хозяйство 1-й очереди. Выбор вариантов основных сооружений хвостового хозяйства и обоснование оптимального варианта организации хвостохранилищ 1 очереди из условий перспективного использования пади «Широндокуй» под складирование хвостов»; техническим проектом 2-й очереди строительства ПГХК.

Предполагаемый срок эксплуатации до 2032 г. В Хвостохранилище происходит разделение пульпы на твердую и жидкую фазы, при этом жидкая фаза (осветленные воды) не является РАО. В настоящее время на территории Хвостохранилища «Верхнее» размещаются хвосты гидрометаллургической переработки урановой руды, лом черных металлов (крупногабаритные изделия и оборудование) и нержавеющей сталей, строительный и прочий мусор. Основные радионуклиды, определяющие активность отходов, — уран естественный, радий-226, торий-230, полоний-210, свинец-210. Объем ТРО, размещенных в Хвостохранилище «Верхнее» —  $5,14 \times 10^7 \text{ м}^3$  [37].

Размещенные РАО в хвостохранилище «Верхнее» отвечают критериям отнесения РАО к категории особых по следующим основаниям.

- Согласно техническому проекту строительства ППГХО и техническому проекту хвостового хозяйства ГМЗ накопленные РАО подлежат захоронению без перемещения или удаления в месте их образования — в пунктах хранения.
- РАО являются донными отложениями в поверхностных водоемах — хранилищах общим объемом более 25000 куб. м, введенных в эксплуатацию до вступления в силу №190-ФЗ. Общий объем хвостохранилища ПАО «ППГХО» «Верхнее» превышает 25000 куб. м.

- РАО образуются при добыче и переработке урановых руд, содержат природные радионуклиды уранового ряда со значительными периодами полураспада (до 4,9 млрд лет).

Радионуклидный состав хвостов ГМЗ определяется характером производства на ГМЗ, где осуществляется переработка урановых руд, содержащих природный уран и продукты его распада. В хвостах, поступающих на хвостохранилище, присутствует остаточный (не извлеченный на ГМЗ) природный уран, а также продукты его распада в количестве, соизмеримом с их содержанием в исходных рудах.

Для природных (примордиальных) радионуклидов, к которым относятся  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , в качестве периода потенциальной опасности в рамках проведения обоснования отнесения РАО к особым РАО рассматривался период в 300 лет.

Физико-химические характеристики РАО известны. Вещества, реагирующие с водой с выделением теплоты и образованием горючих газов, образующие комплексные соединения, взрывоопасные и самовозгорающиеся вещества, патогенные и инфекционные материалы, в составе РАО отсутствуют.

В условиях эксплуатации действующих пунктов хранения ТРО форма изолиний суммарного дозного поля определяется формой зеркала хвостохранилища, основного источника гамма-излучения и выбросов радона в атмосферу, а также розой ветров. Максимальное расстояние до изодозы 1 мЗв/год составляет от уреза воды прудка хвостохранилища ~17 м. В целом, участок, где возможно превышение предела дозы облучения населения 1 мЗв/год, располагается целиком внутри территории промышленной площадки хвостохранилища, ограниченной полосой шириной 150 м от границы хвостохранилища.

На границе санитарно-защитной зоны ПАО «ППГХО» значения годовой эффективной дозы облучения населения, обусловленные воздействием хвостохранилища «Верхнее» ожидаются не более 10 мкЗв/год.

Согласно декларации безопасности гидродинамическая авария при существующем состоянии комплекса гидротехнических сооружений (ГТС) хвостохранилищ ГМЗ невозможна. Все аварии, которые могут произойти на ГТС, устраняются собственными силами ПАО «ППГХО», так как не выходят за пределы санитарно-защитной зоны ГТС.

Для оценки принципиальной возможности локализации РАО хвостохранилища «Верхнее» в месте их нахождения ИБРАЭ РАН выполнен долгосрочный прогноз миграции радионуклидов из пункта хранения (ПХ) в соответствии с национальными [38] и международными [39] рекомендациями.

При выполнении прогноза и разработки модели для сценария нормальной эволюции ПХРО приняты следующие консервативные допущения и условия:

- Время начала расчета соответствует моменту ввода ПХРО в эксплуатацию (1975 г.).
- Активность радионуклидов в ПХ накапливается постепенно: в период 1975-2015 гг. величина потока соответствует среднегодовому поступлению РАО, в период 2015-2032 гг. величина потока соответствует предполагаемой средней величине образования РАО.
- Геологические условия площадки размещения объекта взяты из работы [40]. Для данного объекта по данным бурения скважин в водоносном горизонте встречаются прослойки слабопроницаемых пород. В модели рассматривается упрощенный вариант, в котором водоносный горизонт является однородным и гомогенным.
- Основными процессами миграции радионуклидов из ПХРО приняты: процесс фильтрации через инженерный барьер, процессы адвекции и дисперсии в первом от поверхности водоносном горизонте.
- Для упрощения процесса моделирования миграции в водоносном горизонте принято, что распространения потока радионуклидов происходит по одномерной схеме. Поперечная дисперсия не учитывается, что повышает консерватизм расчетов.
- Во время эксплуатации хвостохранилища наблюдалось повышение уровня грунтовых вод, в связи с инфильтрацией воды через ложе хвостохранилища. С точки зрения консервативности при построении модели был принят вариант наиболее близкого к поверхности залегания уровня грунтовых вод.

При моделировании был принят следующий сценарий. После введения хвостохранилища в эксплуатацию предполагается постоянная величина фильтрационных утечек через слой инженерных барьеров в водоносный горизонт. Через 60 лет возводится противofiltrационный покрывающий экран за счет чего происходит уменьшение инфильтрационного питания. После миграции через зону аэрации радионуклиды попадают в водоносный горизонт, в котором происходит дальнейшая миграция к области разгрузки грунтовых вод.

Прогнозные расчеты выполнены с использованием программно-технического комплекса ОБОЯН [36], реализующего метод камерного моделирования, рекомендованная для использования МАГАТЭ при оценке распространения радионуклидов. Процессы переноса между камерами определяются посредством задания коэффициентов переноса, выраженные в долях количества вещества, переносимого из одной камеры в другую в единицу времени.

Данные мониторинга качества подземных вод, расположенных на площадке предприятия, показывают, что процесс миграции радионуклидов привел к образованию вытянутого стационарного ореола. В настоящий момент наблюдается однородное (в пределах естественных отклонений) загрязнение площадки, что свидетельствует о прохождении фронта миграции радионуклидов до южной части водозабора [37]. Таким образом, в настоящее время для долгоживущих радионуклидов наблюдаются стационарный процесс миграции, а для короткоживущих спад концентраций в грунтовых водах.

Площадка расположения хвостохранилищ имеет сложное геологическое строение, что существенно усложняет моделирование и калибровку модели. Поэтому использован упрощенный консервативный подход к строению и параметрам водоносного горизонта: уменьшена его расчетная мощность до 1 м, ширина соответствует средней ширине хвостохранилища 1,8 км, а калибровка проводилась по усредненным данным мониторинга загрязнения подземных вод. При этом оценивалась средняя концентрация в водоносном горизонте для расстояния до 1 км (согласно карте расположения скважин). При калибровке модели скорость выхода каждого радионуклида из хранилища подбиралась таким образом, чтобы получить удовлетворительное совпадение расчетных и наблюдаемых концентраций.

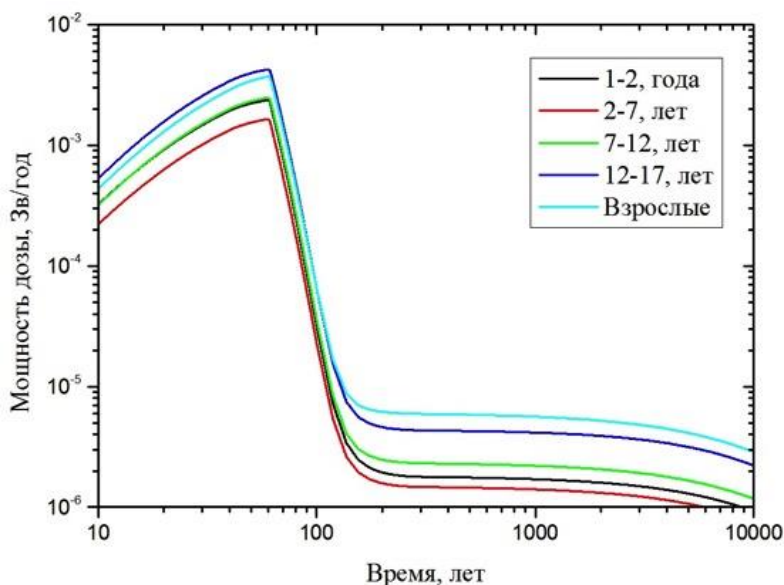


Рисунок 5.20 – Динамика дозовых нагрузок для различных групп населения [37]

Расчет показал, что сорбционные свойства барьеров и противофильтрационные свойства покрывающего экрана препятствует существенному выносу радионуклидов во вмещающую среду. Полученные значения концентраций при консервативном подходе не будут превышать значений УВ воды на границе СЗЗ после перевода пункта консервации особых РАО в ПЗРО (2338 г.) по всем радионуклидам:  $^{235}\text{U}$  (УВ — 2,9 Бк/л),  $^{238}\text{U}$  (УВ — 3 Бк/л),  $^{234}\text{U}$  (УВ — 2,8 Бк/л),  $^{226}\text{Ra}$  (УВ — 0,49 Бк/л),  $^{230}\text{Th}$  (УВ — 0,65 Бк/л),  $^{210}\text{Po}$  (УВ — 0,11 Бк/л),  $^{210}\text{Pb}$  (УВ — 0,2 Бк/л).

Снижение возможного воздействия объекта на население (рисунок 5.20), а именно, достижение величины 10 мкЗв/год при потреблении воды для питьевых и с/х нужд из водоносного горизонта на расстоянии 1 км от хвостохранилища (в пределах СЗЗ), достигается в течение 105 лет (2080 г.), т.е. в период административного контроля. Пиковые значения дозовой нагрузки на различные группы населения приходятся на период 55 лет с момента начала эксплуатации. Проведенный анализ движения грунтовых вод до места разгрузки показал, что в области возможного распространения загрязнения, появившегося в результате эксплуатации объекта, отсутствуют населенные пункты и города. Влияние загрязнения грунтовых вод на население в течение периода эксплуатации ПХРО отсутствует.

При захоронении РАО в месте их нахождения в течение всего периода потенциальной опасности отходов повышенные концентрации радионуклидов и повышенные дозовые нагрузки на население в месте нахождения ближайшего населенного пункта г. Краснокаменск достигаться не будут.

Согласно данным ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 107 ФМБА» среднее значение годовой эффективной дозы облучения взрослых жителей г. Краснокаменска за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона в 2013 г. составило 3,4 мЗв/год (отчет по форме № 4-ДОЗ за 2013 г.), что не связано с влиянием ПХРО.

Физико-химические характеристики РАО известны. Ядерные материалы представлены природными изотопами урана. Отходы урановых производств загрязнены только изотопами урана  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ . Протекание СЦР при любом количестве материалов невозможно.

Вещества, реагирующие с водой с выделением тепла и горючих газов, образующие комплексные соединения, взрывоопасные и самовозгорающиеся вещества, а также ядовитые химически токсичные вещества, патогенные и инфекционные материалы в составе РАО отсутствуют.

Таким образом, полученные консервативные оценки подтверждают возможность безопасной локализации РАО в ПХРО хвостохранилище «Верхнее».

Забайкальский край по смерчопасности отнесен к горным районам [26]. Возникновение смерча, который мог бы захватить часть РАО, в районе расположения хвостохранилища ПАО «ППГХО», в силу климатических условий, крайне маловероятно. Возможность наводнения, из-за рельефа местности, также исключена. Возможные последствия иных чрезвычайных ситуаций являются ещё менее значимыми, поскольку при их реализации отсутствуют физические предпосылки для переноса радиоактивности на заметные расстояния. Возникновение пожара и распространение огня на объекте маловероятно, так как РАО и материал строительных конструкций ПХРО являются негорючими. При потере внешнего энергоснабжения на объекте прекращаются все работы.

Район расположения хвостохранилища относится к сейсмически опасным. При проведении соответствующих инженерных расчетов сейсмичность принимается равной 7 баллам по шкале Рихтера.

Проведенный расчет устойчивости дамбы хвостохранилища позволяет сделать вывод: сейсмическая устойчивость дамбы при землетрясении в 8 баллов не приведет к разрушениям барьеров безопасности хвостохранилища.

В качестве технологических аварий в процессе эксплуатации хвостохранилища были рассмотрены отказы механизмов и грузового транспорта в месте проведения работ, кото-

рые приводят к дополнительным трудовозатратам персонала на исправление неисправностей. Риск потенциального облучения при проведении технологических операций по консервации пункта хранения — хвостохранилища «Верхнее» может составить  $7,14 \times 10^{-6}$  [37].

Проведение работ по удалению РАО сопряжено с теми же рисками внешнего воздействия (землетрясение), что и для работ по захоронению РАО в месте их нахождения.

Риск потенциального облучения населения, связанный с землетрясением, можно считать пренебрежимо малым.

К наиболее аварийным технологическим операциям для варианта удаления РАО относятся извлечение РАО, погрузочно-разгрузочные работы и транспортирование упаковок, как в пределах объекта, так и по дорогам общего пользования.

При оценке риска потенциального облучения принималось, что РАО транспортируются железнодорожным транспортом, расстояние до предполагаемого централизованного ПХРО — 100 км.

С учётом данных [26], обобщенный риск потенциального облучения персонала при транспортировке железнодорожным транспортом ОНРАО в гипотетический централизованный пункт захоронения составит:

$$R_{\text{УРАО}} = 2,4 \cdot 10^{-8} \times 80000000 \text{ куб. м} + 4,6 \cdot 10^{-10} \times 80000000 \text{ куб. м} = 1,957.$$

Коллективный риск потенциального облучения персонала при обращении с упаковками РАО достигает 1,957 и значительно превосходит риск потенциального облучения персонала при проведении работ по захоронению РАО в месте их нахождения. Дальнейшая оценка риска потенциального облучения для других этапов работ, связанных с удалением РАО, не проводилась в контексте назначения обоснования.

Также были проведены оценки коллективных эффективных доз облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО. Показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует (таблица 5.8).

Таблица 5.8 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в Хвостохранилище «Верхнее» ПАО «ППГХО» [37]

| Сценарий                                                                                    | Удаление РАО | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения                                                              |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Параметр                                                                                    |              |           |                                                                                                    |   |
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 241    | >>        | менее 4,3                                                                                          |   |
| Риск потенциального облучения, год <sup>-1</sup>                                            | более 1,9    | >>        | менее $7 \times 10^{-6}$                                                                           |   |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 447    | >>        | менее 3,60                                                                                         |   |
|                                                                                             |              |           | Совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения | 0 |

### 5.3.3 Хвостохранилище НЗХК

Датой основания «Новосибирского завода химконцентратов» считается 25 сентября 1948 года, когда было принято Постановление Совета Министров СССР о строительстве в

Новосибирске Государственного завода по переработке уранового сырья. Главной задачей предприятия было производство тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) для первых советских промышленных реакторов. На заводе осуществлялся технологический цикл химической, металлургической и механической переработки урана от рудного сырья до готовых тепловыделяющих элементов. В состав НЗХК в то время входило четыре основных цеха уранового топливного цикла и опытно-промышленное производство. В 1950 году состоялся пуск в эксплуатацию опытного производства, а уже в 1951 году выпущена первая продукция завода.

В 60 годах XX века на предприятии было создано масштабное литейное производство, представляющее собой технологический комплекс, способный перерабатывать исходное сырье, получая максимально чистый литий и его соли, которые использовались во многих отраслях народного хозяйства [41].

РАО образовались, главным образом, в результате функционирования производства ТВЭЛ для ПУГР, т.е. выполнения работ в рамках Атомного проекта СССР. Для размещения отходов в 1954 г. была введена в эксплуатацию 1-я очередь хвостохранилища, в 1964 г. — 2-я. К РАО, по сути, относятся донные отложения «поверхностных водоемов-хранилищ» с общими объемами 365 тыс. куб. м и 925 тыс. куб. м соответственно, т.е. общим объемом более 25 тыс. куб. м каждый. Таким образом, выполняется критерий на происхождение РАО, предусмотренный [4].

1-я секция хвостохранилища (площадь 12 га) эксплуатировалась с 1954 по 1964 гг. Объем размещённых за время эксплуатации ТРО составил 365 тыс. куб. м. На проект консервации 1-й секции хвостохранилища было получено заключение о согласовании проекта. В 1990 г. по проекту [42] была начата консервация 1-й секции. В 2003 г. работы по консервации закончены.

Эксплуатация 2-й секции была начата в 1964 г. Она располагается в естественном овраге, перегороженном дамбой в пониженной его части. Внутренняя часть дамбы сложена «хвостами» в виде мелкого радиоактивного песка. 2-я секция является отстойником фильтрующего типа. Инженерные гидроизолирующие барьеры отсутствуют. Возможно поступление в чашу грунтовых вод с вышележащих участков. Способ заполнения чаши — наливной. Полный объем 2-й секции при предельной отметке воды в чаше 194,0 м составляет 2050 тыс. куб. м [43]. Для предотвращения пылепереноса размещённые РАО хранят под слоем воды глубиной не менее 1 м. В чаше 2-й секции на 01.01.2014 г. накоплено более 590 тыс. куб. м (928,3 тыс. тонн) твёрдых РАО гидрометаллургической переработки урановой руды и производства ТВЭЛ для ПУГР.

РАО, накопленные в 1-й и 2-й секциях хвостохранилища, по уровню удельной активности относятся к ОНРАО, согласно ОСПОРБ-99/2010.

В результате многолетних исследований состояния окружающей среды в районе расположения действующей 2-й и законсервированной 1-й секций хвостохранилища сделаны выводы об отсутствии существенного их влияния на загрязнение окружающей среды, что указывает на возможность безопасной консервации РАО в месте их размещения [43].

Для оценки принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения ИБРАЭ РАН проведен долгосрочный прогноз миграции радионуклидов из ПХРО. Расчет показал, что сорбционные свойства глиняного ложа хвостохранилища препятствуют существенному выносу радионуклидов во вмещающую среду и превышение значений уровня вмешательства по всем радионуклидам ( $^{235}\text{U}$  (УВ — 2,9 Бк/л),  $^{238}\text{U}$  (УВ — 3 Бк/л),  $^{234}\text{U}$  (УВ — 2,8 Бк/л)) в воде ручья Пашенский не происходит.

Максимальная дозовая нагрузка на население при рассчитанных значениях удельной активности составит  $7 \cdot 10^{-5}$  Зв/год в период эксплуатации ПХРО, т.е. менее 100 мкЗв/год.

Снижение возможного воздействия объекта на население, а именно достижение установленной квоты предела дозы в 10 мкЗв/год (после захоронения) при потреблении воды для питьевых и с/х нужд из ручья Пашенский достигается через 82 года (2046 г.), т.е. в пе-

риод административного контроля. Воздействие объекта на окружающую среду в будущем не будет превышать значений, установленных действующими нормами и правилами.

Таким образом, полученные консервативные оценки подтверждают возможность безопасной локализации РАО в хвостохранилище.

В качестве расчётного периода для проведения обоснования отнесения РАО к особым РАО принят срок — 300 лет. При разработке сценариев захоронения РАО в месте их нахождения и удаления РАО учитывалось текущее состояние объекта.

### ***Секция № 1 (законсервирована).***

Пункт хранения был законсервирован в 2003 г. согласно проекту по консервации [442]. Согласно проекту консервации службе эксплуатации законсервированного хвостохранилища необходимо:

- регулярно осматривать (особенно после весенних паводков и больших ливней) поверхность хвостохранилища и состояние водосбросных сооружений, при необходимости намечать мероприятия по ремонту;
- регулярно замерять фон (не реже 1 раза в 3 года) и брать пробы воды из режимных скважин (устанавливать, также, отметку уровня грунтовых вод);
- для образования дернового покрова на законсервированном хвостохранилище регулярно должна скашиваться трава, не допускается зарастание его территории лесом.

Сценарий перевода пункта консервации — 1-й секции хвостохранилища в пункт захоронения РАО (ПЗРО) включает эксплуатацию пункта консервации РАО, выполняемую ПАО «НЗХК» (мониторинг и работы по реконструкции барьеров безопасности). Перевод в пункт захоронения РАО и проведение работ по мониторингу в течение установленного расчетного периода.

### ***Секция № 2 (проект консервации находится в разработке).***

Требуется проведение КИРО 2-й секции, разработка необходимой для консервации документации, в том числе:

- программы работ по консервации ПХРО; проекта работ по консервации ПХРО; отчета по обоснованию безопасности; получение лицензии;
- создание дополнительных барьеров безопасности, после прекращения размещения РАО во 2-й секции, включая оборудование насосных станций, переливной камеры, дренажной насосной станции, оборудование и сооружения насосных станций, переливной камеры и дренажной насосной станции; осушение чаши;
- защита чаши от поступления грунтовых вод с вышележащих участков территории, от затопления, подтопления; обеспечение регулирования уровня подземных вод; предохранение склонов и откосов от размыва;
- обеспечение отвода, сбора и удаления подземных, поверхностных и инфильтрованных вод;
- создание защитного покрытия поверхности отложений, включая ограждающую дамбу; создание систем контроля; реабилитация территории; утилизация РАО, образовавшихся при реабилитации территории).

Проект консервации 2-й секции хвостохранилища в настоящее время разрабатывает Новосибирский филиал ОАО «ГСПИ» — Новосибирский «ВНИПИЭТ». Объём заявленного финансирования консервации 2-й секции хвостохранилища ПАО «НЗХК») до 2025 г. составляет менее 610 млн руб. Объём заявленных средств для завершения полного цикла работ после 2025 г. — 218 млн руб. Суммарный объём заявленного финансирования из средств Госкорпорации «Росатом» и средств федерального бюджета — 840 млн руб. Оценённая (по методическим рекомендациям «Единые отраслевые методические рекомендации по укрупнённой оценке стоимости работ по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии», утверждены и рекомендованы к применению приказом Госкорпорации «Росатом» от 24.12.2012 г. № 1/1268-П) стоимость комплекса мероприятий консервации 2-й секции хвостохранилища ПАО «НЗХК» составляет 851 млн руб. Затраты на разработку проекта консервации учтены при оценке стоимости комплекса

мероприятий консервации по МР «Единые отраслевые методические рекомендации...» в объёме  $\approx 72$  млн руб. (реальная стоимость разработки проекта — 11,999 млн руб., в т. ч. НДС-18%).

С учетом затрат на консервацию 2-й секции затраты на реконструкцию барьеров безопасности 1-й секции с учетом площади 1-й секции консервативно не превысят 511 млн руб.

Текущие затраты, связанные с проведением радиационного мониторинга (услуги цеха № 36) на объекте, в 2013 г. составили около 1,7 млн руб./год. С учетом длительности расчетного периода, затраты на проведение регламентных работ и мониторинга составят — 510 млн руб.

Таким образом, затраты на захоронение РАО в месте их нахождения не превысят 2,3 млрд руб.

Сценарий удаления РАО с последующим захоронением РАО в централизованном пункте захоронения также разрабатывался с учетом текущего состояния секций. Наиболее оправданным для условий хвостохранилища ПАО «НЗХК» представляется сценарий удаления РАО с использованием естественной осушки донных отложений при последовательной засыпке их слоем чистого грунта (для исключения ветрового уноса) и последующим извлечением и размещением в транспортных контейнерах (бочках) осушенных ТРО.

В случае удаления накопленных в обеих секциях хвостохранилища ОНРАО, относящихся к 4-му классу, расходы на их захоронение превысят 31,1 млрд руб., что многократно превышает расходы на захоронение РАО в месте их нахождения (включая расходы на перевод ПХРО в ПЗРО его эксплуатацию и закрытие, на обеспечение безопасности в течение всего расчетного периода и совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения).

В рамках обоснования также были проведены оценки коллективных доз облучения персонала, рисков потенциально облучения и показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует (таблица 5.9).

*Таблица 5.9 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в Хвостохранилище АО «НЗХК» [43]*

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО              | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 1,9                 | >         | менее 0,35                            |
| Риск потенциального облучения                                                               | более $2,4 \cdot 10^{-2}$ | >         | менее $1 \cdot 10^{-6}$               |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 31,1                | >         | 2,212                                 |

## 5.4 Заглубленные пункты хранения ТРО

### 5.4.1 Графитовая кладка бывшего уран-графитового реактора АД ГХК

ФГУП ФЯО «ГХК» был запроектирован в составе трех основных производств — реакторного (завод «А»), радиохимического (завод «Б») и металлургического (завод «М») с их размещением в скальных выработках.

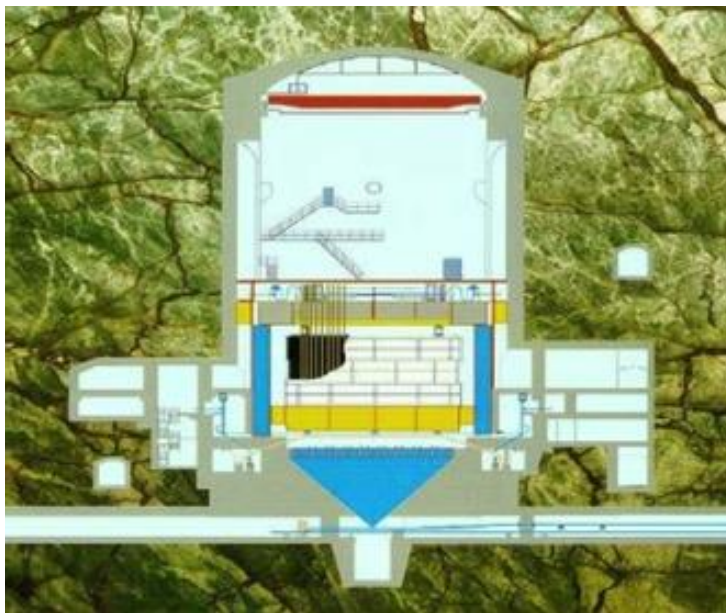
25 августа 1958 году был запущен первый реактор АД, в 1961 году — второй реактор АДЭ-1, в 1964 году — третий реактор АДЭ-2. Все реакторы ГХК — уран-графитовые, на тепловых нейтронах, канального типа с водяным охлаждением.

Глубина заложения площадки ПУГР АД составляет 150-200 м. Горный массив, в котором расположен ПУГР АД, выполняет функцию основного конструктивного элемента подземного сооружения, способного воспринимать значительные внешние и внутренние техногенные нагрузки и воздействия. ПУГР АД являлся реактором канального типа с тепловым спектром нейтронов в активной зоне. В качестве топлива в нем использовался металлический уран природного обогащения, а для выравнивания нейтронного потока по кладке реактора — дисперсионные твэлы с высоким обогащением. Замедлителем являлся графит, теплоносителем — вода под давлением. Реактор АД проектировался и эксплуатировался как одноцелевой и работал в проточном режиме.

Центральная часть реактора (графитовая кладка с отражателем) смонтирована в специальной шахте. Шахта образована с двух сторон скальной выработкой, а с двух других бетонными стенами толщиной два метра, которые служат защитой от излучения. Кроме этого, аппарат окружен песчаной засыпкой (толщиной 2 м).

К площадке ПУГР АД относится объект 2 и прилегающие к нему коммуникационные и служебно-бытовые помещения со всем технологическим, грузоподъемным и транспортным оборудованием, а также водным, энергетическим и вентиляционным хозяйствами, расположенными в указанном объекте и помещениях.

ПУГР АД был остановлен для вывода из эксплуатации 30.06.1992 г. на основании решения руководства отрасли № ХМ/291 от 08.04.1992 года.



*Рисунок 5.22 — Размещение ПУГР в горном массиве*

В настоящее время проводятся работы по выводу объекта из эксплуатации, в соответствии с проектной документацией предполагается создание пункта консервации особых РАО [28].

Отраслевой программой вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов, радиоактивных веществ и РАО, утвержденной 12 декабря 2001 г. министром Российской Федерации по атомной энергии, вывод из эксплуатации всего комплекса реакторного производства предполагается проводить по варианту захоронения на месте с предварительной выдержкой [10]. Таким образом, решение по переводу объекта в пункт консервации особых, т.е. по сути, захоронение РАО в месте их нахождения, было принято до принятия Федераль-

ного закона №190-ФЗ [44] и связано с тем, что осуществление демонтажа реакторных конструкций, в том числе графитовой кладки, приведет к значительным дозовым нагрузкам на персонал и радиационному загрязнению помещений. Кроме этого, для реализации варианта удаление РАО требуется разработка, изготовление и экспериментальная отработка дистанционно-управляемого комплекса для выполнения работ по демонтажу конструктивных элементов реактора. В настоящее время дистанционно-управляемый комплекс для демонтажа реакторных конструкций ПУГР отсутствует, а для демонтажа реактора АМБ находится в стадии разработки. Его создание требует значительных материальных затрат и длительного времени.

Горный массив, в котором размещен ПУГР АД, образует естественный природный барьер безопасности, который в совокупности с существующими и дополнительно создаваемыми защитными барьерами обеспечит выполнение современных требований радиационной безопасности. Кроме того, горный массив выполняет функцию основного конструктивного элемента сооружения, который в состоянии воспринимать значительные техногенные нагрузки и воздействия.

Реализация варианта захоронения ПУГР на месте расположения позволит локализовать и изолировать основные радиоактивно загрязненные элементы конструкций в шахте реактора с созданием необходимых физических барьеров безопасности, исключающих несанкционированный доступ в зону локализации и нерегламентированный выход радиоактивных веществ в окружающую среду.

В реакторе АД (графитовая кладка, металлоконструкции) за время эксплуатации накопилось значительное количество радионуклидов. Основными радионуклидами, определяющими активность реактора на момент его остановки, являются  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{36}\text{Cl}$  [45].

Для обоснования безопасности принятого варианта вывода из эксплуатации в 2010–2011 гг. ИФХЭ РАН были проведены экспериментальные работы по выбору состава композиции глинистых минералов, используемых для формирования дополнительных внутренних защитных барьеров. Проведенные исследования позволяют рассматривать в качестве исходного сырья для создания барьерных материалов глину из Компановского и Кантатского месторождений, расположенных вблизи площадки размещения ПУГР. Глины обладают хорошими сорбционными свойствами, неселективными к отдельным изотопам, содержащимся в кладках ПУГР, за исключением углерода-14 и хлора-36. Для снижения фильтрационных свойств глин были исследованы различные добавки (гидросиликат натрия, нефелиновый шлам, известь, бентонит), которые бы при этом не снижали сорбционные свойства глин. Проведенные в 2012 г. совместно с ИФХЭ РАН исследования барьерных свойств пород, вмещающих выработки с ПУГР, позволили сделать вывод, что гранитоидный массив, в котором размещен реактор, даже при наличии в нем ослабленных (проницаемых) зон будет выполнять функцию противофильтрационного и противомиграционного барьера [45]. На основании проведенных исследований и экспериментов были определены основные характеристики барьеров, которые использованы в качестве исходных данных при проведении расчетных прогнозов миграции радионуклидов. Расчет был выполнен специалистами ИФХЭ РАН при помощи программы Ecolgo 5.0. Был проведен ряд экспериментов, в ходе которых было определено, что процесс выщелачивания  $^{36}\text{Cl}$  и  $^{14}\text{C}$  является затухающим, не происходит выщелачивания этих радионуклидов из внутренних слоев исследованного образца. Следует отметить, что выбранная расчетная модель была достаточно консервативна. Но даже при таких условиях не прогнозируется превышение удельной активности радионуклидов в месте разгрузки грунтового водоносного горизонта в основании склона горы и в р. Енисей значения  $\text{УВ}^{\text{ВОДА}}$  для радионуклидов, находящихся в графитовой кладке ( $\text{УВ}^{\text{ВОДА}}$  для  $^{239}\text{Pu}$  — 0,56 Бк/кг, для  $^{14}\text{C}$  — 240 Бк/кг, для  $^{36}\text{Cl}$  — 150 Бк/кг).

Таким образом, проведенные исследования показали приемлемость выбранного варианта захоронения реактора АД в шахте на месте размещения путем создания пункта кон-

сервации особых РАО. Безопасность сооружения будет обеспечена на период не менее 10000 лет.

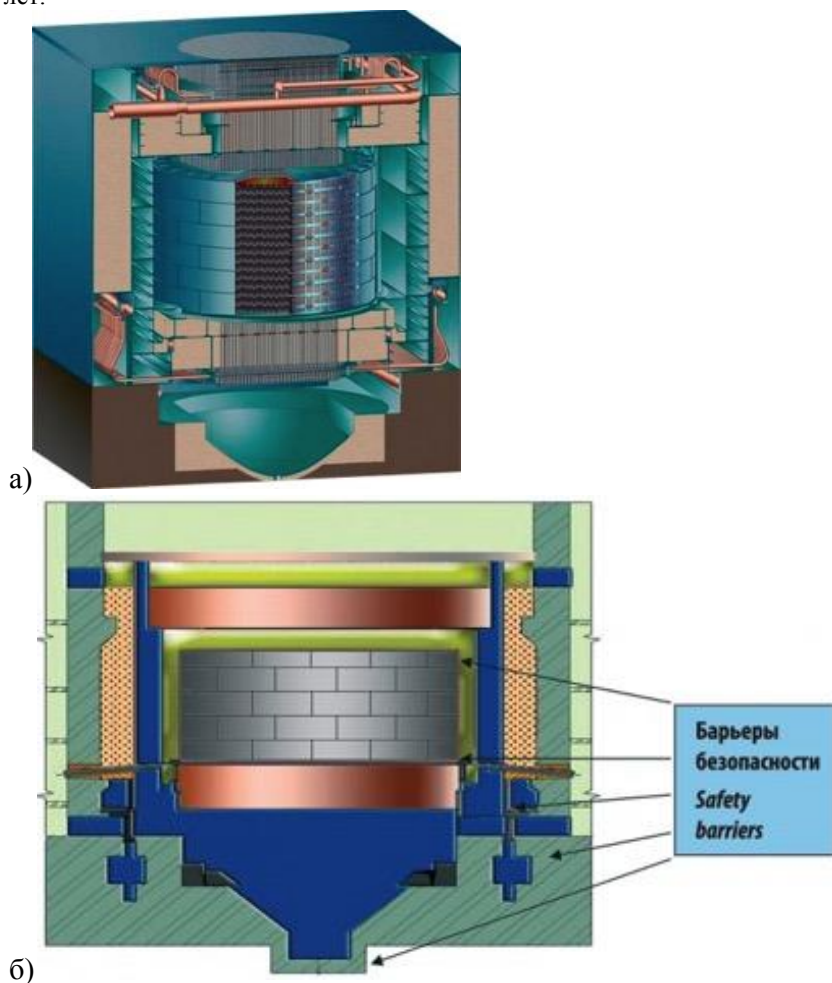


Рисунок 5.23 — Состояние ПУГР а) на начальном этапе процесса вывода из эксплуатации по варианту захоронения на месте; б) а конечном этапе процесса вывода из эксплуатации по варианту захоронения на месте

Прогнозируемая эффективная доза облучения населения, проживающего в районе разгрузки грунтового водоносного горизонта в основании склона горы и в воде водопроницаемой зоны в месте ее разгрузки в р. Енисей и занимающегося сельскохозяйственной деятельностью, за счет употребления воды из грунтового водоносного горизонта для питья, водопоя скота и полива сельскохозяйственных угодий, а также потребления сельскохозяйственных продуктов, мяса и молока в пищу не превысит  $10^{-2}$  мЗв/год.

Кроме этого, в рамках подготовки обоснований по отнесению РАО к особым, ввиду того, что требовалось обосновать принципиальную возможность изоляции РАО на весь период их потенциальной опасности (определить пик и для него рассчитать максимальную годовую индивидуальную дозу облучения населения), специалистами ФБУ «НТЦ ЯРБ» сделана оценка принципиальной возможности локализации РАО в месте их размещения.

Расчет доз проводился для реализации сценария ведения населением сельского хозяйства на границе СЗЗ с использованием грунтовых вод для питья и орошения сельскохозяйственных площадей с последующим потреблением произведенных продуктов питания.

Результаты расчета индивидуальной годовой эффективной дозы по всем путям облучения для радионуклидов для взрослого населения представлены на рисунке 5.24.

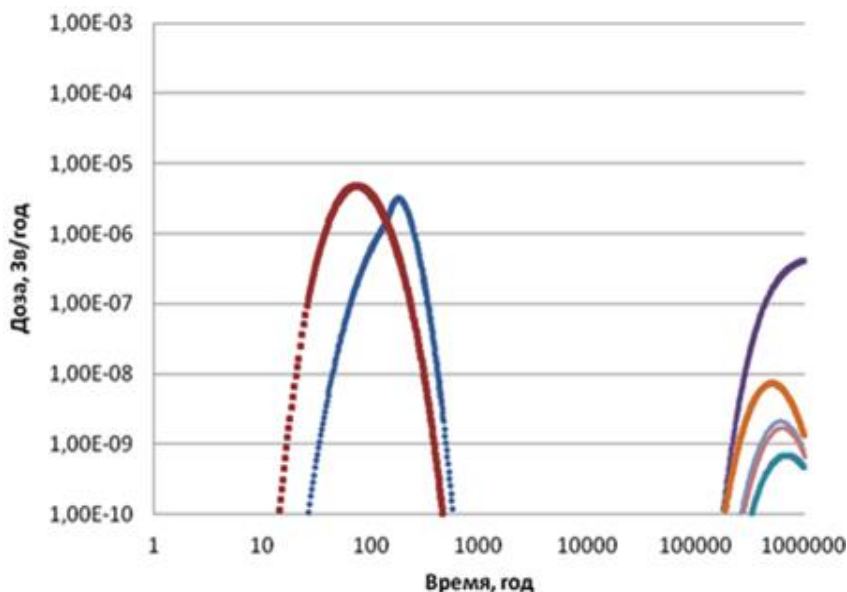


Рисунок 5.24 — Годовая индивидуальная эффективная доза облучения, получаемая населением на границе СЗЗ [45]

Как видно из представленного рисунка 5.24, на временах до 1000 лет годовая доза обусловлена выходом несорбирующихся в глине, бетоне и скальных породах  $^{36}\text{Cl}$  и  $^{14}\text{C}$  и не достигает значений  $\sim 10^{-5}$  Зв/год, а на временах более 100 000 лет — изотопами урана и продуктами их распада и не достигает значений  $\sim 10$  мкЗв/год.

Таким образом, доказана принципиальная возможность локализации РАО в месте их нахождения на весь период потенциальной опасности РАО. При проведении работ по ВЭ ПУГР АД согласно разработанной проектной документации «Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора АД (объект 2)...» 1397-10.АД дополнительных газообразных радиоактивных выбросов и жидких радиоактивных сбросов в окружающую среду не планируется, т.е. воздействия на населения не будет. Эффективная доза облучения населения, обусловленная обращением с РАО, не превысит 10 мкЗв/год.

В настоящий момент ведутся работы первого пускового комплекса вывода из эксплуатации реактора АД в соответствии с проектной документацией «Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора АД...» 1397-10.АД.

В соответствии с «Отчётом о состоянии радиационной безопасности на РЗ за 1 квартал 2014 года» коллективная эффективная доза облучения персонала не превышает 0,124 чел.-Зв за квартал. Ожидаемая коллективная доза облучения персонала на реакторном заводе за 2014 год составит  $0,49 \div 0,50$  чел.-Зв.

При данном варианте вывода из эксплуатации проводится демонтаж части оборудования и конструкций реактора в объекте 2. Коллективная доза облучения при проведении демонтажа оборудования и конструкций, дефрагментации ТРО и загрузки в контейнеры, исходя из общей трудоемкости — 95 093 чел. час, а также с учетом максимальных МАЭД в месте проведения работ не превысит 8,56 чел.-Зв. Ожидаемая коллективная доза облуче-

ния персонала от работ по консервации объекта с учетом среднегодовых доз облучения на реакторном заводе составит около 3 чел.-Зв. При проведении работ по ВЭ ПУГР АД согласно разработанной проектной документации «Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора АД (объект 2)...», дополнительных газообразных радиоактивных выбросов и жидких радиоактивных сбросов в окружающую среду не планируется.

Суммарная коллективная эффективная доза облучения персонала при проведении работ по захоронению РАО в месте их нахождения не превысит 12 чел.-Зв.

Для сценария извлечения РАО из пункта хранения была проведена оценка объемов образующихся РАО и оценка коллективной эффективной дозы, связанной только с обращением с упаковками РАО, при этом сделано допущение, что работы по обращению с ВАО проводятся дистанционно при помощи роботизированной техники и вклад в дозовые нагрузки не учитывается. С учетом общих трудозатрат, а также МАЭД в месте проведения работ с упаковками коллективная эффективная доза облучения персонала при проведении демонтажа оборудования и конструкций, дефрагментации ТРО и загрузки в контейнеры превысит 219 чел.-Зв.

Полученная оценка более чем в 15 раз превосходит оценку коллективной эффективной дозы облучения персонала, связанной с захоронением РАО в месте их нахождения, поэтому оценки доз на остальные этапы работ для варианта удаления РАО не проводились.

В рамках обоснования также были проведены оценки рисков потенциального облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО и показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует (таблица 5.10).

*Таблица 5.10 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в ПУГР (шахта с размещенным в ней промышленным уран-графитовым реактором АД) [45]*

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО               | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | более 219                  | >         | менее 12                              |
| Риск потенциального облучения                                                               | более $1,30 \cdot 10^{-3}$ | >         | менее $1,02 \cdot 10^{-4}$            |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 10                   | >         | менее 2,8                             |

#### 5.4.2 Приреакторные хранилища ТРО ГХК

Хранилища ТРО: ЦЗ АДЭ-1, объекта 5М, ЦЗ АДЭ-2, объекта 6В ФГУП ФЯО «ГХК» расположены на территории Реакторного завода на промышленной площадке ФГУП ФЯО «ГХК», в подземных скальных выработках. Глубина заложения площадки составляет 150-200 м. Горный массив выполняет функцию основного конструктивного элемента подземного сооружения, способного воспринимать значительные внешние и внутренние техногенные нагрузки и воздействия. Рассматриваемые объекты являются уникальными, с другой стороны в них размещены относительно не большие объекты отходов.

1. *Могильник объекта 5М* представляет собой железобетонную шахту цилиндрического сечения диаметром 6720 мм и высотой 24,5 м. В настоящее время люк могильника забетонирован, помещение разгрузки переоборудовано под склад баллонной продукции. В октябре 1994 г. в перекрытии могильника через трап выполнена проходка диаметром 76 мм и установлена закладная труба диаметром 76 мм и длиной 2 м для установки датчика (блока детектирования) радиационного контроля. Захоронение РАО в могильник велось с 1961 по 1967 год. Фактическое заполнение могильника РАО составляет ~ 90% (~760 м<sup>3</sup>).

Могильник оснащен стационарным датчиком измерения мощности дозы. Проводится ежегодный контроль с выпуском актов. Доступ к ТРО, хранящимся в нем, отсутствует, извлечь образцы для исследований невозможно.

2. Могильник в ЦЗ реактора АДЭ-1 представляет собой железобетонную емкость сложной конфигурации. В плане могильник имеет следующие размеры: в нижней и верхней зауженной части 2,2 x 5,4 м, в средней (расширенной части) 2,2 x 6,2 м. Могильник оборудован трубопроводами заполнения, перелива и опорожнения. Сброс воды из могильника предусмотрен в спецканализацию. Захоронение РАО в могильник велось с 1961 по 1973 год. Могильник заполнен полностью.

3. Могильник в ЦЗ реактора АДЭ-2 конструктивно выполнен аналогично могильнику в ЦЗ реактора АДЭ-1. Могильник оборудован трубопроводами заполнения, перелива и опорожнения. Сброс воды из могильника осуществляется в спецканализацию. В связи с нарушением герметичности внутренней облицовки могильника и протечками в настоящее время могильник эксплуатируется только в сухом режиме. Захоронение РАО велось с 1964 по 1992 год. Фактическое заполнение могильника РАО составляет ~ 70% (~ 260 м<sup>3</sup>).

4. Могильник объекта 6В представляет собой железобетонную шахту глубиной 22,9 м. Хранилище на высоту 6 м от дна шахты облицовано углеродистой сталью с грунтошпатлевкой на основе смолы Э-4021. Шахта также имеет сложную цилиндрически-конусную конфигурацию. В бетонном перекрытии имеется технологический проем 800 x 800 мм, закрывающийся защитной крышкой. Трубопроводами заполнения и опорожнения шахта не оборудована. Через верхнее перекрытие могильника в помещение выгрузки выведена вентиляционная труба, которая в настоящее время используется для установки датчика радиационного контроля. Захоронение РАО в могильник велось с 1964 по 1986 год. Фактическое заполнение могильника составляет ~ 65 % (~ 310 м<sup>3</sup>) [446].

С целью выбора варианта обращения с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) и могильниками 5М, ЦЗ АДЭ-1, ЦЗ АДЭ-2, 6В, расположенными на территории реакторного завода ФГУП ФЯО «ГХК», в 2010 году выполнены технико-экономические исследования (ТЭИ) вывода из эксплуатации могильников ПУГР ФГУП «ГХК», в ходе которого рассмотрены следующие варианты:

- ликвидация: полное извлечение из могильников накопленных ТРО;
- захоронение: перевод могильников в пункты захоронения РАО;
- переработка ТРО: выдержка ТРО в могильниках для спада их активности, переработка и/или захоронение на полигоне ТРО ФГУП ФЯО «ГХК» [47].

В отчете ТЭИ представлены результаты оценки вариантов обращения с накопленными ТРО при проведении работ по ВЭ промышленных уран-графитовых реакторов.

Подземное размещение позволяет исключить из рассмотрения ряд внешних воздействий, способных повлиять на безопасность могильников 5М, ЦЗ АДЭ-1, ЦЗ АДЭ-2, 6В. К таким воздействиям можно отнести: падение самолета, ураганы, аварии на транспорте, взрывы промышленных установок и устройств. Подземное размещение позволяет защитить объект от взрывов большинства современных неядерных боеприпасов и взрывчатых веществ на поверхности.

При подземном размещении к системе защитных барьеров, препятствующих выходу радиоактивности в окружающую среду, добавляется естественный барьер в виде природного горного массива. Основное свойство этого барьера — реальная возможность гарантированного обеспечения его сохранности и целостности при любых внутренних авариях и экстремальных внешних воздействиях.

В хранилищах велось размещение твердых РАО, образовывавшихся в результате эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов (ПУГР) АД, АДЭ-1 и АДЭ-2 ФГУП ФЯО «ГХК», которые были созданы и эксплуатировались с целью выполнения государственного оборонного заказа.

В отчете ТЭИ приводятся результаты анализа безопасности осуществления вывода из эксплуатации могильников по второму варианту: захоронение на месте путем заливки могильников ТРО бетоном. Для ПЗРО глубокого заложения естественные барьеры (вмещающие горные породы) служат основным барьером. Изолирующие (фильтрационные и сорбционные) свойства естественных барьеров должны ограничивать миграцию радионуклидов при нарушении целостности инженерных барьеров.

Анализ безопасности проводился методом математического моделирования. Режим эксплуатации всех четырех могильников — сухой, это означает, что основным механизмом переноса радионуклидов в материалах конструкций могильников и окружающей геологической среде является молекулярная диффузия. Для проведения расчетов были разработаны сценарии выхода радионуклидов из мест захоронения. Из всех возможных сценариев рассматривались только сценарии «естественного» выхода радионуклидов, то есть такие сценарии, при которых выход радионуклидов осуществляется за счет молекулярной диффузии при целых и частично разрушенных инженерных барьерах. Все сценарии рассматривались в детерминистической постановке без привлечения вероятностных методов. Анализ безопасности осуществлялся на весь период сохранения радионуклидами потенциальной опасности. Использовался консервативный подход, суть которого сводится к следующему:

1. При переводе могильников ТРО в пункты захоронения РАО все свободное пространство могильников заливается бетоном. Таким образом, происходит цементирование (омоноличивание) ТРО по месту их нахождения.

2. Для определения начальной объемной активности радионуклидов в жидкой фазе используются данные о максимально возможной удельной активности радионуклидов в ТРО, а в качестве коэффициента перехода в жидкую фазу используется коэффициент межфазного распределения радионуклидов для бетона (цемента).

3. Предполагается, что переход радионуклидов в жидкую фазу происходит мгновенно, т.к. используется линейная изотерма сорбции.

Результаты расчетов миграции радионуклидов:

**Сценарий 1** — общий для всех четырех могильников. Неизменность параметров конструкций могильников и окружающей геологической среды на протяжении всего времени сохранения радионуклидами потенциальной опасности.

Для рассмотренного сценария предполагалось, что распространение радионуклидов происходит через железобетонные боковые стены могильников и в окружающей могильники геологической среде (если происходит выход радионуклидов с концентрациями, большими 0,1 УВ, за пределы железобетонных конструкций). Стальной лист внутренней обшивки могильников толщиной 4 мм не учитывался, поскольку могильники имеют внутреннюю обшивку не на всю свою высоту. Облучение населения может происходить только за счет потребления воды.

Анализ результатов показал, что из всех рассматриваемых радионуклидов только  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239}\text{Pu}$  могут выйти за пределы железобетонных стен могильников ( $^{90}\text{Sr}$  только в могильнике 5М, стенки которого имеют толщину 240 мм), а максимальное продвижение фронта с объемной активностью, соответствующей 0,1 УВ, в окружающей породе (гнейсе) ограничивается несколькими первыми сантиметрами. Все остальные радионуклиды не выходят из железобетонных стен с объемными активностями, превосходящими 0,1 от УВ.

Результаты расчетов по сценарию 1 показали, что в предположении сохранения конструкциями могильников и окружающей геологической среды своих свойств в течение времени сохранения радионуклидами потенциальной опасности безопасность всех четырех могильников с точки зрения воздействия на население и окружающую среду гарантируется.

**Сценарий 2** — консервативно предполагается, что по прошествии некоторого времени железобетон стен могильников полностью разрушается и миграция долгоживущих радионуклидов осуществляется только в окружающей могильники геологической среде.

Анализ результатов показал, что максимальное продвижение фронтов радионуклидов с объемной активностью, равной 0,1 от УВ, не превосходит 20 см от границы расположения ТРО. Безопасность могильников обеспечена.

**Сценарий 3** — в качестве аварийной рассматривается ситуация, связанная с ухудшением качества железобетона стен могильников. Величина коэффициента распределения для всех радионуклидов была взята в 10 раз меньшей, чем указанная для сценария 1. Уменьшение в 10 раз коэффициента распределения означает, что защитные и сорбционные свойства железобетона ухудшились в десять раз. При проведении расчетов по этому сценарию консервативно предполагалось, что ухудшение защитных способностей бетона стен возникло сразу же после закрытия могильников.

Даже в случае такого аварийного сценария (десятикратное ухудшение сорбционных способностей бетона стен могильников) данное событие не приводит к серьезному ухудшению обстановки. Максимальное продвижение фронтов вышедших за пределы бетонных стен могильника радионуклидов с объемной активностью, равной 0,1 от УВ, не превосходит для  $^{239}\text{Pu}$  11 см в окружающей породе (гнейсе), а для  $^{90}\text{Sr}$  — 3 см. Безопасность могильников обеспечена и в этом случае.

В [48] представлена смета затрат на вывод из эксплуатации по вариантам захоронения и удаления. При этом в смету по второму варианту не включены затраты на передачу РАО национальному оператору ФГУП «НО РАО».

В ценах 2 квартала 2014 года суммарные затраты вывода из эксплуатации могильников по варианту захоронения РАО в месте их нахождения составляют:

- инвестиционные затраты — 108,33 млн руб.;
- расходы на производство и реализацию услуг по выводу из эксплуатации могильников — 193,5 млн руб.

Затраты на эксплуатацию пункта консервации особых РАО складываются из затрат на оплату заработной платы персонала, электроэнергии, вентиляции, обслуживание системы спецканализации и составят: 21,0 млн руб. За весь период эксплуатации пункта консервации 50 лет — 1 050 млн руб. При переводе пункта консервации в пункт захоронения особых РАО будет выполнено комплексное инженерно-радиационное обследование, разработаны документы обосновывающие безопасность пункта захоронения особых РАО. Затраты составят — 13 млн руб. В случае, если потребуется провести дополнительные работы по переводу в пункт захоронения, затраты не превысят 120 млн руб.

В ценах 2 квартала 2014 года суммарные затраты вывода из эксплуатации могильников по варианту удаления РАО составляют:

- инвестиционные затраты — 877,04 млн руб.;
- расходы на производство и реализацию услуг по выводу из эксплуатации могильников — 6 115,5 млн руб.

Стоимость приобретения контейнеров для ТРО определена на основании среднерыночной цены на электронных торговых площадках, затраты превысят 290 млн руб. Расходы, связанные с передачей РАО национальному оператору по обращению с РАО, определены на основании тарифов на захоронение РАО, установленных Приказом от 13 марта 2013 г. № 89 Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и превысят 880 млн руб. Общая стоимость работ по удалению РАО превышает 9,6 млрд руб.

Таблица 5.11 — Результаты сравнительной оценки альтернативных вариантов обращения с радиоактивными отходами, размещенными в приреакторных хранилищах ТРО ФГУП ФЯО «ГХК» [46]

| Параметр \ Сценарий                                                                         | Удаление РАО         | Сравнение | Захоронение РАО в месте их нахождения |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|---------------------------------------|
| Коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности РАО, чел.-Зв | 24,97                | >         | 2,5                                   |
| Риск потенциального облучения                                                               | $4,09 \cdot 10^{-5}$ | >         | $1,00 \cdot 10^{-5}$                  |
| Затраты, млрд руб.                                                                          | более 9,6            | >         | менее 1,5                             |

В рамках обоснования также были проведены оценки коллективных доз облучения персонала, рисков потенциально облучения и показано, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует (таблица 5.11).

## 5.5 Совокупный размер возможного вреда окружающей среде

В настоящем разделе представлены оценки совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения в районах расположения ФГУП «ПО «Маяк», АО «ЧМЗ» и ПАО «ППГХО». Расчеты выполнены по методике, изложенной в Пособии [26], нормативно-методическими документами по оценке ущерба от вреда флоре и фауне [49-54].

### Водоем В-9 (оз. Карачай) ФГУП «ПО «Маяк»

Водоем В-9 (оз. Карачай) расположен в южной части территории промплощадки ПО «Маяк» (рисунок 5.25), в естественном состоянии представлял собой мелководный заболоченный водоем средней глубиной 0,8-0,9 м и площадью 0,26-0,28 км<sup>2</sup>. Водоем Карачай используется в качестве накопителя жидких РАО ПО «Маяк» с 1951 г. Этот водоем является потенциально опасным источником радиоактивного загрязнения окружающей территории, воздушной среды, грунтовых и подземных вод. Суммарная активность радионуклидов, накопленных в водоеме В-9, составляет  $4,5 \cdot 10^{18}$  Бк. В результате работ по ликвидации водоема площадь его зеркала уменьшилась в 3 раза. Активность, накопленная в открытой части водоема В-9 составляет  $9,4 \cdot 10^{17}$  Бк (в основном <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs). На засыпанной части акватории локализовано до 80 % радионуклидов, накопленных в В-9 за время его использования. Максимальное снижение потенциального риска, обусловленного радиоактивным загрязнением В-9 (оз. Карачай), является в настоящее время одной из основных природоохранных задач на территории Уральского региона. Этот риск может быть заметно уменьшен в результате засыпки акватории водоема и локализации находящейся под ним линзы загрязненных подземных вод.



|                  |           |           |         |
|------------------|-----------|-----------|---------|
| 47p              | 1500-2000 | 2500-3000 | 4,0-8,0 |
| Южный сектор     |           |           |         |
| 19н              | 8,0-37    | 20-70     | 0,1-0,2 |
| 70о              | 50-130    | 100-160   | 0,3-0,5 |
| 77о              | 80        | 20        | 0,2     |
| 78н              | 130       | 10        | 0,3     |
| Западный сектор  |           |           |         |
| 2н               | 0,5-3,3   | 1,7-4,2   | 0,1-0,2 |
| Восточный сектор |           |           |         |
| 15н              | 50-100    | 750-900   | 0,3-1,7 |
| 17н              | 70-600    | 350-850   | 0,3-1,5 |
| 56н              | 300       | 1400      | 3,6     |
| 58н              | 100-300   | 450-620   | 0,5-1,0 |

Примечание: p — рекультивированные площадки, о — площадки отсыпанные на этапе технической рекультивации, н — нерекультивированные площадки.

Таблица 5.13 — Обобщенные оценки мощности дозы облучения референтных организмов в районе расположения водоема Карачай

| Референтные организмы | Мощность дозы, мГр/сут | Частота превышения экологически безопасного уровня облучения |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Дождевой червь        | 0,01-75                | 9/17 (53%)                                                   |
| Мышь                  | 0,2-210                | 14/17 (82%)                                                  |
| Утка                  | 0,01-72                | 11/17 (65%)                                                  |
| Лягушка               | 0,01-100               | 14/17 (82%)                                                  |
| Насекомое летающее    | 0,02-76                | 10/17 (59%)                                                  |
| Змея/уж               | 1-340                  | 16/17 (94%)                                                  |
| Трава                 | 0,02-52                | 4/17 (24%)                                                   |
| Дерево/сосна          | 0,05-43                | 5/17 (29%)                                                   |

Мощность дозы облучения референтных организмов в районе расположения водоема Карачай изменяются в широких пределах (таблица 5.13). Основной вклад в эту мощность дозы вносят  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Вклад изотопов плутония менее значителен даже с учетом более высокого значения взвешивающего коэффициента для альфа-излучателей, выбранного равным 10. Частота превышения экологически безопасного уровня облучения референтных организмов на рассмотренных площадках, определяемая как отношение числа площадок с превышением БУОБ к общему числу обследованных площадок, изменяется в пределах 0,24 (трава) — 0,94 (змеи и ужи). Более высокие значения этой величины характерны для животных организмов по сравнению с растениями.

Оценка ущерба от радиационного воздействия в соответствии с методическим подходом, изложенным в главе 4 проводится в случае превышения безопасных уровней облучения (БУОБ) организмов фауны и флоры [57]. Если эти уровни не превышаются, величина

ущерб от радиационного вреда биоте полагается равной нулю. Как уже отмечалось, для организмов биоты, подвергшихся радиационному воздействию выше экологически безопасного уровня, при оценке ущерба делается консервативное предположение об уничтожении организмов в пределах участка повышенного радиоактивного загрязнения.

Рассмотрим сначала оценку ущерба от радиационного воздействия на биоту, обитающую вблизи водоема Карачай на площади 1 га. Размер ущерба от вреда дождевым червям и другим беспозвоночным животным, причиненного радиоактивным загрязнением почвы (подстилки), определяется по формуле:

$$B_{почв} = Z_{кр} \times V + HC_{пб} \times S \times K_{Ит} + HC_{иб} \times S \times K_{Ит}, \quad (5.1)$$

где  $Z_{кр}$  — затраты на выполнение комплекса работ, связанных с приобретением, транспортировкой и размещением растительного грунта, по замене загрязненной почвы (подстилки);  $Z_{кр} = 1000$  руб./м<sup>3</sup> [49];

$V$  — объем загрязненной почвы (подстилки); с учетом результатов оценки представленных в таблице 5.13, при глубине загрязнения 0,5 м

$V = 10000 \text{ м}^2 \times 0,53 \times 0,5 \text{ м} = 2650 \text{ м}^3$ ;

$HC_{пб}$  — норматив стоимости почвенных беспозвоночных животных, обитающих на 1 м<sup>2</sup> земельного участка;  $HC_{пб} = 143$  руб./м<sup>2</sup> для зоны смешанных лесов [49];

$S$  — площадь земельного участка, на котором уничтожены почва, подстилка и иные местообитания беспозвоночных животных; с учетом результатов оценки представленных в таблице 5.13,  $S = 10000 \text{ м}^2 \times 0,53 = 5300 \text{ м}^2$ ;

$HC_{иб}$  — норматив стоимости объектов животного мира, относящихся к иным беспозвоночным животным (непочвенным), исключая беспозвоночных животных, занесенных в Красную книгу Российской Федерации,  $HC_{иб} = 50$  руб./экз. [49];

$K_{Ит}$  — показатель, учитывающий инфляцию, для оценки в текущем году  $K_{Ит} = 1$ .

Подставляя значения параметров в вышеприведенную формулу, получаем, что размер ущерба от вреда беспозвоночным животным, причиненного радиационным воздействием от загрязнения почвы (подстилки) и иных местообитаний, составляет 3672900 руб.

Результаты расчетов ущерба от радиационного воздействия на организмы животного мира (кроме беспозвоночных почвы), выполненные по формуле (4.20) (глава 4) представлены в таблице 5.14. Кроме референтных организмов расчеты выполнены также и для других организмов животного мира, для которых ожидается превышение экологически безопасного уровня облучения.

Таблица 5.14 — Оценка ущерба от радиационного воздействия на организмы животного мира, не относящиеся к беспозвоночным видам животных, на прибрежной территории В-9 (оз. Карачай) площадью 1 га

| Животные организмы      | Численность, экз. | Норматив стоимости, руб./экз. | Частота превышения порогового уровня облучения | Размер ущерба, руб. |
|-------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|---------------------|
| Млекопитающие           |                   |                               |                                                |                     |
| Семейство мышинные      | 2000              | 100                           | 0,82                                           | 164000              |
| Семейство ежовые        | 50                | 1000                          | 0,82                                           | 41000               |
| Семейство кротовые      | 100               | 100                           | 0,825                                          | 8200                |
| Птицы                   |                   |                               |                                                |                     |
| Утки                    | 20                | 3000                          | 0,65                                           | 39000               |
| Отряд воробьинообразные | 500               | 1000                          | 0,65                                           | 325000              |

|                     |           |      |      |        |
|---------------------|-----------|------|------|--------|
| Отряд дятлообразные | 10        | 3500 | 0,65 | 22750  |
| Земноводные         |           |      |      |        |
| Лягушка             | 100       | 100  | 0,82 | 8200   |
| Пресмыкающиеся      |           |      |      |        |
| Ящерицы             | 200       | 500  | 0,94 | 94000  |
| Змеи                | 50        | 3000 | 0,94 | 141000 |
| Насекомые летающие  | 10000*    | 50** | 0,59 | 295000 |
| Итого:              | 1 138 150 |      |      |        |

Примечание: \* — м<sup>2</sup>, \*\* — руб/м<sup>2</sup>

В соответствии с расчетными оценками размер ущерба от вреда, причиненного другим объектам животного мира (кроме беспозвоночных почвы), составляет 1 138 150 руб на 1 га загрязненной прибрежной территории.

Размер ущерба от вреда, причиненного лесам вследствие радиационного воздействия, определяется в соответствии с таксами, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 26.11.2007 г. № 806 [52], и составляет 1 665 180 руб на 1 га загрязненной прибрежной территории (таблица 5.15).

Таблица 5.15 — Оценка ущерба от радиационного воздействия на лес прибрежной территории В-9 (оз. Карачай) площадью 1 га

| Объем древесины, м <sup>3</sup> | Такса для размера ущерба, руб/м <sup>3</sup> | Частота превышения экологически безопасного уровня облучения | Размер ущерба, руб. гр.1 × гр.2 × гр.3 |
|---------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1                               | 2                                            | 3                                                            | 4                                      |
| 1000                            | 5742                                         | 0,29                                                         | 1 665 180                              |

Ущерб травянистой растительности определяется через стоимость затрат на выполнение комплекса работ, связанных с приобретением, транспортировкой и размещением растительного грунта по замене загрязненной почвы (подстилки), и был определен ранее как часть ущерба от загрязнения среды обитания объектов животного мира.

Итого консервативная оценка совокупного размера ущерба от радиационного воздействия на объекты биоты прибрежной территории В-9 (оз. Карачай) площадью 1 га до проведения работ по реабилитации загрязненной территории составляет:

$$3\,672\,900 \text{ руб.} + 1\,138\,150 \text{ руб.} + 1\,665\,180 \text{ руб.} = 6\,476\,230 \text{ руб.}$$

Ширина прибрежной территории В-9 (оз. Карачай), на которой превышаются экологически безопасные уровни облучения организмов биоты, достигает 30-50 м. Тогда площадь загрязненной территории составит 6-10 га, а величина ущерба от радиационного воздействия на объекты окружающей среды до реабилитации загрязненной территории оценивается в 39-65 млн рублей.

#### **Водоем В-17 (оз. Старое болото)**

Специальный промышленный водоем В-17 расположен в междуречье Теча-Мишеляк (рисунок 5.25), эксплуатируется в качестве накопителя РАО с 1949 г. Окружающая местность — равнина с холмистым рельефом, в низких местах — болота. Площадь водоема

0,136 км<sup>2</sup>. Объем РАО 270 тыс. м<sup>3</sup>. Суммарная активность радионуклидов в водоеме В-17 составляет  $4,5 \cdot 10^{16}$  Бк.

К области влияния ПХРО относится прибрежная полоса площадью 10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>, загрязненная радионуклидами <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs, и изотопами Pu. По данным измерений удельная активность радионуклидов в почве прибрежной полосы водоема В-17 составляет (в Бк/г сухого веса): <sup>90</sup>Sr, 600; <sup>137</sup>Cs, 400; Pu, 20. Результаты расчета мощности дозы для референтных объектов биоты приведены в таблице 5.16.

*Таблица 5.16 — Результаты расчета мощности дозы для объектов биоты в прибрежной полосе водоема В-17, мГр/сут*

| Объект биоты   | Мощность дозы | Безопасный уровень мощности дозы |
|----------------|---------------|----------------------------------|
| Пчела          | 5             | 10                               |
| Дождевой червь | 3             | 10                               |
| Змея           | 110           | 1                                |
| Мышь           | 26            | 1                                |
| Лягушка        | 12            | 1                                |
| Утка           | 10            | 1                                |
| Трава          | 4             | 10                               |
| Сосна          | 6             | 1                                |

Как видно из данных, приведенных в таблице 5.16, превышение безопасного уровня мощности дозы наблюдается для следующих референтных объектов живой природы: пчела, дождевой червь, змея, мышь, лягушка, трава, сосна. Ущерб от вреда биоте оценивался по методике, изложенной в научно-техническом пособии [26], исходя из консервативного предположения о гибели всех перечисленных референтных объектов. При ширине зоны загрязнения 50 м, площадь зоны радиационного воздействия на биоту принималась равной 10 га. Выполняя расчеты по аналогии с представленными выше для водоема Карачай получаем, что для прибрежной полосы водоема В-17 итоговый ущерб от радиационного вреда объектам живой природы составляет 97 млн руб.

Более высокое значение ущерба для водоема В-17 по сравнению с водоемом В-9 связано с использованием в качестве исходных данных для оценки мощности дозы облучения биоты усредненных значений содержания радионуклидов в почве прибрежной полосы водоема В-17 (таблица 5.16), тогда как для водоема В-9 использовались более детальные данные о распределении радионуклидов в прибрежной почве (таблица 5.12). Это позволило оценить частоту превышения экологически безопасного уровня облучения референтных организмов биоты вблизи водоема Карачай (таблица 5.13), а для водоема В-17 использовалось более консервативное предположение о 100 % гибели всех организмов в прибрежной полосе без учета пространственной неоднородности радиоактивного загрязнения почвы. Таким образом, радиационный мониторинг позволяет существенно уменьшить консервативность оценки ущерба от радиационного вреда объектам окружающей среды.

#### ***Грунтовые могильники ФГУП «ПО «Маяк»***

В качестве исходных данных для оценки ущерба использовались данные о радиационной обстановке в районе расположения грунтовых могильников РАО завода 235 [19]. Для оценки радиационного воздействия были выбраны следующие референтные организмы животного мира: дождевой червь, мышь, насекомое летающее, змея/уж, для которых согласно данным наблюдений за радиационной обстановкой может иметь место превышение порогового уровня мощности дозы — 40 мкГр/час (0,001 Гр/сут) в районе размещения пункта хранения на площадке № 25, в пределах которого мощности дозы изменяются в интервале 72-180 мкЗв/час. На другой площадке №35 мощности

дозы составляют 1,0-9,4 мкЗв/час, т.е. не превышают экологически безопасного уровня облучения. Поскольку на территории рассматриваемого ПХРО не превышаются экологически безопасные уровни облучения растений (400 мкГр/час) для растительных организмов величина радиационного ущерба полагается равной нулю. Дополнительно следует иметь в виду, что на территории размещения ПХРО практически отсутствует естественная растительность. Таким образом, оценка радиационного вреда для растений в рассматриваемом случае не проводится.

Размер ущерба от вреда беспозвоночным животным, причиненного радиационным воздействием от загрязнения 1 га почвы (подстилки) и иных местообитаний, составляет:

$$B_{\text{почв}} = 1000 \text{ руб./м}^3 \times 5000 \text{ м}^3 + 143 \text{ руб./м}^2 \times 10000 \text{ м}^2 \times 1 + 50 \text{ руб./экз} \times 10000 \text{ м}^2 \times 1 = 6930000 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов ущерба от радиационного воздействия на организмы животного мира (кроме беспозвоночных почвы), выполненные по методике [49], представлены в таблице 5.17. Кроме референтных организмов расчеты выполнены также и для других организмов животного мира, для которых возможно превышение экологически безопасного уровня облучения.

*Таблица 5.17 — Оценка ущерба от радиационного воздействия на организмы животного мира в районе расположения грунтовых могильников завода 235 ФГУП ПО «Маяк» на территории площадью 1 га*

| Животные организмы        | Численность, экз. | Норматив стоимости, руб./экз. | Размер ущерба, руб. |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|
| <i>Млекопитающие</i>      |                   |                               |                     |
| Семейство мышиные         | 2000              | 100                           | 200000              |
| Семейство кротовые        | 100               | 100                           | 1000                |
| <i>Птицы</i>              |                   |                               |                     |
| Отряд Воробьинообразные   | 500               | 1000                          | 500000              |
| <i>Пресмыкающиеся</i>     |                   |                               |                     |
| Ящерицы                   | 200               | 500                           | 100000              |
| Змеи                      | 50                | 3000                          | 150000              |
| <i>Насекомые летающие</i> | 10000*            | 50**                          | 500000              |
| Итого                     |                   |                               | 1460000             |

*Примечание:* \* — м<sup>2</sup>, \*\* — руб./м<sup>2</sup>

В соответствии с расчетными оценками размер ущерба от вреда, причиненного другим объектам животного мира (кроме беспозвоночных почвы), составляет 1460000 руб. на 1 га загрязненной прибрежной территории.

Итого общий размер ущерба от радиационного воздействия на объекты биоты в районе размещения грунтовых могильников РАО завода 235 площадью 1 га составляет:

$$6930000 \text{ руб.} + 1460000 \text{ руб.} = 8390000 \text{ руб.}$$

С учетом данных о размерах грунтовых могильников, площадь территории на площадке №25 с повышенными уровнями облучения объектов фауны оценивается в 1,8-4,8 га.

Перемножая величину радиационного ущерба, нормированную на 1 га (8,39 млн руб./га), на площадь территории радиационного воздействия (1,8-4,8 га), получаем, что ущерб от возможного вреда окружающей среде в районе размещения грунтовых могильников завода 235 ФГУП ПО «Маяк» за период времени от современного состояния территории до момента консервации ПХРО оценивается в 15-40 млн рублей.

### **Технологические водоемы ТКВ ФГУП «ПО «Маяк»**

Технологические водоемы В-2, В-3, В-4, В-10, В-11 расположены в верховьях реки Теча (рисунок 5.25). Водоемы Теченского каскада водоемов (ТКВ) гидравлически связаны между собой. Вода самотеком перетекает из вышележащих водоемов в нижележащие. Водоем В-2 используется в качестве водоема-охладителя оборотного водоснабжения. В водоем В-2 поступают регенерационные растворы с очистных сооружений, где перерабатываются радиоактивные сточные воды предприятий. Каскад промышленных водоемов В-3, В-4, В-10 и В-11 используется для хранения жидких низкоактивных отходов. Данные об активности и объемах ЖРО в водоемах ТКВ представлены в таблице 5.18 [58].

Таблица 5.18 — Характеристики ЖРО в технологических водоемах ТКВ

| Водоем | Активность ЖРО, Бк  | Объем воды, млн м <sup>3</sup> |
|--------|---------------------|--------------------------------|
| В-2    | $4,1 \cdot 10^{15}$ | 86,2                           |
| В-3    | $7,4 \cdot 10^{14}$ | 0,88                           |
| В-4    | $5,0 \cdot 10^{14}$ | 4,6                            |
| В-10   | $4,8 \cdot 10^{15}$ | 82,5                           |
| В-11   | $8,0 \cdot 10^{14}$ | 270                            |

В качестве исходных данных для оценки мощности дозы облучения референтных объектов биоты использовались усредненные значения содержания радионуклидов в почве прибрежной зоны водоемов ТКВ (в Бк/г): <sup>90</sup>Sr, 2,0; <sup>137</sup>Cs, 1,3; Pu, 0,035. Величины коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в референтные организмы взяты из публикаций [26,55, 56]. Как видно из данных, приведенных в таблице 5.19, ни по одному из референтных объектов живой природы не наблюдается превышение мощности дозы безопасного уровня. Таким образом, ущерб от радиационного вреда для объектов живой природы, обусловленный захоронением РАО в месте их нахождения (водоемах ТКВ), отсутствует.

Таблица 5.19 — Оценки мощности дозы для объектов биоты в прибрежной зоне водоемов ТКВ, мГр/сут

| Объект живой природы | Мощность дозы       | Экологически безопасный уровень облучения |
|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|
| Пчела                | $1,5 \cdot 10^{-2}$ | 1                                         |
| Трава                | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | 10                                        |
| Сосна                | $2,2 \cdot 10^{-2}$ | 1                                         |
| Дождевой червь       | $1,0 \cdot 10^{-2}$ | 1                                         |
| Змея                 | $3,7 \cdot 10^{-1}$ | 1                                         |
| Мышь                 | $8,6 \cdot 10^{-2}$ | 1                                         |
| Лягушка              | $4,2 \cdot 10^{-2}$ | 1                                         |
| Утка                 | $3,3 \cdot 10^{-2}$ | 1                                         |

### **Хвостохранилища АО «ЧМЗ»**

Общая площадь хвостохранилища — 62 га. Удельная активность радионуклидов в почве на наиболее загрязненном участке, примыкающем по периметру с юга и юго-востока к консервируемому хвостохранилищу №1, составляет (в Бк/г): <sup>226</sup>Ra,  $39 \pm 15$ ; <sup>231</sup>Pa,  $1,7 \pm 0,6$ ; <sup>234</sup>Th,  $11 \pm 5$ ; <sup>235</sup>U,  $0,8 \pm 0,3$ ; <sup>238</sup>U,  $16 \pm 6$ . Эти данные использовались в качестве исходных для консервативной оценки совокупного размера возможного вреда окружающей среде на территории воздействия хвостохранилищ. Величины коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в референтные организмы взяты из публикаций [26,56]. Согласно расчетным оценкам превышение БУОБ имеет место только для почвенных беспозвоночных (дождевые черви), для которых мощность дозы облучения в среднем составляет 2,2 мГр/сут.

При условии отсутствия замены грунта на рассматриваемом участке получаем, что размер ущерба от вреда беспозвоночным животным, причиненного радиационным воздействием хвостохранилищ АО «ЧМЗ», составляет  $B_{почв} = 365000 \text{ м}^2 \times 143 \text{ руб/м}^2 = 52,195 \text{ млн руб.}$

#### ***Хвостохранилища ПАО «ППГХО»***

Для оценки совокупного размера возможного вреда окружающей среде выделены два участка (таблица 5.20), характеризующиеся радиоактивным загрязнением обитаемого слоя поверхности почвы толщиной 1 м.

*Таблица 5.20 — Содержание радионуклидов в почве на территории воздействия хвостохранилищ ППГХО, Бк/кг*

| Радионуклид       | Участок 1 | Участок 2 |
|-------------------|-----------|-----------|
| $^{238}\text{U}$  | 88        | 252       |
| $^{226}\text{Ra}$ | 50        | 360       |
| $^{230}\text{Th}$ | 50        | 300       |
| $^{232}\text{Th}$ | 28        | 28        |

Хвостохранилища расположены в степной зоне, в связи с этим деревья в качестве референтного вида биоты не рассматривались. В качестве референтных типов организмов были выбраны оседлые организмы, имеющие наибольший контакт с радиоактивными веществами вблизи хвостохранилищ и, соответственно, получающие наиболее высокие нагрузки: дождевые черви, мыши, трава.

В результате выполненных оценок мощности дозы на объекты живой природы получены следующие значения мощностей доз (таблица 5.21).

*Таблица 5.21 — Результаты оценки мощности дозы облучения*

| Вид            | Мощность дозы облучения, мГр/сут |                     | Экологический безопасный уровень облучения, мГр/сут |
|----------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
|                | Участок 1                        | Участок 2           |                                                     |
| Мышь           | $9,8 \cdot 10^{-4}$              | $6,5 \cdot 10^{-3}$ | 1                                                   |
| Дождевой червь | $2,7 \cdot 10^{-3}$              | $1,9 \cdot 10^{-2}$ | 1                                                   |
| Трава          | $1,4 \cdot 10^{-3}$              | $9,4 \cdot 10^{-3}$ | 10                                                  |

В расчетах учтены внешнее и внутреннее облучение радионуклидов, накопленных организмами биоты. Расчеты мощности дозы облучения организмов биоты были выполнены на основе данных по загрязнению участков территории, приведенных в таблице 5.21, коэффициентов перехода радионуклидов в референтные организмы биоты [56], и факторов дозовой конверсии для внутреннего и внешнего облучения объектов биоты [55, 56]. Согласно расчетным оценкам мощности дозы облучения референтных организмов значительно ниже экологически безопасного уровня облучения (таблица 5.21). Отсюда следует, что совокупный размер возможного вреда окружающей среде от радиационного воздействия хвостохранилищ ППГХО равен нулю.

#### ***Обобщенные оценки ущерба от радиационного воздействия хранилищ РАО на биоту***

В таблице 5.22 представлены обобщенные оценки совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения в районах расположения ФГУП «ПО «Маяк», АО «ЧМЗ» и ПАО «ППГХО». Отметим, что для оценки ущерба от радиационного воздействия на объекты природы были выбраны хранилища РАО с наиболее высокими уровнями радиоактивного загрязнения прилегающей территории. Для большинства хранилищ РАО мощности дозы облучения организмов биоты на прилегающей территории не превышают БУОБ, соответственно, величина ущерба в соответствии с методикой изложенной в научно-техническом пособии [26] может быть положена нулевой.

Таблица 5.22 — Мощности дозы облучения организмов биоты и оценка ущерба от вреда окружающей среде в районах расположения хранилищ РАО

| ПХРО                                      | Мощности дозы облучения, мГр/сут |                                       | Наиболее значимые радионуклиды                                                  | Ущерб от вреда ОС, млн руб. | Площадь воздействия, га |
|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                                           | Растения                         | Животные                              |                                                                                 |                             |                         |
| ПО «Маяк»                                 |                                  |                                       |                                                                                 |                             |                         |
| Водоем В-9 (Карачай)                      | 0,02-52                          | 0,01-340                              | $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , Pu                                       | 39-65                       | 6-10                    |
| Водоем В-17                               | 4-6                              | 3-110                                 | $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , Pu                                       | 97                          | 10                      |
| ПХРО завода 235                           | <10                              | 1,7-4,3                               | $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , Pu                                       | 15-40                       | 1,8-4,8                 |
| Водоемы ТКВ: В-2, В-3, В-4, В-10, В-11    | 0,02                             | $(0,02-4) \cdot 10^{-4}$<br>0,01-0,37 | $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , Pu                                       | 0                           | 0                       |
| ЧМЗ<br>Хвостохранилища                    | 0,3-0,9                          | 0,7-2,2                               | $^{226}\text{Ra}$ , $^{231}\text{Pa}$ , $^{234}\text{Th}$ ,<br>$^{238}\text{U}$ | 52                          | 36,5                    |
| ППГХО<br>Хвостохранилища                  | 0,001-0,009                      | 0,001-0,02                            | $^{226}\text{Ra}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{238}\text{U}$                        | 0                           | 0                       |
| Экологически безопасный уровень облучения | 10                               | 1                                     |                                                                                 |                             |                         |

В районе расположения ФГУП «ПО «Маяк» наибольшая величина ущерба от радиационного воздействия на биоту получена для прибрежной территории водоемов В-9 (Карачай) и В-17 (Старое болото). Оценки, выполненные для водоема «Карачай», показывают существенную неоднородность дозовых нагрузок на референтные организмы на территории, примыкающей к водоему. При этом далеко не всегда имеет место превышение величины БУОБ. Учет неоднородности пространственного распределения облучения организмов биоты на основе детализированных данных радиоэкологического мониторинга позволяет получить более реалистичную оценку ущерба от радиационного воздействия.

В отличие от хранилищ РАО ФГУП «ПО «Маяк», для которых радиационное воздействие на объекты биоты связано с искусственными радионуклидами (прежде всего,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ), для хвостохранилищ это воздействие обусловлено радионуклидами природного происхождения ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$  и др.). При этом дозовые нагрузки на референтные организмы в зоне воздействия хвостохранилищ в целом значительно ниже уровней облучения вблизи водоемов В-9 (оз. Карачай) и В-17 (оз. Старое болото).

Отметим, что для оценки ущерба от радиационного воздействия на объекты природы были выбраны хранилища РАО с наиболее высокими уровнями радиоактивного загрязнения прилегающей территории. Для большинства хранилищ РАО мощности дозы облучения организмов биоты на прилегающей территории не превышают БУОБ, соответственно величина ущерба в соответствии с методикой изложенной в научно-техническом пособии [26] может быть положена нулевой.

#### **Развитие подхода оценки возможного вреда окружающей среде**

Методология ограничения радиационного воздействия на биоту основана на постулате порогового действия ионизирующего излучения, подтвержденного многочисленными экспериментальными данными [59-64]. При этом рассматриваются детерминированные, а не стохастические эффекты, релевантными предложено считать следующие типы эффектов: увеличение заболеваемости, ухудшение репродуктивности, снижение продолжительности жизни.

Один из первых критериев в регламентации радиационного воздействия на биоту был предложен в работе [60]. Согласно этой работе мощность дозы хронического облучения, при не превышении которой обеспечивается радиационная безопасность водной биоты, составляет 10 мГр/сут. В дальнейшем в качестве безопасного (порогового) уровня радиационного воздействия на биоту предлагалось использовать значения мощности дозы в

диапазоне 1-10 мГр/сут [61, 62]. В научно-техническом пособии [26] в качестве упрощенного консервативного критерия радиационного воздействия на объекты живой природы были приняты значения мощности дозы 1 мГр/сут для животных и 10 мГр/сут для растений. Однако в соответствии с публикацией 108 МКРЗ более релевантными критериями экологически безопасного уровня облучения объектов живой природы являются мощности дозы 1 мГр/сут для позвоночных организмов животного мира и сосны, и 10 мГр/сут для остальных организмов растительного мира и беспозвоночных животных [55]. В рекомендациях МКРЗ учитываются существенные различия в радиочувствительности позвоночных и беспозвоночных животных, а также относительно высокая радиочувствительность сосны. Эти критерии БУОБ были приняты и в отечественных рекомендациях Р 52.18.820-2015 по оценке радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды [65].

В таблице 5.23 представлены результаты обобщенных оценок совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения в районах расположения ФГУП «ПО «Маяк», АО «ЧМЗ» и ПАО «ППГХО», с учетом изменения подхода.

*Таблица 5.23 — Оценка ущерба от вреда окружающей среде в районах расположения хранилищ РАО с учетом развития подхода*

| ПХРО                                      | Мощности дозы облучения, мГр/сут |                |              | Наиболее значимые рад.нуклиды                                             | Ущерб от вреда ОС, млн руб. | Площадь воздействия, га |
|-------------------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                                           | Растения                         | Животные       |              |                                                                           |                             |                         |
|                                           |                                  | Беспозвоночные | Позвоночные  |                                                                           |                             |                         |
| ПО «Маяк»                                 |                                  |                |              |                                                                           |                             |                         |
| Водоем В-17                               | 4-6                              | 3-5            | 10-110       | <sup>90</sup> Sr, <sup>137</sup> Cs, Pu                                   | 55                          | 10                      |
| ПХРО завода 235                           | <10                              | <10            | 1,7-4,3      | <sup>90</sup> Sr, <sup>137</sup> Cs, Pu                                   | 1,7-4,6                     | 1,8-4,8                 |
| Водоемы ТКВ: В-2, В-3, В-4, В-10, В-11    | 0,02                             | 0,01-0,015     | 0,03-0,37    | <sup>90</sup> Sr, <sup>137</sup> Cs, Pu                                   | 0                           | 0                       |
| ЧМЗ, Хвостохранилища                      | 0,3-0,9                          | 0,8-2,2        | < 1          | <sup>226</sup> Ra, <sup>231</sup> Pa, <sup>234</sup> Th, <sup>238</sup> U | 0                           | 0                       |
| ППГХО, Хвостохранилища                    | 0,001-0,009                      | 0,003-0,02     | 0,0006-0,007 | <sup>226</sup> Ra, <sup>230</sup> Th, <sup>238</sup> U                    | 0                           | 0                       |
| Экологически безопасный уровень облучения | 10                               | 10             | 1            |                                                                           |                             |                         |

Полученные результаты наглядно показывают, что влияние на окружающую среду оказывают только несколько наиболее опасных объектов ФГУП «ПО «Маяк». При том, стоит учитывать тот факт, что вред окружающей среде от ПХРО завода 235 ФГУП «ПО «Маяк» был получен для гипотетической ситуации в будущем. В отношении остальных объектов накопленных РАО можно утверждать, что вред окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения отсутствует.

## 5.6 География расположения пунктов хранения особых РАО

С учетом данных актов первичной регистрации РАО и установления условий их размещения сформированы перечни пунктов размещения особых РАО, в который также были включены объекты, образовавшиеся при использовании ядерных зарядов в мирных целях.

Краткий перечень пунктов размещения и пунктов консервации особых РАО (таблица 5.24) и география расположения объектов (рис. 5.26) выраженно показывают, что к осо-

бым отнесено относительно небольшое количество пунктов хранения РАО, сконцентрированных на нескольких промышленных площадках.

*Таблица 5.24 — Перечень пунктов хранения РАО, удовлетворяющих критериям отнесения РАО к особым*

| <b>Субъект РФ</b>     | <b>Промплощадка</b> | <b>Количество объектов</b> |
|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| Томская область       | АО «ОДЦ УГР»        | 14                         |
| Красноярский край     | ФГУП ФЯО «ГХК»      | 24                         |
| Новосибирская область | ПАО «НЗХК»          | 1                          |
| Удмуртская республика | АО «ЧМЗ»            | 2                          |
| Томская область       | АО «СХК»            | 11                         |
| Забайкальский край    | ПАО «ППГХО»         | 2                          |
| Челябинская область   | ФГУП «ПО «Маяк»     | 13                         |
|                       | Объекты МЯВ         | 83                         |
| Всего:                |                     | 150                        |



## Заключение к главе 5

Примеры выполненных обоснований показывают, что отнесение РАО к особым практически всегда является наиболее безопасным и экономически целесообразным способом окончательной изоляции значительных объемов накопленных РАО, даже если они не удовлетворяют критериям приемлемости. Следует отметить, что вред окружающей среде не оценивался для варианта удаления РАО из ПХРО, исходя из критериев ПП №1069. В тоже время очевидно, что работы по вскрытию барьеров безопасности ПХРО, обращению с большими объемами РАО могут привести к загрязнению значительных территорий как на промплощадки организации, так и за ее периметром, при транспортировке РАО к централизованным пунктам захоронения. Обоснования принципиальной возможности локализации РАО в месте их нахождения на весь период потенциальной опасности РАО выполнялись консервативно и позволяют уверенно утверждать, что после перевода пунктов размещения/консервации особых РАО в пункты захоронения, будет соблюдаться условие не превышения индивидуальной годовой дозы облучения населения — 10 мкЗв/год (ОСПОРБ-2010). А риски потенциально облучения будут снижены до пренебрежимо малого уровня.

Кроме этого, для ряда объектов полученные оценки затрат доказывают практически и финансовую невозможность проведения работ по извлечению РАО из ряда объектов «наследия», к которым относятся хвостохранилища и водоемы-хранилища. Извлечение РАО из указанных объектов ранее никогда не рассматривалось как возможный способ обращения с отходами. Необходимо также принимать во внимание, что такие объекты как хвостохранилища РАО (ПАО «ППГХО», бывшего уранодобывающего предприятия «Алмаз») являются типовыми объектами в принятой практике обращения с такими видами РАО в мире, и извлечение из существующих объектов не рассматривается.

В рамках обоснований были выполнены оценки совокупного размера возможного вреда окружающей среде, в случае захоронения РАО в месте их нахождения. Полученные оценки для большинства объектов показывают отсутствие влияния ПХРО и ПЗРО на биоту. Только для нескольких объектов выявлен возможный вред, который по полученным оценкам мал с разницей в затратах при проведении работ по захоронению РАО в месте их нахождения по сравнению с работами по извлечению РАО.

## Список литературы к главе 5

1. Обосновывающие материалы «Отнесение радиоактивных отходов, размещенных в объекте использования атомной энергии — поверхностном водоеме хранилище жидких радиоактивных отходов — водоеме В-17, к особым радиоактивным отходам», утвержденные и.о. ген. директором ФГУП «ПО «Маяк» №2.3.1/3707 ДСП, 2014.
2. Консервация водоема В-17 «Старое болото». Реконструкция. Проект. Том 8- ООС — Охрана окружающей среды, ФГУП «УГПИИ «ВНИИЭТ», Озерск, 2007г.
3. Проект. Консервация водоема В-9 (оз. Карачай). 3-я очередь. Том 1-13, Озерск. 2004 г.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».
5. Концепция вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия (ядерных и радиационно-опасных объектов) ФГУП «ПО «Маяк» («Наследие»). Объектовая концепция вывода из эксплуатации ядерных и радиационно-опасных объектов ФГУП «ПО «Маяк» («Ядерное наследие»). Первая редакция. Озерск, 2011 г.

6. Аннотационный отчет «Гидрогеологическое и геохимическое обеспечение разработки СМП (стратегического мастер-плана) по проблемам ТКВ», Этап 2. Анализ применения методов математического моделирования для решения проблем ТКВ, Среднесрочный сценарный прогноз изменения уровня вод в ТКВ с использованием комплексных подходов и с учетом реализуемых инженерных решений (водный и солевой баланс для различных климатических сценариев). Разработка рекомендаций по снижению радиоактивных поступлений из ТКВ. ЗАО «Геоспецэкология», Москва, 2009 г.
7. Алексахин А.И., Глаголев А.В., Дрожко Е.Г., Зинин А.И., Зинина Г.А., Иванов И.А., Мокров Ю.Г., Орлова Е.И., Самсонов Б.Г., Самсонова Л.М., Стукалов П.М. Водоем-9 — хранилище жидких радиоактивных отходов и воздействие его на геологическую среду. — Под ред. Дрожко Е.Г., Самсонова Б.Г. — М., 2007, 250 с.
8. Отчет «Заключение. Результаты прогнозного расчета миграции нитрат-иона и Sr-90 на период до 2300 года», Москва, Гидроспецгеология, 2003 г.
9. Отчет по обоснованию безопасности эксплуатации специальных промышленных водоемов В-9, В-17, полигона захоронения твердых радиоактивных отходов ПЗ ТРО В-9. Озерск, 2005 г.
10. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. — Под общей редакцией Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. — 2012 г. — 356 с. — Т1.
11. Р.В. Грязнов, Реализация I этапа создания ЕГС РАО в АО «СХК»: результаты, планы на будущее. VIII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2015», Москва. 9-11 ноября 2015.
12. Обосновывающие материалы для отнесения РАО, размещенных в пункте хранения «Бассейн Б-25» РХЗ, к особым РАО, утверждены директором завода, от 14.05.2014 №70/337ДСП. Северск, 2014.
13. Комплексное инженерно-радиационное обследование состояние бассейна Б-25, N280/498ДСП от 11.09.2008.
14. Акт инвентаризации РАО, N2 80/89ДСП от 27.02.2014.
15. Отчёт №257/704 от 24.11.2011 «Выполнение расчётов миграции радионуклидов на участке расположения бассейна Б-25».
16. Сводный сметный расчет стоимости строительства консервации бассейна Б-25, N2 211-4897/0303-СМ.
17. Письмо Минрегиона России от 28.02.2014 N2 3085-ЕС/08.
18. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. N 1494 «Об утверждении Положения об отнесении объектов использования атомной энергии к отдельным категориям и определении состава и границ таких объектов».
19. Обосновывающие материалы «Отнесение радиоактивных отходов, размещенных в комплексе грунтовых могильников радиохимического производства ФГУП «ПО «Маяк», к особым радиоактивным отходам», выполненные ФГУП «ПО «Маяк», утвержденные ген. директором ФГУП «ПО «Маяк» № 2.3.1/3837 ДСП, 2014.
20. Проект «Благоустройство грунтовых могильников ТРО». Сводный сметный расчет [Текст]: проект / ФГУП «ПО «Маяк». — 2008. Инв. № 6028.
21. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009».
22. Выполнение прогнозных оценок влияния законсервированных грунтовых могильников на состояние подземных вод. Подготовка и выпуск Заключения о влиянии могильников твердых радиоактивных отходов на загрязнение подземных вод» (договор № 1М-2011 от 28.06.2011 г.) [Текст]: отчет / ЗАО «Геоспецэкология»; исполн.: Дрожко Е.Г., — Москва, 2011. — 16 с.
23. Обосновывающие материалы для отнесения РАО в размещения РАО в пункте хранения «Объект 660 (хранилище ТРО)», к особым РАО, утвержденные главным инженером ФГУП ФЯО «ГХК», г. Железногорск, № 212-25-07-06, 2014. ДСП.

24. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности [Текст]: (ОСПОРБ-99/2010): СП 2.6.1.2612-10.
25. Обосновывающие материалы для отнесения РАО в размещения РАО в пункте хранения «Объект 650/1 (хранилище ТРО)», к особым РАО, утвержденные главным инженером ФГУП ФЯО «ГХК», г. Железногорск, № № 212-25-07-06, 2014. ДСП.
26. Линге И.И. (Ред.). Абалкина И.Л., Барчуков В.Г., Бочкарев В.В., Ведерникова М.В., Дорогов В.И., Кочетков О.А., Крышев И.И., Линге И.И., Панченко С.В., Савкин М.В., Уткин С.С. (2014). Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении РАО к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0. Москва: ИБРАЭ РАН. — 157 с.
27. Обоснование для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам (объект — консервируемое хвостохранилище №1 ОАО «ЧМЗ»). Версия 2.0. ОАО «Чепецкий механический завод» от 03.07.2014 № 19-943-27ДСП/ 32245 ДСП, утверждено ген. директором ОАО «ЧМЗ», г. Глазов — 2014 г.
28. Постановление Правительства Российской Федерации №444 от 13 июля 2007 года «О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года».
29. АКТ от 17.11.2009 № 105-63/5435 комплексного обследования ОИАЭ ОАО «ЧМЗ» с целью продления срока эксплуатации объекта в соответствии с требованиями НП 024-2000.
30. «Результаты геоэкологических исследований...», ВНИПИпромтехнологии-2011 г.
31. СП 21-83 Санитарные правила по устройству и эксплуатации хвостохранилищ.
32. Проект «Реабилитация вод верхних горизонтов хвостохранилищ №№ 2,3 ОАО «Чепецкий механический завод», разработанный ВНИПИпромтехнологии инв. номер Т-06-25.
33. Проектная документация «Прогнозный расчет для оценки безопасности закрываемого хвостохранилища». 114002.0000.120019-ПЗ. Том 2., ОАО «РАОПРОЕКТ». Санкт-Петербург, 2012.
34. Программа Pmwin PRO, <http://www.pmwin.net/pmwin5.htm>.
35. Оценка радиационной безопасности приповерхностных пунктов захоронения радиоактивных отходов. Федеральное управление «Медбиоэкстрем». МУ 2.6.1.22-00, М., 2000.
36. Разработка программно-технических средств анализа ядерной, радиационной безопасности и комплексный анализ рисков для объектов ядерного наследия: отчет о НИР / ИБРАЭ РАН; рук. Линге И.И. — Инв. № 3565-Н.4п.23.12.08.144-19.-М., 2012.-134 с.
37. Обосновывающие материалы для отнесения РАО, размещенных в пункте хранения хвостохранилище «Верхнее», к особым РАО, утвержденные ген. директором ОАО «ППГХО», №100-43-07/316ДСП, 2014г.
38. Руководство по безопасности РБ-011-2000 «Оценка безопасности приповерхностных хранилищ радиоактивных отходов» (утв. постановлением Госатомнадзора Российской Федерации от 29 декабря 2000 г. № 19).
39. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, Vol. 1, 2, IAEA, VIENNA, 2004.
40. ФГУП «Гидроспецгеология». Отчет о работе «Обследование загрязненных территорий, находящихся в пределах зон наблюдения предприятий, и создание геоинформационной системы». Книга 4, этап 9, часть 3. Москва, 2013.
41. [http://www.nccp.ru/about/history\\_of\\_nccp](http://www.nccp.ru/about/history_of_nccp).
42. Рабочий проект на консервацию секции №1 хвостохранилища предприятия П.Я.Г-4807. Том 1. 1989.
43. Обосновывающие материалы для отнесения РАО, размещенных в пунктах хранения 1-я и 2-я секции хвостохранилища ОАО «НЗХК», к особым РАО, утвержденные заместителем главного директора — главным инженером ОАО «НЗХК» от 31.07.2014 №21/18-03/4545ДСП, Новосибирск 2014.

44. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
45. Обосновывающие материалы для отнесения РАО в размещения РАО в объекте 2 на площадке промышленного реактора АД РЗ ФГУП «ГХК» к особым РАО, утвержденные главным инженером ФГУП ФЯО «ГХК», г. Железнодорожск, 2014. ДСП.
46. Обосновывающие материалы для отнесения РАО в долговременном хранилище твердых радиоактивных отходов в объекте 5М, в центральном зале реактора АДЭ-1, объекте 6В, в центральном зале реактора АДЭ-2 РЗ ФГУП «ГХК» к особым РАО, утвержденные главным инженером завода РЗ ФГУП ФЯО «ГХК», г. Железнодорожск, 2014.
47. ОАО «ГИ «ВНИПИЭТ» выполнены технико-экономические исследования (ТЭИ) вывода из эксплуатации могильников ПУГР ФГУП «ГХК» (г. Железнодорожск Красноярского края).
48. Отчет о НИР ОАО «ГИ «ВНИПИЭТ» Рег. № 4025 «Технико-экономические исследования (ТЭИ) вывода из эксплуатации могильников ПУГР ФГУП «ГХК» (г. Железнодорожск Красноярского края)».
49. Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания. М., МПР Российской Федерации, 2008. — 21 с.
50. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. М., Росрыболовство, 2011. — 69 с.
51. Методика исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам. М., Минприроды России, 2011. — 3 с.
52. Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения Лесного законодательства. Постановление Правительства Российской Федерации от 8 мая 2007 г. № 273 (в ред. постановления Правительства Российской Федерации от 26.11.2007 № 806). М., 2007 — 13 с.
53. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 мая 1994 г. № 515. Об утверждении такс для исчисления размера взыскания за ущерб, причиненный уничтожением, незаконным выловом или добычей водных биологических ресурсов (в ред. постановлений Правительства Российской Федерации от 26.09.2000 №.724; от 10.03.2009 №.219). — 3 с.
54. Таксы для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования. М., Минприроды России, 2011. — 3 с.
55. ICRP. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Annals of the ICRP, 38 (4-6), Elsevier, 2008. — 251 p.
56. UN — United Nations. Effects of radiation on the environment. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II, Scientific Annex E. Effect of ionizing radiation on non-human biota. United Nations, New York, 2011. — 164 p.
57. Крышев И.И., Курындина Л.А., Линге И.И. Оценка ущерба окружающей среде при использовании атомной энергии. Атомная энергия, 2014, т.117, №3, 159-164.
58. Ватулин А., Полуэктов П., Суханов Л. Обращение с РАО: состояние и тенденции. Ядерное Общество. Журнал Ядерного Общества России, 2005, с.59-70.
59. Blaylock, B.G. and Trabalka, J.R. Evaluating the effects of ionizing radiation on aquatic organisms//Adv. Radiat. Biol. 1978. Vol.7. P.103-152.
60. NCRP — National Council on Radiation Protection and Measurements. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms. NCRP Report N 109, Bethesda, Maryland, USA, 1991. — 115 p.

61. IAEA — International Atomic Energy Agency. Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards. Technical Report Series No. 332. Vienna, IAEA, 1992 — 334 p.
62. US DOE. A Graded Approach for Evaluating Radiation Doses to Aquatic and Terrestrial Biota. DOE-STD-1153-2002. Washington, 2002. — 234 p.
63. Sazykina T.G., Kryshev A.I., Sanina K.D. Non-parametric estimation of thresholds for radiation effects in vertebrate species under chronic low-LET exposures. *Radiation and Environmental Biophysics*, 2009, 48 (4), 391 — 404.
64. Крышев И.И., Сазыкина Т.Г. Радиационная безопасность биосферы: научные и нормативно-методические аспекты. XLII Радиоэкологические чтения, посвященные действительному члену ВАСХНИЛ В.М. Ключковскому (3 декабря 2013 г.). — Обнинск, ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2014. — С.31-76.
65. Рекомендации Р52.18.820-2015. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки (Утверждены Росгидрометом Минприроды России 17.04.2015 г.). — 64 с.

## **6 Итоги и перспективы работ по накопленным РАО**

Введение категории особых РАО преследовало целью упорядочение общей рациональной стратегии, предусматривавшей исключение циклов разнонаправленных решений в отношении одного отдельного объекта. Эта рациональная стратегия применялась и при разработке ФЦП ЯРБ. По ряду пунктов хранения предусматривались работы по консервации пунктов хранения РАО. В основном такие решения принимались по объектам, чья высокая потенциальная опасность была наиболее очевидна. А по отдельным объектам предусматривалось удаление РАО, хотя система захоронения РАО еще не была сформирована. Кроме этого в рамках ФЦП ЯРБ был запланирован и реализован большой комплекс работ по относительно небольшим объектам, главным образом, исследовательских организаций, когда РАО также удалялись с объектов.

Проверка этих решений на основе оценки критериальных соотношений показала, что качественно или концептуально обоснованные варианты выбора стратегии подтвердились в подавляющем большинстве случаев, включая те, где произошел конфликт избыточности критериальных ограничений, как в случае с хвостохранилищами ГМЗ «Алмаз». В рамках данного раздела рассмотрим различные по полноте реализации этапов работы по консервации пунктов хранения РАО и удалению РАО, выполненные в рамках ФЦП ЯРБ, а затем и более общие перспективы, вплоть до 2030 года.

### **6.1 Итоги работ ФЦП ЯРБ**

В рамках ФЦП ЯРБ был реализован крупный объем работ по обращению с РАО, который включал работы по проектированию пунктов хранения и захоронения и их сооружению, консервации пунктов хранения и удалению радиоактивных отходов из мест их размещения. Общие итоги работ по ФЦП, включая работы по РАО, достаточно детально изложены в уже вышедшей и подготавливаемой к печати литературе [1-4]. Поэтому ограничимся рассмотрением только интересных для рассматриваемой темы объектов с точки зрения их типизации и выделения особенностей.

#### **6.1.1 Типовые работы по удалению РАО и консервации пунктов хранения**

Значимые успехи в части консервации РАО не должны вводить в заблуждение относительно сложности работ. Во-первых, срок реализации ФЦП ЯРБ составил 8 лет, а во-вторых, по многим объектам работы были начаты намного раньше. Все, что касается крупных поверхностных хранилищ и в особенности хранилищ ЖРО, зачастую требует периодов ожидания (длительной выдержки) завершения различного рода усадочных процессов. Из многих объектов, по которым реализовано большинство этапов работ, рассмотрим несколько, для которых реально видятся стандартные этапы преобразования. Для пунктов временного хранения — это отработка технологий по удалению, работы по удалению РАО, последующий демонтаж объекта и реабилитация площадки. Для пункта размещения особых РАО — реализация технических решений необходимых для изменения статуса объекта, перевода в пункт консервации, а затем и в пункт захоронения. Эти этапы связаны с формированием новых защитных барьеров. Прежде чем погружаться в проблематику особых, отметим, что по ряду объектов в рамках ФЦП ЯРБ был реализован стандартный комплекс работ по удалению РАО и выводу из эксплуатации хранилища РАО.

Рассмотрим эти работы на примере вывода из эксплуатации регионального хранилища РАО (сооружение 227) в г. Обнинск. Сооружение 227 — стационарный пункт хранения твердых и жидких РАО, создан в ФЭИ в 1955 году. Площадь сооружения 227 составляет 6000 кв. м. На территории сооружения 227 имелись четыре ёмкости для промежуточного хранения не кондиционированных, удаляемых ТРО низкой и средней активности, одна ёмкость для хранения ЖРО и сеть наблюдательных и изыскательских скважин для мониторинга миграции радионуклидов. Загрузка РАО в хранилище проводилась с 1955 по 1961 годы. В 1961 году сооружение 227 было законсервировано. По учетным данным в хранилище находилось около 2060 куб. м ТРО и около 700 куб. м ЖРО.

При подготовке сооружения 227 к выводу из эксплуатации были разработаны и утверждены концепция и проект вывода из эксплуатации хранилища, получена лицензия на вывод из эксплуатации.

Основной объем работ выполнен в 2014-2015 гг. Выполнение работ было начато с подготовки площадки сооружения 227 (рисунок 1.6): выполнена срезка растительного слоя грунта и планировка территории с разработкой грунтов общим объемом  $730 \text{ м}^3$ , с погрузкой и перевозкой их в отвал с последующим разравниванием; выполнена разборка дорог из сборных железобетонных плит в объеме  $67,2 \text{ м}^3$ ; произведено устройство сплошной асфальтобетонной подъездной дороги к сооружению 227 (рисунок 6.1).



*Рисунок 6.1 — Подъездная дорога к площадке и площадка после удаления грунта*

После окончания работ по подготовке площадки были выполнены работы по оснащению, монтажу и пуско-наладке технологического оборудования, модульных систем инженерного обеспечения безопасности работ, систем электроснабжения и освещения, систем радиационного контроля.

В ходе обследования емкостей хранилища № 2, 3, 4, 5 было установлено, что содержание ЖРО в них превышает проектные значения более чем в 3 раза, поэтому было произведено дополнительное оснащение технологическим оборудованием указанных емкостей. На рабочих местах извлечения РАО был выполнен монтаж стальных тентовых конструкций (рисунок 6.2).



*Рисунок 6.2 — Модульное защитное укрытие на рабочем месте извлечения РАО*

В 2015 году работы по проекту полностью завершены. Выполнено извлечение и кондиционирование РАО (включая загрязненный грунт) активностью  $5 \cdot 10^{10}$  Бк, выполнена ликвидация емкостей № 1, 2, 3, 4 и 5. Проведена реабилитация территории ( $6000 \text{ м}^2$ ), выполнен демонтаж защитного укрытия и модульных систем инженерного обеспечения безопасности работ.

Суммарный объем финансирования мероприятия составил 360 млн руб. Условия размещения пункта хранения и его фактическое состояние оснований для отнесения РАО к особым РАО не давали. Усредненная стоимость работ по извлечению и кондиционированию РАО составила по итогам мероприятия около 100 тыс. руб./ $\text{м}^3$  без учета стоимости захоронения РАО. Это важная реперная оценка, которая дает представление о цене мероприятий по удалению РАО.

### ***Консервация бассейна хранилища жидких РАО (объект № 354) ФГУП ФЯО «ГХК»***

Бассейн № 354 обеспечивал эксплуатацию изотопно-химического завода в течение 20 лет до 1978 года. Проектный объем бассейна составлял 80 тыс.  $\text{м}^3$ , площадь зеркала воды — 20 тыс.  $\text{м}^2$ . Размещение РАО в бассейне было завершено в связи с накоплением донных отложений. Работы по ликвидации бассейна № 354 начались в 1990 году. Была удалена значительная часть жидкой фазы, и бассейн был на 80 % площади дна засыпан мелкозернистым песком и легкой супесью слоем мощностью до 1,5 м. В 1991–2007 гг. проводились регламентные работы (радиационный контроль и откачка водной фазы, накапливающейся вследствие осадков, из незасыпанной части бассейна). В силу отсутствия средств работы по этапу не завершались, при этом для учета изменений требований безопасности в 2002 и 2006 гг. в проект были внесены корректировки. Проектно-сметная документация по ликвидации бассейна была утверждена летом 2006 года и работы по объекту были включены в ФЦП ЯРБ.

Проектная готовность обеспечила возможность быстрого начала работ. Уже в 2008 году в рамках мероприятия последовательно выполнены: откачка водной фазы в бассейн 354а и промораживание оставшейся жидкой фазы; засыпка незасыпанной части бассейна супесью, а участков с повышенным радиационным фоном (МАЭД более  $6 \text{ мкЗв/ч}$ ) первичным слоем суглинка толщиной 0,5–0,7 м; отсыпка слоя суглинка поверх первичного слоя супеси слоями 0,5 м с уплотнением; отсыпка слоя аэрации из гравия толщиной 0,5 м; отсыпка слоя суглинка мощностью около 4 м (слоями мощностью 0,5 м с послойным уплотнением); формирование купола из суглинка с выполнением уклона от центра к периферии отсыпки; засыпка поверхности купола скальным грунтом слоем мощностью 0,5 м для предотвращения размывания осадками верхнего слоя суглинка. Суммарная мощность отсыпанных слоев составляет примерно  $8,5 \text{ м}$ , общий объем отсыпанного грунта  $250 \text{ 000 м}^3$ .

В начале 2009 года решением приемочной комиссии объект признан отвечающим санитарно-эпидемиологическим, экологическим, пожарным, строительным нормам и правилам и государственным стандартам. В соответствии с актом объект классифицируется как хранилище твердых РАО (хранилище загрязненного грунта), выведенное из эксплуатации. По итогам проведения первичной регистрации РАО данный пункт хранения отнесен к пунктам консервации особых РАО, поскольку:

- РАО активностью  $3,52 \cdot 10^{13}$  Бк изолированы от окружающей среды;
- пункт консервации обеспечен барьерами безопасности, исключающими распространение радиоактивных веществ и радиационное воздействие на население;
- выполнение защитных функций системы барьеров безопасности обосновано на период не менее 500 лет.

В качестве следующего шага, который может быть реализован через 30–50 лет, можно предположить установление статуса пункта захоронения. Такой перевод может произойти при соблюдении двух условий. Во-первых, должны быть получены убедительные данные по устойчивости барьеров. Во-вторых, должны иметься экономические стимулы для тако-

го изменения статуса, поскольку это связано с его передачей Национальному оператору и отчуждением земель.

### **Консервация бассейна Б-2 АО «СХК» (г. Северск, Томская область)**

Первое решение по консервации бассейна было принято в 1982 г. постановлением Совета Министров СССР и приказом министра среднего машиностроения. В полном объеме, вплоть до начала реализации ФЦП ЯРБ, решение выполнено не было. Размещение ЖРО уже в 1982 году было прекращено. Однако работы по консервации растянулись на много лет из-за недостаточного финансирования. Работы по засыпке Б-2 начались в феврале 1991 года и продолжались 10 лет. С 2001 по 2006 год проводилась выдержка засыпанного бассейна. В 2006 году начался третий этап консервации Б-2, связанный с формированием глиняного экрана и реабилитацией территории.

В этот период были доработаны технические решения по консервации Б-2 на СХК (рисунки 6.3, 6.4). В ходе практических работ в рамках отдельного мероприятия ФЦП ЯРБ была разобрана обваловка бассейна и проведено устройство верхнего глиняного экрана с защитой его песчаным грунтом и плодородной почвой. Территория общей площадью 83,3 тыс. кв. м была обработана гербицидами и засеяна многолетними травами. Объект обеспечен дренажной система и газоотводной системами, системой мониторинга (рисунок 6.5).

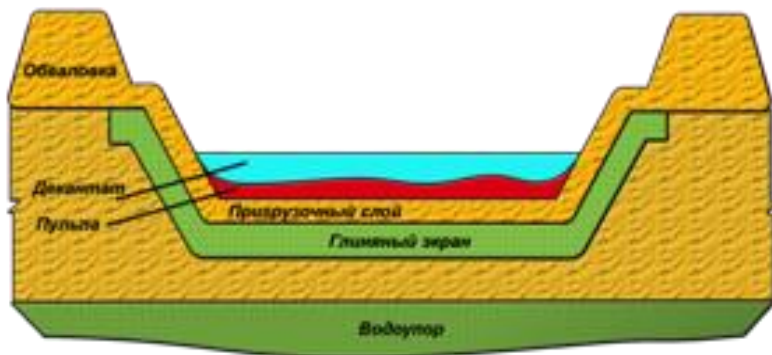


Рисунок 6.3 — Состояние бассейна Б-2 до начала работ по консервации

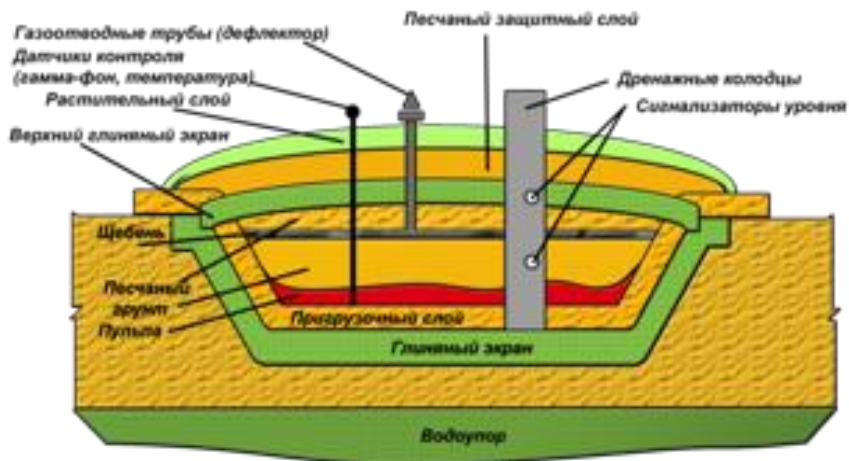


Рисунок 6.4— Состояние бассейна Б-2 после консервации



*Рисунок 6.5 – Общий вид бывшего бассейна Б-2 после консервации*

Работы по консервации завершены. 21 декабря 2012 года подписан акт приемки законченного строительством объекта приемочной комиссией. Работы выполнены в соответствии с проектом; бассейн Б-2 законсервирован. По результатам первичной регистрации пункт хранения получил статус пункта размещения особых РАО, хотя более целесообразно было бы определить его как пункт консервации.

Перевод пункта консервации в ПЗРО может произойти при соблюдении трех условий. Во-первых, тепловыделение и газовыделение должны снизиться до уровня, при котором отпадет необходимость в системе газоотведения и могут быть выполнены работы по закрытию. Во-вторых, должны быть получены убедительные данные по устойчивости барьеров. В-третьих, должны иметься экономические стимулы для проведения данного перевода в ПЗРО.

#### ***Консервация бассейна Б-1 АО «СХК»***

Объем бассейна Б-1 составлял 65 тыс. куб. м, а активность накопленных радионуклидов —  $1 \cdot 10^{18}$  Бк. Первые решения о необходимости консервации были приняты в 1982 году.

В рамках ФЦП ЯРБ были реализованы изыскательские работы, необходимые обследования и разработка проекта, включающего работы по созданию инфраструктуры: разработку нового песчаного карьера, реконструкцию подъездных работ, строительство новой насосной станции, крытой стоянки, прокладку артезианского трубопровода, обустройство нагнетательных скважин, установку 2 вагонов-саншлюзов и другие вспомогательные работы. Реализация подготовительных работ позволила приступить к засыпке. Выделен пусковой комплекс, предусматривающий первый этап консервации. Осуществлена засыпка бассейна до отметки +102,0 м. К октябрю 2015 года создан первый рубеж безопасности из слоев грунта и щебня, который снимет угрозы выноса радиоактивных веществ за пределы объекта. По завершению усадки грунтов работы будут продолжены.

#### ***Консервация водоема В-9 (озеро Карачай) ФГУП «ПО «Маяк»***

Накопленные в объекте РАО по объему, активности и гидрогеологическим условиям таковы, что даже создание первого покрывающего экрана превратилось в более чем 40-летний эпопею (рисунок 6.6). Но в 2015 году она заканчивается и через какое-то время необходимое для экспериментального подтверждения безопасности по отдельным параметрам (температура и тепловыделение, газообразование и газоотведение) станут возможны работы по созданию последующих барьеров. По-видимому, они могут занять

несколько десятилетий. После этого станет возможным перевод в пункт консервации. Сроки возможного перевода в ПЗРО — это рубеж 2300 года, после получения фактических данных по прекращению распространения фронта загрязнения.



Рисунок 6.6 — Этапы закрытия акватории водоема В-9 (оз. Карачай)[5].

### **Графитовая кладка промышленного уран-графитового реактора ЭИ-2 АО «ОДЦ УГР»**

Захоронение графита как проблемная тема хорошо понимается в мире и актуально для многих стран. Но технологий переработки графита в целях очистки и последующего использования или в целях захоронения до настоящего времени не предложено. ПУГР представляет сооружение строительным объемом около 150 тыс. м<sup>3</sup>, имеющее наземную и подземную части. При этом подземная часть сооружения с реакторной шахтой заглублена до отметок около  $-40 \div -55$  м. Длительная эксплуатация реакторных установок сопровождалась нарушениями в работе, следствием чего стали просыпи ядерных материалов в шахте реактора и сложный состав РАО, удалявшихся в хранилища, в том числе непроектные.

В 2009 г. была разработана концепция вывода из эксплуатации ПУГР по варианту безопасного захоронения на месте, а в 2011 г. разработана и утверждена локальная объектовая концепция вывода из эксплуатации ПУГР по варианту «Радиационно-безопасное захоронение на месте». Данными документами предусмотрено:

- удаление ядерных материалов и доведение объекта до ядерно безопасного состояния;
- обоснование выбора изолирующих материалов;
- захоронение на месте реакторных комплексов (включают реакторы, бассейны выдержки и приреакторные хранилища) и хранилища РАО ДХТО-14 (пл. 11);
- удаление РАО из хранилищ траншейного типа и непроектных хранилищ.



*Рисунок 6.7 — Демонтаж строительных конструкций ПУГР ЭИ-2 и сооружение защитного покрытия*

При проведении первичной регистрации РАО в 2014 году ЭИ-2 признан пунктом размещения особых РАО. РАО, размещенные в хранилищах траншейного типа, отнесены к удаляемым.

В результате реализации мероприятия:

- получен опыт проведения работ по выводу из эксплуатации промышленного уран-графитового реактора по варианту захоронение на месте.
- обеспечена консервация пункта размещения особых РАО с созданием системы контроля надежности изолирующих барьеров (рисунок 6.7).

Очевидно, что уже в ближайшие годы может быть поставлен вопрос о переводе в пункт консервации. Вопрос о переводе в пункт захоронения может быть решен только после длительного периода мониторинга.

#### ***Снос и демонтаж загрязненного радиоактивными веществами здания 2К Южно-Уральского института биофизики (ЮУрИБФ)***

Федеральное государственное унитарное предприятие «Южно-Уральский институт биофизики» (в настоящее время — ФГУП ЮУрИБФ) — до 1999 г. филиал № 1 Института биофизики в г. Озерске Челябинской области. Основной целью деятельности института является получение новых знаний о действии ионизирующего излучения на организм человека, применение их в области радиационной безопасности и охраны здоровья персонала предприятий атомной промышленности и населения, проживающего вблизи от расположения таких объектов.

В здании 2К («грязный» корпус), расположенном в г. Озерск на расстоянии около 2 км от ближайших жилых домов, с 1970 по 1997 гг. проводились научные опыты и эксперименты на лабораторных животных с использованием радиоактивных веществ (аэрозолей трансурановых элементов), для изучения метаболизма и декорпорации при их ингаляционном и парентеральном поступлении в организм.

Проводимые работы привели к значительным загрязнениям помещений здания радионуклидами, что послужило включению работ по его ликвидации в ФЦП ЯРБ.

С целью создания безопасных условий для населения и окружающей среды в 2009 г. был разработан проект вывода из эксплуатации здания 2К (проектная организация — АО «ВНИПИЭТ»).

В результате проведенных в рамках ФЦП ЯРБ мероприятий объект переведен в безопасное состояние за счет поэтажного демонтажа с проведением работ по сбору и размещению на временное хранение образовавшихся ТРО. Котлован, образовавшийся после разборки здания 2К, подлежал засыпке до отметок окружающей территории.

Все работы проводились с использованием средств, позволявших исключить распространение радиоактивных веществ как внутри здания, так и за его пределами.

### **6.1.2 Работы по крупным поверхностным водоемам-хранилищам ЖРО**

Поверхностные водоемы-хранилища ЖРО, сами по себе являясь уникальными объектами ядерного наследия как группа, неоднородны по своим характеристикам, определяющим особенности обеспечения их долговременной безопасности. Некоторые из них (как, например, описанные выше В-9, В-1 и В-2) могут быть переведены в пункты консервации РАО после закрытия акватории. Другие содержат столь большие объемы жидкой фазы, что ее устранение мало реально. К последним относятся водоемы В-2, В-6 и ТКВ (ФГУП «ПО «Маяк»).

По первым двум в рамках ФЦП ЯРБ мероприятий не проводилось, поскольку их состояние не вызывало и не вызывает опасений, а перспективы использования и реабилитации — ясны. Речь идет о сравнительно быстром (десяtkи лет) естественном самоочищении воды (радиоактивный распад и седиментация взвесей с сорбированными на них радионуклидами) и значительно более протяженном (сотни лет) периоде снижения удельной активности в донных отложениях. При этом по каждому водоему существует потенциал реализации конкретных (но различных) практических решений, направленных на ускорение этих процессов.

Водоем В-2 объемом около 84 млн м<sup>3</sup> используется для оборотного водоснабжения реакторного производства предприятия. Концентрация <sup>90</sup>Sr в воде примерно в 4,5 раза превышает уровень отнесения жидкостей к ЖРО; по другим радионуклидам превышения значений 100 УВ нет. Ориентировочное время снижения загрязнения водной фазы до уровня промышленных отходов — 20 лет. Опасность переполнения водоема отсутствует, поскольку в периоды избыточной водности имеется возможность отвода воды в нижележащий Теченский каскад водоемов.

Водоем В-6 объемом около 16 млн м<sup>3</sup> использовался для оборотного водоснабжения химико-металлургического производства, в связи с чем основное загрязнение формируется альфа-излучающими радионуклидами и сосредоточено в донных отложениях. В настоящее время водоем более не используется для приема и забора воды; водная фаза близка по концентрации радионуклидов к значениям уровня вмешательства. В связи с этим опасность переполнения также отсутствует.

Основные стратегии перевода водоемов В-2 и В-6 в окончательное состояние — долговременная контролируемая выдержка с поддержанием в работоспособном состоянии имеющихся гидротехнических сооружений и объектов инфраструктуры. При этом для водоема В-6 этот процесс можно существенно ускорить путем искусственного взмучивания отдельных наиболее загрязненных участков донных отложений. Последующий за этим процесс седиментации приведет к выравниванию концентрации радионуклидов по глубине верхнего слоя седиментов, что, по оценкам, может снизить удельную активность до уровней ПЗУА.

Основные проблемы для поверхностных водоемов-хранилищ ЖРО рассматриваемого класса связаны с Теченским каскадом водоемов (ТКВ), объем которого — около 360 млн м<sup>3</sup>. Несмотря на то, что по количеству накопленной активности ТКВ далеко не является лидером среди объектов наследия (в 400 раз меньше, чем в В-9), размеры — площадь около 50 км<sup>2</sup> — делают его малоуправляемым. При этом в отличие от обычных водохранилищ, любое поступление воды из ТКВ за его пределы нежелательно, а неконтролируемое — недопустимо.

Проблема ТКВ вышла на первый план в конце 1990 гг., когда уровень замыкающего каскад водоема приблизился к критической отметке, а реальных механизмов управления ситуацией не было. Последовавшая череда благоприятных по водности лет, а также реализованные неотложные мероприятия по укреплению замыкающей плотины и снижению сбросов позволили в 2008 г. приступить к разработке стратегического мастер-плана, основная цель которого заключалась в обосновании направлений окончательного решения

проблемы. Также в рамках ФЦП ЯРБ реализовывался ряд практических мероприятий по повышению безопасности этого объекта:

- Сооружение двух очередей общесплавной канализации, позволивших оптимизировать систему водоотведения на промышленной площадке и тем самым сократить сбросы воды в ТКВ до 5 млн м<sup>3</sup>/год.
- Сооружение порогов-регуляторов уровня воды на обводных каналах и противофильтрационных завес на участках боковых дамб обводных каналов для ликвидации участков повышенной фильтрации и управления объемами сбросов радионуклидов из ТКВ в реку Течу.
- Разработка технологий и сооружение установок очистки поступающих в ТКВ технологических и нетехнологических ЖРО.
- Реконструкция гидротехнических сооружений.

Необходимость обоснования путей перевода ТКВ в максимально управляемое состояние и представления долгосрочного плана конкретных мероприятий привели к необходимости принципиального расширения рамок выполнявших ранее исследований. В частности, требовалось:

- Рассмотреть ТКВ не обособленно, а как элемент системы объектов, расположенных на территории промышленной площадки и за ее пределами: водоемы ТКВ (В-3, В-4, В-10, В-11), обводные каналы (левобережный и правобережный), Иртышско-Каслинская система озер, водоемы В-9 и В-17, водоем В-2, подземные воды, река Теча.
- Решить все нормативные вопросы.
- Систематизировать все данные за весь период наблюдений и разработать расчетный инструментарий для достижения полного понимания состояния объекта на каждом этапе его жизненного цикла (в первую очередь — относительно балансы воды и активности).
- Определить все технические решения по комплексному управлению, включая возможности поэтапного снятия ограничений на использование ресурсов реки Течи, включая ее пойму.
- Определить конечное состояние ТКВ, сроки и стратегии его достижения
- Разработать дорожную карту и план организационно-технических мероприятий по всем стратегиям.

Основные итоги работ:

- ТКВ приобрел статус ОИАЭ, для которого обоснована методика расчета ДС и утверждены соответствующие нормативы. Напомним, что история проблем нормативно-правового характера для ТКВ насчитывала не один десяток лет и упиралась в вопрос, является ли ТКВ объектом окружающей среды.
- Разработаны технологии очистки ЖРО, поступающих и уже находящихся в ТКВ, а также обоснованы мероприятия по снижению объемов поступления нетехнологических отходов. Изготовлены установки и проведены опытно-промышленные испытания. Разработано технико-экономическое исследование на создание установки очистки воды ТКВ мощностью до 10 млн м<sup>3</sup>/год.
- Разработана долгосрочная программа работ, направленная на скорейшее (в течение 20-30 лет) очищение воды.
- Разработан расчетно-мониторинговый комплекс «ТКВ-Прогноз», позволяющий прогнозировать поведение ТКВ в зависимости от различных природных и техногенных воздействий.
- Обоснованы стратегии перевода ТКВ в безопасное состояние.

### **6.1.3 Работы по действующим объектам**

#### ***Подготовка к консервации бассейна Б-25 и пульпохранилищ ПХ-1, ПХ-2 АО «СХК»***

Описание объекта приведено в разделе 5.1.2.

В ходе мероприятия ФЦП ЯРБ проведены проектно-изыскательские работы и комплексное инженерно-радиационное обследование. ТПИИ «ВНИПИЭТ» разработан проект работ по консервации, в соответствии с которым на объекте были созданы дополнитель-

ные барьеры безопасности [2]. В связи с установлением новых факторов, влияющих на обеспечение безопасности, принято решение о приостановке работ по проекту.

Пульпохранилища ПХ-1 и ПХ-2 введены в эксплуатацию в 1960 и 1964 годах в составе основных производств оборонного назначения. Современный объем ЖРО в пульпохранилищах превышает 221 тыс. м<sup>3</sup>.

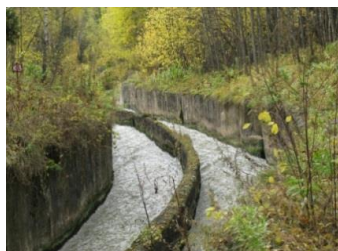
В ходе проведенных в рамках ФЦП ЯРБ было выполнено:

- комплексное инженерно-радиационное обследование пульпохранилищ.
- исследования состава отходов подразделений комбината, сбрасываемых в пульпохранилища.
- НИОКР по оптимизации технологии переработки пульпы, разработке способов дезактивации и растворения отходов, накопленных в ПХ-1.
- проведение планового контроля радиационной обстановки на прилегающей к ПХ-1 и ПХ-2 территории.

В 2011 году работы по подготовке к консервации завершены. Сама консервация пульпохранилищ ПХ-1 и ПХ-2 может быть начата только после создания технологической схемы, исключающей сброс в них жидких РАО. Продолжение работ по консервации пульпохранилищ запланировано на период после 2015 года после реализации проекта по реконструкции РХЗ АО «СХК».

#### ***Реконструкция защитных и гидротехнических сооружений водохранилищ ВХ-1, ВХ-3, ВХ-4 АО «СХК»***

В период 2009–2011 гг. были выполнены подготовительные работы, в том числе проведено комплексное инженерно-радиационное обследование, подготовлен пакет предпроектной и проектной документации. Непосредственно работы по реконструкции выполнялись в период с 2012 по 2015 годы. Поэтапно были выполнены работы по повышению безопасности и надежности радиационно опасных объектов (рисунок 6.8).



Канал СХК  
(после выхода из ВХ-1)



Водохранилище ВХ-1  
вид с дамбы



Выход воды из ВХ-1  
в реку Томь

*Рисунок 6.8 — Защитные и гидротехнические сооружения ВХ-1*

#### ***Разработка технологии обращения с иловыми отложениями бассейна-хранилища ЖРО № 365 и № 366 ФГУП ФЯО «ГХК»***

Бассейны 365 и 366 были введены в эксплуатацию в 1958 г., расположены в прирусловой части долины р. Енисей в 100 м от уреза воды в водоохранной зоне. При проведении первичной регистрации донные отложения бассейнов № 365 и № 366 отнесены к удаляемым РАО, т.к. отходы не соответствуют критериям ПП №1069.

В рамках НИОКР создан экспериментальный стенд по отработке технологии обращения с иловыми отложениями (рисунок 6.9) и проведен комплекс работ по обоснованию безопасности бассейнов на стадиях эксплуатации и вывода из эксплуатации.

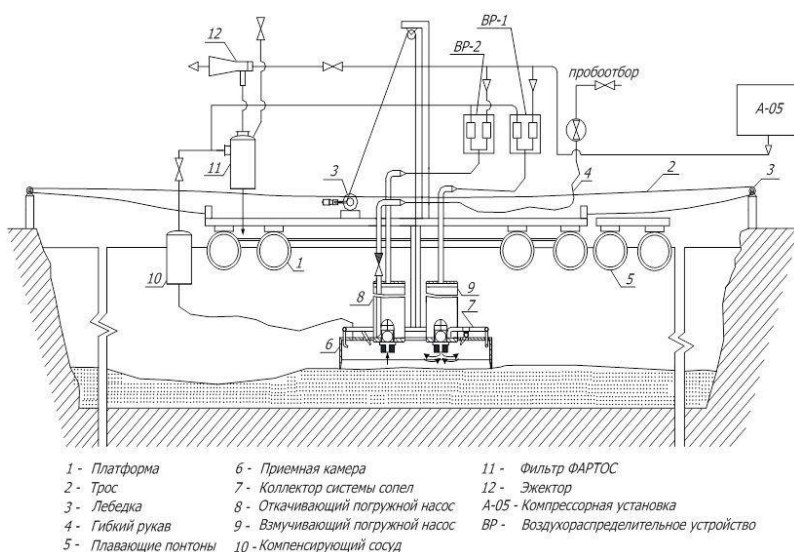


Рисунок 6.9 — Экспериментальный стенд по отработке технологии обращения с иловыми отложениями [6]

Пока рассматривается три варианта обращения с иловыми отложениями после извлечения из бассейнов: омоноличивание в цементный компаунд, отжиг при температуре до  $600^{\circ}\text{C}$  с последующим омоноличиванием в цементный компаунд и передача в бассейн 354а.

Также в ходе проведенных работ в рамках ФЦП ЯРБ установлено, что ограждающие дамбы бассейнов сейсмически устойчивы к землетрясениям мощностью до 9 баллов; подтверждены сохранность защитных барьеров бассейнов за весь период их эксплуатации и высокая степень надёжности гидротехнических сооружений; показана высокая изолирующая надёжность противοфилтрационных экранов дамб и оснований бассейнов на долгосрочный период; разработаны концепция и программа реконструкции бассейнов. Установлено, что при проведении своевременных регламентных наблюдений и принятии мер по устранению дефектов безопасность обеспечена на срок около 50 лет.

Дальнейшие работы будут проводиться в рамках ФЦП ЯРБ-2.

***Реконструкция (укрепление) действующих хвостохранилищ № 2 и 3 для безопасного хранения РАО АО «ЧМЗ», создание системы реабилитации вод верхних горизонтов***

Необходимо было провести укрепление хвостохранилищ № 2 и 3 для защиты окружающей среды от загрязнения и реабилитацию вод верхних горизонтов.

Описание Хвостохранилища №1 приведено в главе 5.3.1. Хвостохранилище № 2 было создано в 1965 году путем отсыпки дамбы. Дамбы отсыпаны из местного грунта суглинка с примесями супесей и песков рудного производства. Высота ограждающей дамбы — до 10 м. Представляет собой наземное сооружение в форме правильного шестигранника площадью 450 000 м<sup>2</sup> со стороной 425 м (рисунок 5.16). С 1966 года используется для размещения ОНРАО в виде пульпы. В хвостохранилище № 2 происходит процесс разделения пульпы на твердую и жидкую фазы, в результате чего радионуклиды, содержащиеся в пульпе, преимущественно переходят в илы, а жидкая фаза (осветленные воды) не является РАО. Донные отложения относятся к отходам очень низкой активности. Основные радионуклиды: U-234, U-235, U-238. В 2014 году объем РАО составил 2,5 млн м<sup>3</sup>, суммарная активность — 3 10<sup>13</sup> Бк.

Хвостохранилище № 3 было создано в 1972 году. Площадь составляет 270 000 м<sup>2</sup>, объем — 1,9 млн м<sup>3</sup>. Отходы, размещенные в хвостохранилище №3 не относятся к РАО по уровню удельной активности.

При проведении мероприятий ФЦП ЯРБ проведены работы по:

- повышению уровня безопасности эксплуатации действующих хвостохранилищ № 2 и 3;
- созданию системы реабилитации вод верхних горизонтов;
- обследованию территории,бору и анализу архивных материалов;
- разработке и согласованию программы работ по созданию системы реабилитации вод верхних горизонтов.

В рамках программы выполнены: земляные работы по отсыпке площадок для устройства скважин, сооружены 4 наблюдательные скважины и дренажный ряд из 9 откачных скважин; устройство щебеночного покрытия инспекционной дороги, подъездных путей и площадок обслуживания откачных и наблюдательных скважин; по прокладке трубопровода.

В результате реализации мероприятий: проведено укрепление действующих Хвостохранилищ № 2 и 3, обеспечивающее их эксплуатацию и размещение 1 млн м<sup>3</sup> РАО и созданию системы реабилитации вод верхних горизонтов обеспечена безопасность для населения и окружающей среды.

#### **6.1.4 Объекты МЯВ**

***Реабилитация объекта «Глобус-1» (Ивановская область)***

В 1971 году методом глубинного сейсмозондирования с целью разведки полезных ископаемых: проведен подземный мирный ядерный взрыв под кодовым названием «Глобус-1» (рисунок 6.10), в результате чего образован объект МЯВ. Вследствие аварийного выброса радионуклидов было загрязнено 15000 м<sup>2</sup> территории. При бурении исследовательских скважин И-1 и И-2 в зону взрыва также имел место вынос радиоактивных веществ, которые были размещены в земляных траншеях (необустроенные приповерхностные хранилища РАО). Посещение территории объекта приводило к необоснованному дополнительному облучению населения. Дополнительные риски были связаны с близостью объекта к р. Шача (бассейн р. Волги), русло которой ежегодно приближалось к хранилищу РАО со скоростью 0,5-3 м/год. В 1977 году была проведена частичная реабилитация. В 1981 году были ликвидированы исследовательские скважины, как впоследствии оказалось — неудачно, что привело к поступлению радиоактивного рассола из зоны взрыва на устья «ликвидированных» скважин и приустьевые площадки. В 2002 году был разработан проект сооружения отводного канала, изоляционно-ликвидационных работ и рекультивации территории. В 2004 году была реализована часть проекта — построен отводной канал.

Цель мероприятия в рамках ФЦП ЯРБ заключалась в: проведение подготовительных работ по реабилитации объекта «Глобус-1», в том числе проведение обследования и анализа состояния объекта и разработка проектной и рабочей документации реабилитации объекта.

В ходе работ специалистами АО «ВНИПИпромтехнологии» были проведены сбор и анализ проектной документации, результатов радиоэкологических наблюдений и данных о состоянии объекта; дополнительные инженерные изыскания для актуализации проекта; гамма-съемка территории объекта и прилегающей территории, радиологическое исследование скважин в зоне взрыва, отбор проб в зоне активного водообмена и приповерхностного могильника; тампонирование двух скважин для ликвидации водопровявлений.



*Рисунок 6.10 — Территория объекта «Глобус-1»*

По результатам анализа обоснован вывод о необходимости проведения запроектированных ранее реабилитационных мероприятий и разработана актуализированная проектная и рабочая документация «Реабилитация объекта «Глобус-1» [7].

В период 2008-2014 гг. силами ЗАО «Русбурмаш» и ФГУП «Радон» с участием АО «ВНИПИпромтехнологии» завершен весь комплекс мер по реабилитации объекта «Глобус-1», включая тампонирование зарядной, «аварийных И-1 и И-2» и 2 контрольно-наблюдательных скважин, извлечение и вывоз РАО в специализированную организацию из приповерхностного хранилища, дезактивация территории [8].

***Проведение технической и радиоэкологической инвентаризации объектов подземных ядерных взрывов в мирных целях***

На время формирования ФЦП ЯРБ большинство объектов МЯВ были «бесхозными»: собственники пунктов размещения РАО (центральных зон ядерных взрывов) отсутствовали, т. к. законодательно никогда не определялись. Ряд объектов МЯВ использовались в технологических процессах разработки недр т.е. располагались на лицензионных участках, однако ни одна из организаций не имела статус «эксплуатирующая организация».

Цель реализации мероприятия заключалась в подготовке, организации, научном и информационном сопровождении проведения первичной регистрации РАО, образовавшихся в результате применения подземных ядерных взрывов в мирных целях (МЯВ), на основе результатов инвентаризации их технического и радиоэкологического состояния. Исполнителем работ являлось АО «ВНИПИпромтехнологии».

В 2013–2014 гг. в соответствии с руководящими документами по первичной регистрации РАО и определению условий их размещения установлено наличие РАО в недрах (центральной зоне ядерного взрыва) и подтверждено актами первичной регистрации и отчетами о проведении взрыва.

Полевое исследование технического и радиоэкологического состояния МЯВ (инструментальная инвентаризация) было выполнено на 29 объектах МЯВ: Глобус-2, Рубин-1, Агат, Глобус-3, Кварц-2, Горизонт-1, Регион-4, Кратон-1, Кимберлит-1, Ангара, Бутан (5 взрывов-объектов), Грифон (2 взрыва-объекта), Тахта-Кугульта, Кама-2, Горизонт-3, Метеорит-2, Кратон-2, Батолит-1, Кварц-4, Регион-1, Регион-2, Горизонт-4, Кратон-4, Кимберлит-4. Получена и проанализирована информация о современном состоянии объектов

МЯВ путем инструментальных измерений радиационных параметров и визуальных наблюдений технических характеристик на объектах, отбора и лабораторного анализа проб объектов окружающей среды.

Инвентаризация других объектов МЯВ (52 взрыва) проводится по архивным документам и открытым литературным источникам (документарная инвентаризация).

Подготовлены технические документы для составления актов первичной регистрации РАО на 81 объекте МЯВ. Составлены акты с характеристиками объектов. Составлены проекты актов первичной регистрации с приложениями.

Сформирована информационная база данных объектов МЯВ на основе исходных данных первичной регистрации.

По результатам инвентаризации технического и радиоэкологического состояния объектов использования ядерных зарядов в мирных целях был определен перечень проблемных вопросов:

- бесхозяйность объектов МЯВ (отсутствие собственников);
- отсутствие на большинстве объектов пользователей недр;
- неопределенность имущественно-хозяйственного комплекса объектов МЯВ;
- несовершенство критериев отнесения РАО к особым РАО (объекты МЯВ, как правило расположены вблизи водоемов, в отдельных случаях на территории заказников и даже формально на землях городских поселений);
- несовершенство административных регламентов регулирующих лицензирование недропользователей (лицензии недропользователям выдаются без указания наличия на лицензируемых территориях объектов МЯВ);
- неудовлетворительное санитарно-экологическое состояние территории и необустроенность приустьевых зон большинства объектов;
- неудовлетворительное техническое состояние скважин (коррозия металла, разрушение цементного камня технологических скважин), что приводит к вертикальной миграции радионуклидов из центральных зон взрывов и др.

Анализ этих вопросов позволил определить дальнейшее направление работы по пунктам размещения ОРАО-МЯВ и комплекс мероприятий, необходимых для долговременного обеспечения радиационной безопасности объектов МЯВ. На основании имеющегося в АО «ВНИПИПромтехнологии» опыта таких работ было рекомендовано следующее:

- определить понятие объекта МЯВ в гражданско-правовом поле. При этом необходимо законодательно определить состав и имущественный комплекс каждого объекта МЯВ;
- определить эксплуатирующую организацию объектов МЯВ как объектов использования атомной энергии и пунктов размещения ОРАО;
- разработать методические указания по определению границ охранных зон на поверхности и в недрах объектов МЯВ, включающие в себя в том числе процедуру категорирования земель участков охранных зон объектов МЯВ;
- внести изменения в критерии отнесения РАО объектов МЯВ к особым РАО и привести их в соответствие с федеральным законодательством, с целью сохранения режима особо охраняемых территории, недопущения ухудшения экологической ситуации водоохраных зон. Предлагается исключить требование нахождения хранилищ ОРАО-МЯВ вне границ особо охраняемых территорий, водоохраных зон, населенных пунктов, если РАО размещены в центральных зонах взрывов в геологических формациях;
- разработать и установить в научно обоснованных границах охранные зоны в недрах (специальные горные отводы) вокруг центральных зон взрывов для обеспечения защиты центральных зон от вмешательства извне и сохранения безопасного режима эксплуатации месторождений;
- с целью информирования лицензиатов о наличии объектов использования атомной энергии в зоне лицензионного участка в недрах, предусмотреть в регламенте целиков в недрах вокруг объектов МЯВ, а также указание специальных условий действия лицен-

зий, связанных с обеспечением радиационной безопасности персонала месторождений, населения, водисточников и добываемой продукции;

- разработать и внедрить систему радиоэкологического и геоэкологического мониторинга объектов МЯВ;
- провести реабилитационные мероприятия на объектах МЯВ, включающие в себя, при необходимости, дезактивацию, уборку и расчистку территорий объектов, ограждение по периметру охранных зон и установку предупреждающих знаков, восстановление запрещающих знаков на устьях технологических скважин. Для обеспечения безопасности необходимо выполнение требований запрета буровых, земляных и строительных работ на территории объектов МЯВ;
- для исключения вертикальной миграции радионуклидов из центральной зоны взрыва по скважинному каналу необходимо разработать и выполнить комплекс изоляционно-ликвидационных работ в скважинах объектов МЯВ с соблюдением требований радиационной безопасности и проведением радиационного контроля.

Наиболее значимыми проблемами объектов МЯВ являются в настоящее время проблемы собственников (их отсутствие) и проблемы недропользования в районах МЯВ с пунктами размещения ОРАО-МЯВ (лицензирование).

Расходы на выполнение НИОКР составили 34 млн руб. из средств федерального бюджета.

В результате реализации мероприятия: подготовлены документы, необходимые для первичной регистрации РАО.

***Рекультивация загрязненных радионуклидами в результате проведения подземных мирных ядерных взрывов территорий Республики Саха (Якутия) — объекты «Кратон-3» и «Кристалл»***

На объектах «Кратон-3» и «Кристалл» был отмечен выход техногенных радионуклидов в окружающую среду. Существовал риск расширения зоны загрязнения.

Объект «Кратон-3» образован 24.08.1978 в целях разведки полезных ископаемых. В результате выброса радионуклидов в окружающую среду сформировался радиоактивный след. После дезактивации площадки в 1981 году был образован приповерхностный могильник около устья скважины. Мощности дозы гамма-излучения превышают фоновые значения в 2-10 раз.

Объект «Кристалл» образован 02.10.1974 года с целью создания плотины хвостохранилища Удачинского горно-обогатительного комбината. Выход части активности был предусмотрен проектом.

В 2001-2002 гг. разработаны проекты реабилитации объектов «Кратон-3» и «Кристалл», которые были реализованы в 2006-2007 годах.

Цель мероприятия: оценка состояния территорий Республики Саха (Якутия), загрязненных в результате проведения подземных ядерных взрывов, и выполнение мероприятий по повышению радиационной безопасности.

Работы по мероприятию выполнялись АО «ВНИПИпромтехнологии».

В 2009 году проводились выборочные обследования отдельных участков объектов «Кратон-3» и «Кристалл». Результаты работ показали, что радиационная безопасность населения, проживающего в районах расположения этих объектов, обеспечена, но для долгосрочного обеспечения безопасности необходимы дополнительные мероприятия.

В 2010 году были проведены мероприятия по повышению устойчивости инженерных барьеров (закрепление насыпных укрытий) расширению системы мониторинга объектов. На объекте «Кратон-3» осуществлена корректировка санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения, дополнительно установлено 11 знаков: выполнена рекультивация 17 тыс. кв. м территории с засевом смеси семян многолетних районированных трав; расширен радиоэкологический мониторинг объекта включением в него контроля берега реки Марха от уровня объекта до устья реки Куччугуй-Тангнах в 12 км ниже по течению, отбор проб объектов окружающей среды и сорбентного материала

ла (цеолита) из траншей фильтрационного экрана. На объекте «Кристалл» выполнена дополнительная рекультивация 6 тыс. кв. м территории с засевом смеси семян многолетних районированных трав; расширен радиоэкологический мониторинг объекта включением в него карьера Удачинского горно-обогатительного комбината с отбором проб объектов окружающей среды.

Выполненные анализы отобранных проб не выявили отклонений от допустимого уровня загрязнений территорий.

Работы выполнены в 2009-2010 гг. с финансированием по направлению «Прочие расходы» в объеме 7,3 млн руб. из средств федерального бюджета.

В результате реализации мероприятия:

Выполнен комплекс работ по обследованию и повышению устойчивости созданных инженерных барьеров безопасности на объектах. Радиационная обстановка на объектах «Кратон-3» и «Кристалл» является безопасной для населения.

## 6.2 Отложенные решения

В ходе первичной регистрации не удалось принять окончательные решения по ряду объектов, и они были отнесены к пунктам долговременного хранения. В принципе, положения части 8 статьи 23 федерального закона [9] прямо допускали такую ситуацию, указывая, что принятие решения об отнесении РАО, находящихся в пункте долговременного хранения радиоактивных отходов, к особым РАО или удаляемым РАО может быть отложено до истечения определенного проектом срока эксплуатации пункта долговременного хранения РАО. Однако количество отложенных решений (по 89 объектам от общего числа 809) предсказуемо оказалось достаточно большим. В первую очередь эта предсказуемость была обусловлена содержанием критериев [10], в которых в отношении давно существовавших объектов устанавливались требования схожие с требованиями к размещению новых.

Во-первых, критериями, наравне с обсужденными количественными радиационными и экономическими параметрами, устанавливались, ограничения на местоположение пункта хранения особых РАО: *«ПХРО и его СЗЗ размещены вне границ населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, прибрежных защитных полос и водоохраных зон водных объектов, других охраняемых и защитных зон, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации»*. Это обстоятельство сделало невозможным принятие обоснованных по радиологическим критериям решений [11] по большому количеству крупных пунктов хранения РАО, среди которых такие крупные объекты, как хвостохранилища ПАО «МСЗ», в которых размещено более 126 тыс. м<sup>3</sup> РАО, содержащих <sup>238</sup>U, <sup>230</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, расположены внутри границ г. Электросталь; пункты хранения Кирово-Чепецкого отделения ФГУП «РосРАО», в которых размещено около 300 тыс. м<sup>3</sup> РАО, расположены в г. Кирово-Чепецк; хвостохранилище АО «ГМЗ» (более 10,6 млн м<sup>3</sup> РАО) расположено на территории особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды, «Хранилище отходов» (бесхозный объект), размещен в Республике Коми, муниципальном образовании городского округа «Ухта», поселке городского типа Водный (объем РАО более 160 тыс. м<sup>3</sup>).

Во-вторых, это критерии по происхождению РАО, которые указывали, что: *«К особым РАО относятся РАО, образовавшиеся в результате выполнения государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа, использования ядерных зарядов в мирных целях или вследствие ядерной и (или) радиационной аварии на объекте использования атомной энергии, ЖРО, размещенные в поверхностных водоемах — хранилищах РАО общим объемом более 25000 куб. м, введенных в эксплуатацию до вступления в силу Федерального закона «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также донные отложения таких водоемов-хранилищ, соответствующие следующим критериям...»*. Напомним, что в самом законе (ст. 26 [9]) используется иная формулировка, которая

вполне позволяла не устанавливать ограничение на происхождение РАО. Более того, содержание части 1 ст. 26 [9] прямо допускает, что кроме РАО оборонного происхождения могут быть и любые иные. Напомним эту формулировку закона: «Обращение с особыми РАО (в том числе с образовавшимися в результате выполнения государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа, использования ядерных зарядов в мирных целях или осуществления иных видов деятельности в области использования атомной энергии) осуществляется с учетом состояния пунктов размещения особых РАО, пунктов консервации особых РАО и потенциальной опасности размещенных в них РАО».

Это неточное соответствие между содержанием закона и утвержденными критериями, обусловленное постоянно присутствующим эффектом установления дополнительных мер предосторожности, также сделало невозможным принятие обоснованных по радиологическим критериям решений [11] по большому количеству пунктов хранения РАО, среди которых такие крупные объекты, как: пункты хранения ФГУП «РАДОН» (более 120 тыс. м<sup>3</sup> РАО), ПХРО АО «Соликамского магниевого завода» (объем более 120 тыс. м<sup>3</sup>).

По ряду объектов специалистами ИБРАЭ РАН, ФБУ «НТЦ ЯРБ» и ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России были выполнены соответствующие оценки критериальных параметров (таблице 6.1), результаты которых однозначно свидетельствуют о радиологической обоснованности захоронения на месте. Дозозатраты и требуемые финансовые расходы на удаление в разы выше, а потенциальные риски на порядок выше.

*Таблица 6.1 — Оценки критериальных параметров для отнесения РАО к особым или удаляемым*

| Организация                             | Объем РАО, млн м <sup>3</sup> | Дозозатраты, чел.-Зв |                      | Затраты, млрд руб. |                      | Риск потенциального облучения, год-1 |                        |
|-----------------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------|
|                                         |                               | удаление РАО         | захоронение на месте | удаление РАО       | захоронение на месте | удаление РАО                         | захоронение на месте   |
| ПАО «МСЗ»*                              | 0,4                           | более 29             | менее 4,5            | более 95           | менее 5,8            | более 2,1·10 <sup>-3</sup>           | ~10 <sup>-6</sup>      |
| Кирово-Чепецкое отделение ФГУП «РосРАО» | 0,3                           | более 15             | менее 1,2            | более 115          | менее 3              | более 0,02                           | менее 10 <sup>-6</sup> |
| Хвостохранилище АО «ГМЗ»                | 10,6                          | более 30             | менее 1,1            | более 300          | менее 0,5            | более 0,3                            | менее 10 <sup>-6</sup> |

*\*Выполнено специалистами ПАО «МСЗ»*

Следует отметить, что по некоторым объектам отнесение к особым не состоялось и по иным процедурным причинам. Среди них нехватка отдельных документов, входивших в состав обосновывающих материалов, в том числе документов по земельным участкам.

В рамках первичной регистрации РАО на основании подготовленных и рассмотренных комиссией обоснований к пункту консервации особых РАО был отнесен объект АО «УЭХК», а к пунктам размещения особых РАО были отнесены три пункта хранения АО «ПО ЭХЗ», а также пункт хранения АО «УЭХК». При формировании перечней первичной регистрации Госкорпорацией «Росатом» было установлено, что объекты АО «УЭХК» и АО «ПО ЭХЗ» размещены на территориях, отнесенных к категории «земли населенных пунктов». По данной причине, они при формировании перечней были отнесены к пунктам долговременного хранения РАО. В случае пересмотра категории земель статус указанных объектов будет изменен на тот, что указан в актах первичной регистрации.

В ряде организаций, первичная регистрация в которых проводилась в 2013 г., также было принято «отложенное решение», что в основном было обусловлено отсутствием разработанных подходов к оценке критериальных показателей, которые были выработаны

только к концу 2013 года. В этих случаях устанавливался срок, до истечения которого решения по отнесению к особым должны быть приняты. Как правило, устанавливалась дата до 2025 года. В отношении РАО, образовавшихся на предприятиях, участвовавших в выполнении государственного оборонного заказа, например, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», в рамках действующий критериев отнесения РАО к особым, к установленным срокам будут разработаны обосновывающие документы, и по результатам их рассмотрения объекты могут быть отнесены к пунктам размещения особых РАО.

Характеризуя ситуацию по пунктам долговременного хранения в целом, отметим две ситуации с принятием решения об отнесении к особым и удаляемым РАО. Первая, - организационная и техническая, характерная для большинства пунктов долговременного хранения. Это ситуация нормального ожидания, когда требуется реальное время для окончательных решений или это ожидание связано с длительной выдержкой. К таким случаям, например, относятся все реакторные блоки утилизированных АПЛ, которые регистрировались по месту нахождения, но которых ожидает вновь построенные хранилища в губе Андреева (Мурманская область) и на мысе Устричный (Приморский край). Вторая ситуация — правовая, характерная для упомянутых в настоящем разделе объектов. Она несколько хуже, потому что связана с принципиальными неопределенностями. Нужно ли начинать заведомо более опасные и более дорогие работы по удалению РАО в условиях дефицита ресурсов? Можно ли начинать работы по повышению безопасности пунктов долговременного хранения и на какой срок ориентироваться? Содержание проектных решений ориентированных на максимально длительный срок надежности и на последующее удаление существенно различается.

### **6.3 Планы работ на 2016-2030 гг.**

В части работ по РАО планы на будущее формировались под влиянием и с учетом деятельности по следующим направлениям:

- реализация практических и аналитических мероприятий ФЦП ЯРБ по ПХРО, включая инвентаризацию ЯРОО и первичную регистрацию РАО;
- формирование ЕГС РАО, включая выработку системы требований, разработку и реализацию технической политики в области обращения с РАО, выразившуюся, в том числе в разработке локальных стратегий обращения с РАО во всех организациях Госкорпорации «Росатом» и формировании рынка услуг в сфере обращения с РАО;
- создание системы ПЗРО;
- создание системы базовых специализированных организаций по обращению с РАО, включая ФГУП «Национальный оператор по обращению с РАО», «ФГУП «РосРАО» и др.;
- выработка общих подходов к определению приоритетов при организации работ по наследию.

Получение данных по всем объектным задачам, их ранжирование и определение потребности в ресурсах, позволило сформировать матрицу взаимосвязанных мероприятий новой программы и соответствующие временные графики. В дальнейшем, по мере определения финансово-экономических и временных параметров новой программы, эта матрица естественным образом трансформировалась. В конечном виде она стала одним из приложений к концепции программы. Напомним, что в соответствии с установленными требованиями в рамках концепции федеральной целевой программы должно быть рассмотрено несколько вариантов реализации программы. В апреле 2015 года концепция федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года» (ФЦП ЯРБ-2) была утверждена, а в ноябре 2015 года Правительством России была утверждена и сама программа. При разработке программы создание системы пунктов захоронения РАО выделялось как ключевая задача, решение которой обеспечивает возможность полноценного функционирования ЕГС РАО в отношении вновь образующихся отходов, удаления накопленных РАО, ведения работ по выводу из эксплуатации и переработке ОЯТ.

Программа предусматривает реализацию укрупненного мероприятия «Создание и развитие объектов инфраструктуры обращения с РАО», в рамках которого предусмотрены работы по созданию пунктов захоронения РАО, комплексов и установок по переработке накопленных РАО.

Мероприятием предусмотрено создание ПЗРО глубинного типа с этапным развитием в алгоритме: проектирование (выполнено в рамках ФЦП ЯРБ), сооружение подземной исследовательской лаборатории, проведение цикла исследований с подтверждением обоснования безопасности захоронения, создание пускового комплекса пункта захоронения глубинного типа мощностью 5,7 тыс. м<sup>3</sup> РАО в год. Подобные темпы работ характерны для мировой практики [12]. В части строительства пунктов захоронения РАО приповерхностного типа работы планируется вести более энергично и финансировать за счет средств специального резервного фонда Госкорпорации «Росатом». В период до 2025 года планируется создать пункты захоронения в трех федеральных округах (Сибирском, Уральском и Южном федеральных округах) вместимостью 150 тыс. м<sup>3</sup> РАО. Комплексы и установки переработки накопленных РАО планируется создавать поэтапно, в основном, по региональному принципу, с учетом объема накопленных в регионе удаляемых РАО и планируемых сроков их извлечения, а также на крупных предприятиях с большими объемами накопленных РАО. Сооружение первых таких комплексов увязано с планами по созданию пунктов захоронения РАО.

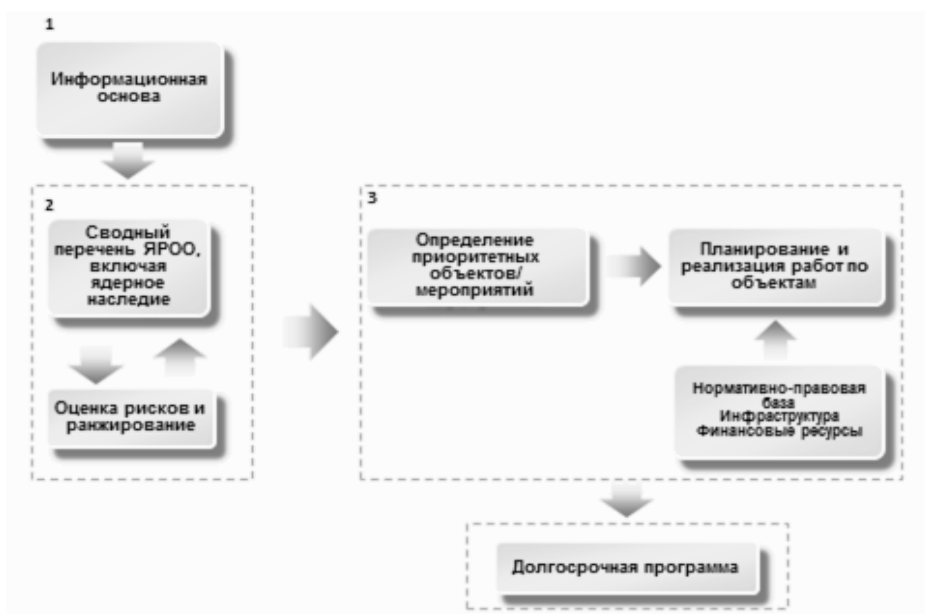


Рисунок 6.11 — Схема принятия решений по формированию предложений для включения в ФЦП ЯРБ-2[13]

Подход к определению приоритетов в организации работ по наследию был общим для всех направлений работ и основывался на ранжировании объектов по потенциальной опасности [13], а также учете иных обстоятельств (рисунок 6.11), в том числе нерадиационных факторов (экономическая целесообразность, готовность нормативно-правовой базы, наличие готовой инфраструктуры и промышленных технологий). Применение такого комплексного подхода позволило сформировать предложения по перечню приоритетных объектов для включения в программу на 2016-2030 годы, в том числе и в отношении накопленных РАО, работы по которым предусмотрены в рамках трех укрупненных мероприятий:

### ***Консервация пунктов размещения накопленных РАО***

В период 2016-2030 гг. основные работы предусмотрены по наиболее опасным объектам — водоемам-хранилищам ЖРО, а также по отдельным пунктам хранения ТРО. Наиболее крупные объекты реализации ФЦП ЯРБ-2: В-17, Б-1, Б-25, пульпохранилища и наземные хранилища ТРО АО «СХК», грунтовые могильники реакторного, радиохимического и химико-металлургического завода ФГУП «ПО «Маяк», хвостохранилища АО «НЗХК». С учетом всех мероприятий к 2030 году планируется консервация свыше 1700 тыс. м<sup>3</sup> РАО.

### ***Безопасное удаление РАО из пунктов хранения, подготовка к захоронению и захоронение***

Работы планируется реализовать в два этапа. На первом этапе предусмотрены подготовительные работы и опытная отработка промышленных технологий извлечения РАО. На втором предусмотрены практические работы по удалению РАО. Работы планируется проводить на объектах ФГУП «РосРАО», ФГУП «ГХК», АО «АЭХК», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», АО «УЭХК», АО «Концерн Росэнергоатом», ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП «Атомфлот», АО «ГНЦ НИИАР», НИЦ «Курчатовский институт», а также в организациях Минпромторга России (АО «ЦС «Звездочка», филиал «СРЗ «Нерпа»).

### ***Обеспечение безопасности отдельных объектов, содержащих РАО, РВ и ЯМ***

В это мероприятие входят работы по поддержанию в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных РАО (бывший водоем В-9 (оз. Карачай), Теченский каскад водоемов на ФГУП «ПО «Маяк»).

Таким образом, можно констатировать значительное изменение стратегии. Если в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ упор был сделан главным образом на снижение рисков от объектов с критическим состоянием обеспечения безопасности, то в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ-2 ориентация на стратегическое планирование существенно более значима, а по многим объектам полностью определено не только конечное состояние, но и дорожная карта его достижения.

Кроме этого следует отметить преемственность в масштабе работ. Если в рамках ФЦП ЯРБ работы велись по повышению безопасности или консервации 39 пунктов размещения особых РАО. По 6 из них работы завершены или реализован этап, после которого необходима длительная выдержка. В рамках ФЦП ЯРБ-2 работы будут вестись по 22 объектам. Причем 6 из них — новые.

## **Заключение к главе 6**

В ходе выполнения ФЦП ЯРБ к 2015 году был реализован крупный объем работ по обращению с РАО, который включал работы по проектированию ПХРО и ПЗРО, их сооружению, консервации пунктов хранения и удалению радиоактивных отходов из мест их размещения. Реализация мероприятий ФЦП ЯРБ происходила в период разработки и установления новых нормативно-правовых основ в сфере обращения с РАО. В подавляющем большинстве случаев эти процессы усиливали друг друга и обеспечивали ускорение преобразований национальной системы обращения с РАО и решение накопленных проблем. Только в нескольких случаях объекты, по которым были реализованы работы по консервации, не были отнесены к особым РАО в силу нормативных ограничений.

Определение на основе принципов радиационной защиты и утверждение представлений о конечном состоянии объекта — это обязательное условие эффективной организации работ по наследию. Для всех пунктов хранения, отнесенных к пунктам размещения особых РАО, это сделано в минимальном объеме в форме формулировки «захоронение на месте». Для наиболее крупного пункта хранения РАО (Теченского каскада водоемов ФГУП «ПО «Маяк») это сделано в максимально возможном объеме — форме стратегического мастер-плана.

Мероприятиями ФЦП ЯРБ было охвачено 105 объектов хранения РАО. По всем объектам реализованы меры по повышению безопасности. Среди наиболее выдающихся результатов закрытие акватории водоема В-9 (оз. Карачай), комплекс мер по стабилизации водного баланса и повышению безопасности Теченского каскада водоемов, консервация бывших бассейнов-хранилищ ЖРО АО «СХК» и ФГУП ФЯО «ГХК» и ряд других.

Наряду с типовыми решениями и мероприятиями по консервации пунктов хранения направленными на реконструкцию и создание физических барьеров безопасности был реализован комплекс с новыми технологиями, такими как обустройство противомиграционных и противодиффузионных завес. Значимые успехи, достигнутые в работах по консервации, не должны вводить в заблуждение относительно сложности и длительного характера как самих работ по консервации, так и последующего мониторинга для определения возможности перевода объектов в статус ПЗРО. Для крупных поверхностных хранилищ и в особенности хранилищ ЖРО может потребоваться длительная выдержка для завершения различного рода усадочных процессов, снижения газовыделения до приемлемого уровня.

Отложенные решения по отнесению РАО к особым в ряде случаев связаны с нормативно-правовыми ограничениями к местоположению ПЗРО и происхождению РАО. С научной и практической точки зрения, эта правовая коллизия не способствует повышению радиационной безопасности при обращении с накопленными РАО. Необходимо разрешение этой проблемы. Его следует осуществлять с учетом как радиационных критериев, так и социальных факторов, в том числе с формированием адекватной общественной позиции.

Программа на период до 2030 года разработана и утверждена в оптимальном для экономики страны варианте. Объемы финансирования работ по наследию в сравнении с периодом 2008-2015 годов несколько снизятся, но по-прежнему останутся на высоком уровне. Это позволяет прогнозировать, что работы по консервации пунктов размещения особых РАО могут быть завершены в период 2045-2050 годов. Работы по удалению накопленных РАО потребуют существенно большего времени и критическим образом зависят от разрешения проблемных ситуаций по отнесению накопленных РАО к особым РАО.

В целом с учетом уже проведенных работ и утвержденных планов на будущее можно прогнозировать полное соблюдение установленных требований по радиационной безопасности населения.

## Список литературы к главе 6

1. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. — Под общей редакцией Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. — 2012 г. — 356 с. — Т.1.
2. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России. — Под общей редакцией Большова Л.А., Лаверова Н.П., Линге И.И. — Москва: 2013. — 392 с. — Т.2.
3. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России. — Под общей редакцией Большова Л.А., Лаверова Н.П., Линге И.И. — Москва: 2015. — Т.3 (в печати).
4. Ликвидация ядерного наследия. — Под общей редакцией Большова Л.А., Лаверова Н.П., Линге И.И. — Москва: 2015 (в печати).
5. Ю.Г. Мокров. Консервация водоема В-9 (Карачай). VIII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2015», Москва. 9-11 ноября 2015.
6. И.Н. Сеелев. Повышение безопасности процессов обращения с РАО на ФГУП «ГХК». VIII Международная выставка и конференция «АтомЭко-2015», Москва. 9-11 ноября 2015.

7. В.В. Касаткин, Е.Н. Камнев, В.И. Клишин, В.А. Ильичев. «Глобус-1»: Радиоактивное загрязнение и проект реабилитации участка. Безопасность окружающей среды, 2009, № 1, 82-86.
8. Касаткин В.В., Касаткин А.В., Ильичев В.А., Седов Н.С., Самородова Т.С. Этапы перевода объекта использования ядерного заряда в мирных целях «Глобус-1» в пункт консервации особых радиоактивных отходов. — Атомная энергия, 2014, т. 116, вып. 3, с. 157-161.
9. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения РАО к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых РАО».
11. Линге И.И., Савкин М.Н., Ведерникова М.В. Обращение с особыми радиоактивными отходами: прогресс практической деятельности и актуальные задачи// Радиационная гигиена, № 4, 2014.
12. Обзор зарубежных практик обращения с ОЯТ и РАО. — Под общей редакцией Линге И.И. и Полякова Ю.Д. — М.: Изд.-во «Комтехпринт», 2015 г., 208 с.
13. Абрамов А.А., Комаров Е.А., Большов Л.А. и др. К вопросу оценки объема ядерного наследия в атомной промышленности и на иных объектах мирного использования атомной энергии в России // Ядерная и радиационная безопасность, №3 (73), 2014, с.1-11.

## Заключение

Начальный этап формирования Единой государственной системы обращения с РАО в основном завершен. Основным результатом начального этапа реализации стратегии обращения с особыми РАО в рамках Единой государственной системы обращения с РАО заключается в создании правового, нормативного и методического обеспечения, создавшего предпосылки для реализации наиболее безопасного, технически осуществимого и экономически эффективного варианта захоронения образующихся и накопленных отходов.

Для вновь образующихся удаляемых РАО установлены сроки промежуточного хранения РАО в организациях, в течение которых они должны быть подготовлены к захоронению (приведены в соответствие критериям приемлемости) и переданы Национальному оператору (ФГУП «НО РАО»).

Ведутся работы по решению вопросов размещения и сооружения централизованных пунктов захоронения удаляемых РАО, которых будет немного (см. раздел 2.5.1). Подобная практика обращения с образующимися РАО соответствует принятой в мире, а также отвечает рекомендациям МАГАТЭ.

Организации, в результате деятельности которых образуются РАО, в особенности, включенные в перечень организаций эксплуатирующих особо ядерно и радиационно опасные объекты, начали осуществлять отчисления на захоронение вновь образующихся РАО в специальный резервный фонд Госкорпорации «Росатом», в соответствии с утвержденными тарифами на захоронение удаляемых РАО.

Ситуация с захоронением накопленных РАО намного сложнее. Один из основных принципов радиационной защиты говорит, что *«любое решение, изменяющее ситуацию облучения, должно приносить больше пользы, чем вреда»* (Публикация 103 МКРЗ). Развернутые требования обоснования безопасности при захоронении РАО, в том числе на этапах размещения, сооружения, эксплуатации и закрытия пунктов захоронения содержатся в большом количестве документов, в том числе в Специальных требованиях безопасности МАГАТЭ SSR-5 «Захоронение радиоактивных отходов». Однако этим же документом предусматривается, что *«на некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, требования, установленные в нормах МАГАТЭ по безопасности, в полном объеме соблюдаться не могут. Вопрос о том, как нормы МАГАТЭ по безопасности должны применяться на таких установках, решают сами государства»*. Таким образом, вопрос выбора способа обращения с ранее накопленными РАО является прерогативой национальных органов регулирования безопасности.

При выборе и обосновании стратегии обращения с РАО потребовалось проведение оценок дозовых нагрузок, рисков, финансовых затрат и иных издержек, связанных с удалением РАО или их захоронением на месте, принимая во внимание объем и характеристики накопленных РАО; условия их размещения; состояние барьеров безопасности мест размещения РАО.

Федеральным законом №190-ФЗ предусмотрены необходимые понятия (ст. 3, ст. 4 №190-ФЗ) и процедуры (глава 4 №190-ФЗ), а также распределение полномочий и обязанностей между Правительством России, федеральными органами исполнительной власти и органами государственной власти субъектов России. Соответствующие решения были приняты в период 2012-2015 годов. Ключевые из них — по процессам проведения первичной регистрации накопленных РАО и критериям отнесения РАО к особым:

- Постановление Правительства России от 19.10.2012 №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к РАО, критериях отнесения РАО к особым РАО и к удаляемым РАО...»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 25.07.2012 №767 «О проведении первичной регистрации радиоактивных отходов»;

- Приказ Госкорпорации «Росатом» от 24.01.2013 №1/41-П «Об утверждении Порядка проведения первичной регистрации РАО...» и др.

За сравнительно небольшой период времени, отведенный на первичную регистрацию (с 15 января 2013 г. по 31 декабря 2014 г.), организации должны были собрать пакет документов, в соответствии с утвержденным Порядком, а также, в случае отнесения РАО к особым, разработать обоснования.

В этой связи Госкорпорацией «Росатом» были инициированы работы по разработке методологии проведения оценок критериальных показателей, утвержденных ПП № 1069, а именно коллективных эффективных доз облучения за весь период потенциальной опасности РАО, который может исчисляться сотнями-тысячами лет, рисков потенциального облучения, затрат для двух вариантов обращения с РАО, совокупного размера возможного вреда окружающей среде в случае захоронения РАО в месте их нахождения.

К данной работе Проектным офисом Госкорпорации «Росатом» был привлечен ИБРАЭ РАН совместно с ФБУ «НТЦ ЯРБ», ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, а также отдельные специалисты иных организаций (ФГБУ «НПО Тайфун», Минприроды России, ФБУН научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева, ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП ФЯО «ГХК», АО «ТВЭЛ», АО «УЭХК», АО «АЭХК», ПАО «НЗХК», ПАО «МСЗ», АО «СХК», АО «ЧМЗ», АО «ПО ЭХЗ», ФГУП «РосРАО», ФГУП «РАДОН», АО «АТОМРЕДМЕТЗОЛОТО», ПАО «ППГХО», ФГУП «НО РАО», Минобороны России).

Уже в начале 2014 г. состоялось обсуждение замечаний и предложений к первой версии пособия на совещании, организованном Госкорпорацией «Росатом» в ИБРАЭ РАН, с участием специалистов организаций отрасли, по результатам которого было подготовлено «Научно-техническое пособие ...». Значительные неопределенности долгосрочной эволюции пунктов хранения отходов, не удовлетворяющих критериям приемлемости и потенциально опасных аварийных ситуаций, потребовали принятия консервативного подхода при оценке критериальных показателей для особых РАО. «Презумпция вины» особых РАО по сравнению с удаляемыми РАО не вполне согласуется с международными требованиями, но является социально приемлемым подходом в современных условиях в Российской Федерации.

Первичная регистрация РАО показала, что на данный момент к пунктам размещения/консервации особых РАО могут быть отнесены объекты семи организаций. Необходимо отметить, что пункты размещения/консервации особых РАО размещены на территории только нескольких организаций, в основном на территориях ЗАТО.

К особым РАО было отнесено более 99,9% всех накопленных жидких РАО и более 82% по объему накопленных ТРО без учета захороненных в пунктах глубинного захоронения РАО и РАО в центральных зонах мирных ядерных взрывов. Особые РАО размещены в 67 пунктах хранения РАО на территориях семи организаций. Еще для 11,9 млн м<sup>3</sup> ТРО и 104 тыс. м<sup>3</sup> ЖРО приняты отложенные решения (89 пунктов долговременного хранения РАО).

Для ряда объектов уже проведены или проводятся в рамках завершающейся в 2015 г. ФЦП ЯРБ работы по их консервации, что позволит перевести объекты в безопасное состояние. Решения по отнесению РАО к особым позволили включить работы по консервации пунктов их хранения в ФЦП ЯРБ на период 2016-2030 гг.

В рамках второго и третьего этапов создания ЕГС РАО до 1 января 2021 года необходимо сформировать план и установить сроки проведения мероприятий по выводу из эксплуатации пунктов долговременного хранения РАО, а также мероприятий по переводу пунктов размещения особых РАО в пункты консервации и/или пункты захоронения РАО. Также должны быть решены вопросы отнесения РАО к особым или удаляемым, для которых в рамках первичной регистрации РАО решение было отложено. Уже очевидно, что критерии отнесения РАО к особым и удаляемым, утвержденные ПП №1069, требуется пересмотреть для проведения более безопасных, менее дозозатрат-

ных и финансово-затратных работ по захоронению накопленных РАО в месте их нахождения.

Конечным состоянием решения вопросов накопленных РАО в долгосрочном плане является перевод пунктов размещения особых РАО в пункты консервации особых РАО и/или захоронения РАО, а также извлечение удаляемых РАО из пунктов их хранения, их переработка и захоронение в централизованных пунктах.

## Список используемых сокращений

- АО — Акционерное общество
- АО «10 СРЗ» — Акционерное общество «10 ордена Трудового Красного Знамени судоремонтный завод»
- АО «Атомэнергопром» — Акционерное общество «Атомэнергопром»
- АО «АЭХК» — Акционерное общество «Ангарский электролизный химический комбинат»
- АО «ВНИИХТ» — Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии»
- АО «ВНИПИпромтехнологии» — Акционерное общество «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии»
- АО «ГНЦ НИИАР» — Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Научно-исследовательский институт атомных реакторов»
- АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» — Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации — Физико-энергетический институт имени А. И. Лейпунского»
- АО «ДВЗ «Звезда» — Акционерное общество «Дальневосточный завод «Звезда»
- АО «ЕВРАЗ ЗСМК» — Акционерное общество «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»
- АО «НЕОЛАНТ» — Акционерное общество «НЕОЛАНТ»
- АО «ОДЦ УГР» — Акционерное общество «Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых реакторов»
- АО «ПО «Севмаш» — Акционерное общество «Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие»
- АО «ПО ЭХЗ» — Акционерное общество «Производственное объединение «Электрохимический завод»
- АО «СВРЦ» — Акционерное общество «Северо-Восточный ремонтный Центр»
- АО «СХК» — Акционерное общество «Сибирский химический комбинат»
- АО «УЭХК» — Акционерное общество «Уральский электрохимический комбинат»
- АО «ЦС «Звездочка» — Акционерное общество «Центр судоремонта «Звездочка»
- АО «ЧМЗ» — Акционерное общество «Чепецкий механический завод»
- АЭС — атомная электростанция
- ББ — барьеры безопасности
- БД — база данных

|                                           |                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| БОУ                                       | — высокообогащенный уран                                                                                                            |
| ВУРС                                      | — Восточно-уральский радиоактивный след                                                                                             |
| ВЭ                                        | — вывод из эксплуатации                                                                                                             |
| ГКУ Свердловской области<br>«УралМонацит» | — государственное казенное учреждение Свердловской области «УралМонацит»                                                            |
| ГМЗ                                       | — гидрометаллургический завод                                                                                                       |
| Госкорпорация «Росатом»                   | — Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»                                                                           |
| ДЖН                                       | — долгоживущие радионуклиды                                                                                                         |
| ЕГС РАО                                   | — Единая государственная система обращения с радиоактивными отходами                                                                |
| ЖРО                                       | — жидкие РАО                                                                                                                        |
| ЗН                                        | — Зона наблюдения                                                                                                                   |
| ЗРНИ                                      | — закрытый радионуклидный источник                                                                                                  |
| ЗСЖЦ                                      | — заключительная стадия жизненного цикла                                                                                            |
| ИБРАЭ РАН                                 | — Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук                                                 |
| ИС                                        | — информационная система                                                                                                            |
| ИЯУ                                       | — исследовательская ядерная установка                                                                                               |
| КИРО                                      | — комплексное инженерное и радиационное обследование                                                                                |
| КЖН                                       | — короткоживущие радионуклиды                                                                                                       |
| КП                                        | — комплексный показатель опасности объекта ядерно и радиационно опасного объекта                                                    |
| МАГАТЭ                                    | — Международное агентство по атомной энергии                                                                                        |
| МАЭД                                      | — мощность амбиентного эквивалента дозы                                                                                             |
| Минприроды России                         | — Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации                                                                   |
| МКРЗ                                      | — Международная комиссия по радиологической защите                                                                                  |
| МСФО                                      | — международные стандарты финансовой отчетности                                                                                     |
| МЧС России                                | — Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий |
| МЯВ                                       | — мирные ядерные взрывы                                                                                                             |
| НИОКР                                     | — научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа                                                                          |
| НИР                                       | — научно-исследовательская работа                                                                                                   |
| НИЦ «Курчатовский институт»               | — Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»                                                                      |

|                           |                                                                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| НКДАР ООН                 | — Научный комитет по действию атомной радиации ООН                                                                    |
| НПО «Тайфун» Росгидромета | — Научно-производственное объединение «Тайфун» Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды |
| НРБ                       | — Нормы радиационной безопасности                                                                                     |
| НТС                       | — Научно-технический совет Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»                                    |
| ОВОС                      | — оценка воздействия на окружающую среду                                                                              |
| ОЗРИ                      | — отработавшие закрытые радионуклидные источники излучения                                                            |
| ОИАЭ                      | — объект использования атомной энергии                                                                                |
| ОНРАО                     | — очень низкоактивные радиоактивные отходы                                                                            |
| ООН                       | — Организация Объединенных Наций                                                                                      |
| ОСПОРБ                    | — основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности                                                   |
| ОЯТ                       | — отработавшее ядерное топливо                                                                                        |
| ПАО «МСЗ»                 | — Публичное акционерное общество «Машиностроительный завод»                                                           |
| ПАО «НЗХК»                | — Публичное акционерное общество «Новосибирский завод химконцентратов»                                                |
| ПАО «ППГХО»               | — Публичное акционерное общество «Приаргунское производственное горно-химическое объединение»                         |
| ПВХ                       | — пункт временного хранения                                                                                           |
| ПДХ                       | — пункт долговременного хранения                                                                                      |
| ПЗРО                      | — пункт захоронения РАО                                                                                               |
| ПЗУА                      | — предельные значения удельной активности                                                                             |
| ПК                        | — пункт консервации                                                                                                   |
| ПП                        | — постановление Правительства Российской Федерации                                                                    |
| ППБЧ                      | — плотность потока бета-частиц                                                                                        |
| ПХРО                      | — пункт хранения                                                                                                      |
| ПЯВ                       | — подземные ядерные взрывы                                                                                            |
| РАО                       | — радиоактивные отходы                                                                                                |
| РБ                        | — руководство по безопасности                                                                                         |
| РВ                        | — радиоактивные вещества                                                                                              |
| РИ                        | — радиационный источник                                                                                               |
| Росимущество              | — Федеральное агентство по управлению государственным имуществом                                                      |
| Роспотребнадзор           | — Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека                              |

- Ростехнадзор — Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
- РСФСР — Российская Советская Федеративная Социалистическая Республика
- РФ — Российская Федерация
- СанПиН — санитарные нормы и правила
- СГУК РВ и РАО — система государственного учета и контроля радиоактивных веществ и РАО
- СЗЗ — санитарно-защитная зона
- СППО — сводный показатель потенциальной опасности
- СРЗ «Нерпа» — Судоремонтный завод «Нерпа» филиал акционерного общества «Центр судоремонта «Звёздочка»
- США — Соединенные Штаты Америки
- ТРО — твердые РАО
- ФБУ «НТЦ ЯРБ» — Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»
- ФБУН — Федеральное бюджетное учреждение науки
- ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России — Федеральное государственное бюджетное учреждение. Государственный научный центр Российской Федерации. Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна.
- ФГУП — Федеральное государственное унитарное предприятие
- ФГУП «НО РАО» — Федеральное государственное унитарное предприятие «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами»
- ФГУП «ПО «Маяк» — Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк»
- ФГУП «РНЦ «Прикладная химия» — Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский научный центр «Прикладная химия»
- ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина» — Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина»
- ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» — Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

- ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт»  
имени М.В.Проценко» — Федеральное государственное унитарное предприятие  
федеральный научно-производственный центр «Производственное объединение «Старт» имени  
М. В. Проценко»
- ФГУП ФЯО «ГХК» — Федеральное государственное унитарное предприятие  
Федеральная ядерная организация «Горно-химический комбинат»
- ФЗ — Федеральный закон
- Филиал НИФХИ  
им. Л.Я. Карпова — Филиал Государственного научного центра Российской Федерации — Научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова
- ФМБА России — Федеральное медико-биологическое агентство
- ФНП — федеральные нормы и правила
- ФОИВ — федеральный орган исполнительной власти
- ФЗП — Федеральная целевая программа
- ЦАИ ИЯУ — Центр сбора и анализа информации по безопасности  
исследовательских ядерных установок России
- ЦИАЦ — Центральный информационно-аналитический центр  
государственного учета и контроля радиоактивных веществ и РАО
- ЯБП — ядерный боеприпас
- ЯВУ — ядерное взрывное устройство
- ЯМ — ядерные материалы
- ЯО — ядерное оружие
- ОК — оборонный комплекс
- ЯРБ — ядерная и радиационная безопасность
- ЯРОО — ядерно и радиационно опасный объект
- ЯТЦ — ядерный топливный цикл
- ЯУ — ядерная установка
- DOE — U.S. Department of Energy — Министерство энергетики США
- EPA — U.S. Environmental Protection Agency -
- IAEA — International Atomic Energy Agency
- ICRP — International Commission on Radiological Protection
- INES — International Nuclear Events Scale — Международная шкала ядерных событий
- NDA — Nuclear Decommissioning Authority — Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов
- NRC — U.S. Nuclear Regulatory Commission — Комиссия по ядерному регулированию

Для заметок

Подписано в печать 24.11.2015 г.  
Формат 60х90/8. Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Тираж 100 экз.  
Заказ № 57265.

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»  
ООО «Сам Полиграфист».  
129090, г. Москва, Протопоповский пер., дом 6.  
[www.onebook.ru](http://www.onebook.ru)