

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

На правах рукописи

Иванов Артем Юрьевич

**Формирование экономического механизма
обеспечения экологически безопасного
вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия**

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(9. Экономика природопользования и землеустройства)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель –
доктор экономических наук, профессор
Тихомиров Николай Петрович

Москва – 2024

Оглавление

Введение	4
Глава 1 Теоретико-методические проблемы управления безопасностью объектов ядерного наследия на заключительной стадии их жизненного цикла	16
1.1 Вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия как один из инструментов достижения целей устойчивого развития	16
1.2 Концепции вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия	35
1.3 Механизмы управления и финансирования вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия	44
Глава 2 Методологические подходы к обоснованию эффективных инструментов вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия	74
2.1 Критерии и ограничения ранжирования объектов ядерного наследия по приоритетам срока приведения в конечное состояние	74
2.2 Структура издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия	84
2.3 Методологические подходы к оценке составляющих издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия	103
Глава 3 Инструменты экономического обоснования и обеспечения деятельности по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия	136
3.1 Организационные инструменты повышения эффективности заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия	136
3.2 Модель оценки издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия	153
3.3 Методы оценки результативности и эффективности деятельности по приведению ядерного наследия в экологически безопасное состояние	171
Заключение	195
Список сокращений и условных обозначений	205
Список литературы	207

Приложение А (обязательное) Нормативы удельных годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов ядерного наследия (в ценах на конец 2023 года)	232
Приложение Б (обязательное) Нормативы удельных годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов (в ценах на конец 2023 года)	233
Приложение В (обязательное) Издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия при базовом сценарии	234
Приложение Г (обязательное) Издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия при консервативном сценарии	236
Приложение Д (обязательное) Издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия при сбалансированном сценарии	238
Приложение Е (справочное) Динамика достижения значений индикатора приведения ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние в разрезе направлений работ для рассматриваемых сценариев	240

Введение

Актуальность темы исследования. В последние десятилетия практически все страны с развитой атомной промышленностью, включая Россию, стоят перед необходимостью комплексного решения экологических и финансовых проблем на заключительной стадии жизненного цикла (ЗСЖЦ) отслуживших свой срок ядерных объектов, созданных в период гонки вооружений, становления и развития атомных энергетических технологий до принятия современного законодательства в области ядерной и радиационной безопасности. Такие объекты принято обобщенно называть объектами ядерного наследия (ОЯН). Весь период их заключительной стадии жизненного цикла можно разделить на 2 основные составляющие: поддержание в безопасном состоянии (ПБС) после прекращения эксплуатации и реализация процесса достижения конечного состояния объектов (КС). В специальной литературе эти стадии обозначают терминами «эксплуатация в режиме окончательного останова» и «вывод из эксплуатации» (ВЭ) соответственно. В научной литературе эти составляющие в совокупности обычно обозначают обобщенным термином «вывод из эксплуатации», который используется в данной работе.

К настоящему времени ряд зарубежных стран с развитой атомной энергетикой существенно продвинулись в решении проблем ядерного наследия за счет разработки специальных механизмов планирования и обеспечения комплексных программ вывода из эксплуатации, базирующихся на современном законодательстве в области ядерной и радиационной безопасности. Эти программы рассчитаны на многие десятилетия с годовым объемом финансирования несколько миллиардов долларов США. Государство как заказчик атомных проектов и гарант безопасности принимает основополагающее участие в этой деятельности.

В России деятельность по выводу из эксплуатации таких объектов только начинает набирать обороты, в том числе в части формирования организационно-

управленческих и финансово-экономических инструментов, обеспечивающих ее эффективную реализацию. В настоящее время в организациях Госкорпорации «Росатом», консолидирующих более 90 % всех ядерно- и радиационно- опасных объектов страны, в режиме останова находится порядка 400 объектов, а к 2030 году планируется, что таких объектов будет уже не менее 1000 [1]. Деятельность по эффективному выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия и возврату их территорий в хозяйственный оборот соответствует задачам рационального природопользования, целям устойчивого развития и определена в качестве одной из целей государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Эта деятельность финансируется преимущественно государством. При этом сложившаяся практика формирования и исполнения федерального бюджета диктует необходимость обеспечения влияния результатов вывода из эксплуатации рассматриваемых объектов на достижение национальных целей развития страны, определенных Указами Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204, от 21.07.2020 № 474 и от 07.05.2024 № 309. В этой связи одним из важнейших аспектов решения проблем ядерного наследия является повышение эффективности этой деятельности, включая использование природных ресурсов, за счет возврата территорий объектов в народное хозяйство региона с учетом их социальной востребованности и экономического потенциала для создания комфортной и безопасной среды для жизни.

Основными проблемами организации эффективного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в России, на наш взгляд, в настоящее время являются:

- недостаточная проработанность критериев эффективности этого процесса;
- отсутствие комплексных взаимосвязанных оценок составляющих этих критериев, включая финансовые затраты и риски, связанные со всеми этапами вывода из эксплуатации, по всей совокупности объектов;
- неучет выгод (социально-экономического потенциала) от возможного последующего использования площадки или объекта;
- ограниченность финансовых ресурсов государства и организаций;

- неполнота нормативной базы в этой сфере;
- ряд других ограничений технологического, инфраструктурного и информационного характера.

Разнообразие вариантов и стратегий достижения конечного состояния объектов (ликвидация с немедленным или отложенным демонтажем и консервация с последующим захоронением на месте), а также значительная временная продолжительность таких проектов и невозможность одновременного вывода из эксплуатации всех объектов определяют необходимость рационализации этой деятельности с учетом ресурсных ограничений и нормативных требований на основе разработки комплексного экономического механизма, обеспечивающего рациональное и оптимальное использование ресурсов и применяющего корректные инструменты оценки эффективности и результативности выполняемых и планируемых работ в этой области.

Степень разработанности темы исследования. Разработка этих документов базировалась на результатах работ таких зарубежных специалистов, как Robert Alvarez, Craig H Benson, Andrew Blowers, Roy E. Gephart's, Michael I. Ojovan, Rehab O. Abdel Rahman, William E. Lee и других ученых, описывающих историю возникновения ядерного наследия, характеристики отдельных объектов, современные технологии, инструменты и накопленный опыт в области ликвидации накопленного экологического вреда.

В России особенности вывода из эксплуатации конкретных объектов рассмотрены в работах специалистов Госкорпорации «Росатом», НИЦ «Курчатовский институт», ИБРАЭ РАН, ФГУП «ПО «МАЯК», ФГУП «ГХК», ФГУП «РАДОН». Радиационно-гигиенические аспекты и регламенты детально проанализированы в материалах специалистов ФБУН НИИРГ им. П. В. Рамзаева, ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, ВНИИРАЭ, НПО «Тайфун»; отдельные проблемы нормативного регулирования и обоснования безопасности описаны в работах специалистов ФБУ «НТЦ ЯРБ», ИБРАЭ РАН и Ростехнадзора.

В работах российских ученых – Л. А. Ильина, Л. А. Большова, Р. В. Арутюняна, И. И. Линге, А. А. Саркисова, О. В. Крюкова, А. А. Абрамова,

И. Л. Абалкиной, С. С. Уткина, А. А. Самойлова, И. И. Крышева, Р. Б. Шарафутдинова, А. В. Понизова и других – рассматриваются концептуальные вопросы комплексной оценки масштабов ядерного наследия в России и подходы к решению ряда прикладных задач, таких как методы ранжирования объектов, обоснование, планирование и достижение их конечного состояния. Вопросы, связанные с накопленным экологическим вредом во взаимосвязи с принципами устойчивого развития, рассмотрены учеными в сфере экономики природопользования – К. В. Папеновым, С. Н. Бобылевым, О. В. Кудрявцевой, А. С. Тулуповым, Т. О. Тагаевой, Е. В. Зандер, А. И. Пыжевым и другими. В то же время экономические аспекты деятельности вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, включая ее эколого-экономическое обоснование, исследованы недостаточно. В частности, не получили рассмотрения вопросы системного планирования решения всех накопленных проблем ядерного наследия России в увязке с данными о совокупных издержках, потенциальной опасности объектов, и выгодах от их перепрофилирования. В этой связи отметим, что в работах И. М. Потравного, А. Л. Новоселова, Н. П. Тихомирова и некоторых других специалистов решение вопросов по обеспечению безопасности экологически значимых объектов связывается с минимизацией издержек этого процесса. Однако реализация этого предложения для объектов ядерного наследия на практике затрудняется отсутствием полноценной информации о размере соответствующих издержек и слабо изученных взаимосвязей между их элементами. Нуждаются в дополнительной методологической разработке вопросы структурирования и оценки составляющих издержек заключительной стадии жизненного цикла рассматриваемых объектов при планировании их вывода из эксплуатации.

Решение рассматриваемой проблемы охватывает сотни объектов, работы по каждому из которых делятся продолжительное время – от нескольких лет до десятков лет, а общая продолжительность подобных программ в зарубежных странах достигает ста и более лет. В этой связи в условиях имеющихся в России ресурсных и инфраструктурных ограничений актуальной является постановка

задачи о рациональной приоритизации объектов по срокам достижения конечного состояния.

Необходимость комплексного рассмотрения проблематики экономического механизма и инструментов приведения таких объектов в экологически безопасное конечное состояние предопределили выбор объекта, предмета, цели и задач диссертационного исследования.

Цель исследования заключается в обосновании и разработке подходов и методов формирования эффективного экономического механизма и организационно-финансовых инструментов, обеспечивающих экологически безопасный вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия и минимизацию издержек этого процесса, сформированных на основе совокупности составляющих их затрат, рисков и потерь с учетом формирования рациональной очередности приведения объектов в обоснованное конечное состояние.

В соответствии с поставленной целью в диссертационном исследовании сформулированы и решены следующие **научно-практические задачи**:

- выявление особенностей действующей системы, направленной на решение проблем ядерного наследия в России в сопоставлении с зарубежными подходами и практиками;

- разработка предложений по организационно-экономическим инструментам планирования и обеспечения экологически безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, способствующим повышению эффективности этой деятельности на основе снижения ее издержек, и гарантирующим планомерную ликвидацию ядерного наследия в России;

- формирование структуры издержек деятельности по поддержанию в безопасном состоянии и достижению конечного состояния остановленных объектов ядерного наследия, определение и разработка необходимых методов оценки составляющих данных издержек, разработка классификации объектов по характеристикам, влияющим на размер издержек;

– формирование состава и систематизация исходной информации об объектах ядерного наследия в Российской Федерации, необходимой для оценки издержек, в рамках единой базы данных;

– разработка комплексной финансово-экономической модели заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия, формирование долгосрочных сценариев вывода из эксплуатации всей совокупности объектов с использованием разработанных организационно-экономических инструментов, проведение сценарных расчетов совокупных издержек на основе модели.

Объектом исследования является совокупность объектов ядерного наследия России на завершающей стадии жизненного цикла в условиях необходимости обеспечения безопасности населения, персонала и окружающей среды, а также восстановления природно-ресурсного потенциала.

Предметом исследования являются экономические инструменты рационального обеспечения радиационной и экологической безопасности при выводе из эксплуатации объектов ядерного наследия и рекультивации нарушенных земель и территорий.

Гипотеза исследования заключается в предположении, что в современных условиях ограниченности ресурсов и требований обеспечения безопасности деятельность по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия должна базироваться на принципах эколого-экономического обоснования и минимизации соответствующих издержек на основе формирования рациональной очередности приведения объектов в конечное состояние.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили монографии, статьи и рекомендации отечественных и зарубежных ученых, специалистов-практиков в области экономики завершающих стадий жизненного цикла объектов использования атомной энергии.

Логика исследования построена на основе методического подхода, раскрывающего исходный понятийный аппарат от абстрактного к конкретному, от теоретических построений и анализа к конкретным практическим решениям и

предложениям в области организации деятельности по эффективному выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия.

Для достижения цели исследования применялись общенаучные и специальные методы, включая логический и математический анализ, экспертные оценки, группировку и обобщение, сравнительный анализ, эконометрическое моделирование. Обработка данных и выполнение оценок осуществлялось с помощью прикладных программ Microsoft Excel и базы данных Oracle.

Нормативную и правовую базу исследования составили российские законодательные и нормативные акты, регулирующие обеспечение безопасности объектов использования атомной энергии при их выводе из эксплуатации, включая экономические оценки затрат, рисков и потерь, связанных с этой деятельностью, а также документы МАГАТЭ и АЯЭ ОСЭР в этой области.

Информационная база исследования сформирована на основе данных организаций, эксплуатирующих объекты использования атомной энергии, в части оценок финансовых обязательств по выводу из эксплуатации и обращению с радиоактивными отходами, отчетной статистической, технической и финансовой информации о выполнении работ по ликвидации объектов, данных Росстата об основных социально-экономических показателях регионов России, данных Минэкономразвития России о реализации федеральных целевых программ.

Область исследования соответствует паспорту специальностей Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (9. Экономика природопользования и землеустройства), по пунктам: 9.1. Теоретические и методологические основы экономики природопользования, землеустройства и охраны окружающей среды; 9.10. Стратегии повышения эффективности использования природных ресурсов в народном хозяйстве. Ресурсо- и энергосбережение; 9.18. Методология и эколого-экономическое обоснование разработки систем мероприятий по сохранению и улучшению природных ландшафтов, восстановлению и повышению плодородия почв, рекультивации нарушенных земель, защите почв от эрозии.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в разработке комплексного экономического механизма, обеспечивающего экологически безопасный и эффективный вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия на основе оптимизации состава, сроков начала и продолжительности стадий вывода из эксплуатации объектов по критерию минимума совокупных издержек, включающих затраты на содержание и достижение конечного состояния остановленных объектов, управление рисками и упущенную выгоду от альтернативных вариантов использования территорий, а также методологии финансового обеспечения этого механизма в соответствии с предложенным правилом разделения обязательств государства и эксплуатирующих организаций.

Основные результаты диссертационного исследования, полученные лично автором, представляющие научную новизну и выносимые на защиту:

1. Выявлены экономические, организационные и нормативные особенности и отличия деятельности по приведению объектов ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние в России и зарубежных странах. Сформулировано ключевое требование к обеспечению эффективного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, которое заключается в развитии специального экологического законодательства, определяющего финансовую и операционную ответственность всех вовлеченных в эту деятельность хозяйствующих субъектов.

2. Разработаны экономические инструменты эффективного и безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, позволяющие разграничить финансовую ответственность между государством и эксплуатирующими организациями, и обеспечивающие формирование, финансирование и реализацию долгосрочных экологических программ в условиях централизации управления.

3. Предложен показатель совокупных издержек вывода из эксплуатации в качестве критерия определения очередности приведения объектов в конечное состояние. Обоснована структура издержек на поддержание в безопасном остановленном состоянии и приведение объектов в конечное состояние,

предложены и разработаны методы их оценки на основе нормативов, определенных для объектов разных типов, с учетом их текущего и конечного состояния, зависимостей между уровнями затрат и рисков, доходов от использования рекультивированной площадки и продолжительностью стадий вывода из эксплуатации.

4. Разработаны сценарные модели оценки издержек вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия с учетом их приоритизации, выявлен существенный потенциал по снижению совокупных издержек, показана недостаточность сформированных финансовых резервов для обеспечения вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия в России. Предложена система построения информационной базы для централизованного управления программами по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия.

5. Разработана методика комплексной оценки и прогнозирования результативности деятельности по приведению в экологически безопасное конечное состояние объектов ядерного наследия на основе обобщенного индикатора, учитывающего показатели опасности всех объектов, сложность и стоимость необходимых работ.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в добавленных теоретических знаниях в экономику природопользования, состоящих в выявлении новых видов издержек, связанных с воздействием проектов вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия на окружающую среду и разработке методов их оценки, совершенствовании методологических инструментов формирования экономического механизма обеспечения экологически безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, оценок соответствующих издержек, и их составляющих с учетом рисков и упущенных выгод в условиях неопределенности исходных данных, а также в разработке моделей и инструментов управления, направленных на снижение издержек.

Практическая ценность результатов исследования заключается в возможности их использования органами управления в области использования

атомной энергии и эксплуатирующими организациями при обосновании планирования и реализации деятельности по приведению объектов ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние с учетом критерия минимума совокупных издержек для выявления оптимальных сроков начала этой деятельности, а также определения необходимого размера и источников финансирования. Кроме того, предложенные инструменты могут быть использованы при разработке централизованной системы обеспечения вывода из эксплуатации таких объектов, в том числе при формировании государственной системы учета объектов ядерного наследия, разработке государственных программ и проектов в области ядерной и радиационной безопасности, оценках их результативности и эффективности.

Обоснованность и достоверность научных положений диссертации обеспечивается корректным выбором исходных данных, формированием обоснованных основных допущений и ограничений при постановке научных задач, связанных с использованием системного подхода и апробированного экономико-математического аппарата и подтверждается достаточной сходимостью полученных результатов оценок затрат с фактическими данными по эталонным объектам.

Апробация работы и внедрение результатов. Теоретические положения диссертационного исследования, а также практические выводы были опубликованы и обсуждены на российских и международных научно-практических конференциях и семинарах, среди которых: XVII Научная школа молодых ученых ИБРАЭ РАН (Москва, 2016), Конференция «Зарождение радиоэкологии, ее развитие и роль в обеспечении радиационной безопасности природной среды и человека» (Озерск, 2017), Международный семинар МАГАТЭ «Selection of adequate technologies to address specific waste streams including problematic and legacy waste» (Москва, 2019), Вторая научно-практическая конференция «Охрана окружающей среды и обращение с РАО научно-промышленных центров. Вывод из эксплуатации ЯРОО» (Сергиев Посад, 2020), Международная конференция МАГАТЭ «International Conference on Radioactive

Waste Management: Solutions for a Sustainable Future» (Вена, Австрия, 2021), Международная конференция «International Conference on Decommissioning Challenges: Industrial Reality, Lessons Learned and Prospects (DEM 2021)» (Франция (по ВКС), 2021), XI Российская научная конференция «Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях» (Москва, 2021), XI Международная научно-практическая конференция им. А. И. Китова «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (Москва, 2022), X Российская конференция с международным участием «Радиохимия-2022» (Санкт-Петербург, 2022), XVI Международная конференция «Безопасность АЭС и подготовка кадров» (Обнинск, 2023).

Научные результаты, теоретические положения и выводы диссертации использованы в деятельности Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», являющейся государственным заказчиком работ по приведению объектов ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние, в частности:

– разработанная методика расчета индикатора, характеризующего степень решения накопленных проблем ядерного наследия, рассмотрена и одобрена на Научно-техническом совете № 10 Госкорпорации «Росатом» (Москва, 2018 г.), утверждена приказом Госкорпорации «Росатом» от 24.04.2020 № 1/424-П и применяется с 2021 года для ежегодной оценки результативности Государственной программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»;

– предложения по организационно-финансовым инструментам обеспечения вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия и оценки издержек были согласованы всеми заинтересованными ведомствами при разработке концепции и финансово-экономического обоснования законопроекта «Об особенностях безопасного содержания и вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (Москва, 2018–2019 годы);

– «База данных для экспертной поддержки реализации программных мероприятий на основе комплексного анализа результатов выполнения программы и оценки текущего и перспективного состояния промышленных площадок размещения ядерно- и радиационно- опасных объектов» и «Программа для финансово-экономического планирования работ по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов («Decommissioning smart manager»)» зарегистрированы в качестве результатов интеллектуальной деятельности в Роспатенте (свидетельство о регистрации базы данных RU 2022621916 от 02.08.2022 и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023610167 от 20.12.2022 соответственно) и внедрены в практическую деятельность Дирекции по государственной политике в области обращения с РАО, ОЯТ и ВЭ ЯРОО Госкорпорации «Росатом» для планирования и мониторинга эффективности реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года».

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 13 научных работ общим объемом 45,43 печ. л. (вклад автора – 11,21 авт. печ. л.), в том числе 6 статей общим объемом 6,52 печ. л. (вклад автора – 4,01 авт. печ. л.) в научных журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, включая 1 публикацию (1,07 печ. л.), индексируемую в SCOPUS, 2 монографии общим объемом 34,75 печ. л. (вклад автора – 5,87 авт. печ. л.), другие издания общим объемом 4,16 печ. л. (вклад автора – 1,33 авт. печ. л.). Получены свидетельство о государственной регистрации базы данных и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура, объем и краткое содержание работы. Диссертационная работа включает: введение, три главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы (163 источника, в том числе 47 интернет-сайтов) и 6 приложений. Общий объем работы – 242 машинописных листа. Основной текст содержит 21 таблицу, 18 рисунков, 26 формул.

Глава 1 Теоретико-методические проблемы управления безопасностью объектов ядерного наследия на заключительной стадии их жизненного цикла

1.1 Вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия как один из инструментов достижения целей устойчивого развития

Начиная с 40-х годов XX века в ходе реализации ядерных военных программ и программ развития ядерных технологий и энергетики во всех ядерных державах было построено большое количество объектов использования атомной энергии. Создание и эксплуатация таких объектов характеризовалось рядом факторов, предопределивших накопление проблем обеспечения безопасности на территориях их размещения, требующих в настоящее время их безотлагательного и системного решения [2]:

- производственные процессы сами по себе являлись неизбежным источником образования значительных объемов опасных отходов различных категорий;

- в течение нескольких десятилетий наивысшим приоритетом было обеспечение высоких темпов производства ядерных материалов, а вопросам защиты окружающей среды и обеспечения безопасности не уделялось должного внимания, многие решения откладывались на будущее;

- отсутствие опыта и нехватка объективных и научно обоснованных знаний о возможных последствиях осуществляемой деятельности для человека и окружающей среды, пренебрежение архивацией данных и составлением реестров захораниваемых радиоактивных отходов (РАО), из-за чего были частично утрачены сведения об их составе и местах размещения;

– секретный характер реализуемой деятельности исключал возможность независимого контроля, в том числе и со стороны общественности.

Создание и утверждение необходимых стандартов по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, включая требования к объектам на заключительной стадии жизненного цикла существенно запаздывало. В частности, отсутствовали такие современные требования, как наличие проектных решений по конечному состоянию объектов и соответствующего финансового обеспечения. Предполагалось, что ликвидацией этих объектов и накопленного в период их создания и эксплуатации экологического вреда необходимо будет заниматься будущим поколениям: «Технические проблемы обычно решаются тогда, когда возникает в этом реальная необходимость. Именно поэтому, а не в силу каких-либо непреодолимых трудностей, не решены сегодня еще полностью проблемы переработки и регенерации ядерного топлива, захоронения радиоактивных отходов и снятия с эксплуатации отработавших ресурс ядерных энергоблоков. Эти задачи станут действительно актуальными, по-видимому, к концу первого десятилетия следующего столетия, и к тому времени они должны быть решены» [3]. Такой подход предопределил существенную недооценку первоначальных представлений о масштабе экологических последствий функционирования атомной отрасли в первые десятилетия и необходимых для их устранения сроках и ресурсах.

Таким образом, указанные причины привели к образованию в разных странах мира большого количества объектов ядерного наследия, для которых к настоящему времени характерно наличие целого ряда факторов, таких как:

- неудовлетворительное или небезопасное радиологическое состояние, в том числе наличие радиоактивного загрязнения, представляющее угрозу для населения и окружающей среды, за пределами площадки;
- невозможность оценки текущего радиологического состояния, реальных рисков и угроз, связанная во многом с отсутствием документации о площадке;
- наличие других физических и химических факторов риска;

- неясность прав собственности и ответственности за управление площадкой и ее реабилитацию;
- недостаточность средств для выполнения требований по обеспечению безопасности, включая приведение в конечное состояние.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время не существует единого универсального и официально утвержденного термина для определения «объектов ядерного наследия». Это связано с большим разнообразием ядерного наследия, возникшего в разных странах в период становления и развития атомной отрасли, и современными подходами к его идентификации и ликвидации с учетом национальных особенностей. Вместе с тем, отсутствие единообразия на законодательном уровне разных стран и в документах международных организаций (МАГАТЭ, АЯЭ ОЭСР) [4] в терминологии не является препятствием для определения в каждой стране объектов и территорий, образовавшихся в результате становления и развития атомных технологий. Все эти объекты и территории не соответствуют современным требованиям обеспечения радиационной безопасности и, в случае непринятия действенных мер по их реабилитации, представляют угрозу для человека и окружающей среды.

Понятие «объект ядерного наследия» широко обсуждалось в МАГАТЭ на Форуме по совершенствованию регулирующего надзора на площадках наследия (далее – Форум RSLs), по результатам которого была принята следующая рабочая версия определения этого понятия: «это предприятие или территория, реабилитация которых не выполнена, а уровень их радиоактивного загрязнения вызывает обеспокоенность регулирующих органов».

Таким образом, в качестве возможных объектов ядерного наследия при широкой трактовке этого термина можно рассматривать:

- площадки и объекты для временного хранения радиоактивных отходов; предприятия по добыче и переработке урана;

- научные и исследовательские центры, на территории которых осуществлялась разработка ядерных и энергетических технологий и ядерного оружия;
- испытательные гражданские и оборонные полигоны;
- территории, площадки и объекты, пострадавшие от серьезных аварий и инцидентов с радиационным фактором.

Под понятием «вывод из эксплуатации» понимается заключительная стадия жизненного цикла объекта, за исключением пунктов захоронения радиоактивных отходов (к которым применяется термин «закрытие»), следующая за прекращением использования объекта по проектному назначению без намерений возобновления, включающая совокупность мер административного и технического характера, выполняемых с целью снятия с объекта всех или некоторых регулирующих требований (подробнее в параграфе 1.2).

Современные подходы к обеспечению экологической безопасности объектов, находящихся на заключительной стадии жизненного цикла, подразумевают, что все остановленные объекты будут своевременно приведены в обоснованное безопасное конечное состояние наиболее эффективным способом. Эти подходы в полной мере соответствуют:

- принципам Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию №№ 1, 3, 4, 7, 10-13, 16, 17, принятой на Конференции Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году [5];
- целям в области развития и охраны окружающей среды, сформулированным в Повестке дня на XXI век, принятой на Конференции Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году [6];
- целям в области устойчивого развития №№ 11, 12, 14, 15, отраженным в итоговом документе саммита Организации Объединённых Наций по принятию повестки дня в области развития на период после 2015 года [7].

Важнейшей проблемой для перехода к устойчивому типу развития и «зеленой» экономике является вопрос о механизмах и инструментах процесса экологизации экономики, то есть обеспечивающих низкоуглеродность, ресурсоэффективность, восстановление и преумножение природного капитала, снижение концентрации загрязнений, сохранение биоразнообразия, а также увеличение рабочих мест и рост доходов [8, 9].

Далее кратко с учетом хронологии рассмотрим особенности становления подходов к ликвидации накопленного экологического вреда в России и зарубежных странах, связанного с развитием атомной промышленности, которые в полной мере соответствуют трансформации глобального общественного и политического восприятия проблем, связанных с охраной окружающей среды. Вопросы, связанные с формированием и решением проблем ядерного наследия США, Великобритании, Франции подробно рассмотрены в монографии [10, 11]. В них уже созданы управленческие и финансовые инструменты для обеспечения экологической безопасности таких объектов, и уже достигнуты значительные практические результаты. Одним из первых шагов этих стран в решении накопленных проблем стала разработка специального нормативного регулирования в области защиты окружающей среды. Эти нормы обеспечивают экологическую безопасность существующих объектов и предотвращают возникновение подобных проблем в будущем. Они также закрепляют ответственность за существующие загрязнения и определяют распределение бремени затрат. Наибольший интерес для России представляет соответствующий опыт США, имеющих схожие с СССР масштабы оборонных программ и структуру объектов, и Великобритании, столкнувшейся с драматичной ситуацией существенной недооценки финансовых обязательств по выводу из эксплуатации существующих объектов.

В целом становление глобальной климатической политики можно разделить на несколько этапов, включая признание проблемы климатических изменений научным сообществом, формирование климатической повестки, превращение

научной проблемы в политическую, институционализацию, первый и второй периоды Киотского протокола и заключение Парижского соглашения [12, 13].

К середине 60-х годов XX века в мире сложилось устойчивое понимание того, что если не принять меры по защите окружающей среды от все возрастающего антропогенного воздействия, то это может привести к катастрофическим последствиям. К числу таких воздействий относятся неконтролируемые выбросы химических загрязняющих веществ, отходы различных производств, хозяйственно-бытовые отходы, радиоактивное загрязнение и т.д. В большинстве государств с развитыми ядерными технологиями стало приходить осознание, что вопросы ликвидации последствий, связанных с развитием атомной отрасли и гонкой вооружений, были существенно недооценены. Это стало следствием двух факторов. Во-первых, накапливались проблемы, связанные с выводом из эксплуатации созданных объектов. Техническое состояние рассматриваемых объектов ухудшалось из-за естественного износа конструкций и защитных барьеров безопасности. Специалисты атомной отрасли столкнулись с новой ситуацией, о которой раньше не задумывались: для обеспечения ядерной и радиационной безопасности (прежде всего, исключения риска аварий и инцидентов с радиационным фактором) к характеристикам установки после прекращения ее эксплуатации предъявляются те же требования, что и во время ее использования по проектному назначению. Это стало причиной значительных дополнительных затрат организаций, сопоставимых с операционными расходами на содержание объектов в период их проектной эксплуатации. Одновременно с этим были сделаны первые финансовые оценки, касающиеся этой деятельности.

Во-вторых, у государств отсутствовали специальные организационно-финансовые инструменты для решения таких накопленных проблем ядерного наследия, в том числе, у организаций не было накоплено достаточных финансовых резервов для проведения мероприятий по выводу из эксплуатации существующих объектов. Проблемы, связанные с такими объектами, принято называть «накопленными» или «отложенными».

США первые в мире предприняли законодательные и организационные меры, направленные на исправление ситуации и предотвращение накопления подобных экологических проблем в будущем. В 1965 году вступил в силу Закон о захоронении твердых отходов (Solid Waste Disposal Act), содержащий требования относительно обеспечения безопасности окружающей среды при осуществлении захоронения хозяйственно-бытовых и промышленных отходов. Затем в 1969 году последовало принятие Закона о национальной политике в области окружающей среды (National Environmental Policy Act, NEPA), который определил зоны ответственности государственных органов в области охраны окружающей среды и инициировал системную модернизацию экологической политики США. На законодательном уровне были закреплены требования к оценке воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и организации природоохранной деятельности. Эти принципы сыграли важную роль в эволюции правового регулирования в сфере охраны окружающей среды в различных странах мира. В результате такие подходы стали основополагающими для формирования экологического законодательства.

Впоследствии Конгрессом США был принят пакет основополагающих законов в области охраны окружающей среды – Закон о чистом воздухе (1970), Закон о сохранении и восстановлении ресурсов (Resource Conservation and Recovery Act, RCRA, 1976), Закон о защите моря, исследованиях и заповедниках (1972), Закон о чистой воде (1977). Эти законы, основанные на принципах рационального использования природных ресурсов, позволили установить требования к текущей деятельности по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия и скоординировать работу множества правительственных и неправительственных организаций США.

Закон о действиях в отношении окружающей среды, известный под аббревиатурой CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) или «Закон о Суперфонде», был принят в 1980 году с целью решить уже существующие проблемы загрязнения окружающей среды, возникшие вследствие неэкологичного прошлого использования объектов, находящихся как в

ведении частного сектора, так и федеральных властей – Министерства обороны и Министерства энергетики. Также в рамках Закона о Суперфонде выполняется очистка наиболее проблемных загрязненных объектов, включенных в Национальный приоритетный перечень объектов (NPL). Закон предоставил правительству инструменты для обеспечения очистки загрязнённых территорий, его принятие способствовало внедрению более ответственного подхода к управлению природными ресурсами.

Для формирования эффективной системы управления NEPA предусмотрел учреждение нового регулирующего органа – Агентства по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency, EPA). Это агентство объединило ранее разрозненные управленческие структуры и функции, что способствовало в дальнейшем проведению согласованной экологической политики и координации всей деятельности по очистке загрязненных территорий и восстановлению качества окружающей среды. В сфере атомной энергетики EPA устанавливает общие экологические нормы и законодательные требования, касающиеся обеспечения защиты окружающей среды от негативного воздействия опасных токсичных и радиоактивных веществ. Одной из особенностей системы регулирования вопросов обращения с радиоактивными отходами и вывода из эксплуатации ядерно опасных объектов в США является фактическое разделение полномочий. За гражданские объекты (атомные электростанции, другие коммерческие объекты) отвечает Комиссия по ядерному регулированию США, а оборонные объекты находятся в ведении Министерства энергетики США.

В 1989 году для оценки масштабов радиационного и химического загрязнения оборонных площадок и определения приоритетности проведения работ создано Экологическое управление Министерства энергетики США (DOE-EM). Оно взяло на себя обязательства обеспечить выполнение полного цикла работ по очистке загрязненных территорий и выводу из эксплуатации объектов. Невозможность полного соблюдения новых требований безопасности на ряде установок, заставили DOE в период с середины 1980-х – начала 1990-х годов временно приостановить деятельность на некоторых площадках до устранения

выявленных нарушений, а в связи с распадом СССР и окончанием Холодной войны некоторые из этих объектов больше не возобновили свою деятельность. Для этих площадок, как и для большинства других существующих на тот момент, Министерством энергетики США заблаговременно не были разработаны программы долгосрочных мероприятий по обращению с радиоактивными отходами и очистке загрязненных территорий. Результаты проведенных в дальнейшем исследований показали, что радиоактивному и химическому загрязнению подверглись практически все без исключения площадки, причем загрязненными оказались не только строительные конструкции, но и почва, грунтовые и поверхностные воды как в пределах производственных площадок, так и в их окрестностях. Аналогичная ситуация была впоследствии выявлена и на объектах в других странах с развитой атомной энергетикой и промышленностью.

На DOE-EM была возложена ответственность за проведение работ на 134 площадках, в прошлом связанных с добычей урана и переработкой радиоактивных материалов в военных целях, ядерными военными НИОКР и испытаниями, а также производством ядерного оружия.

Общий объем работ по ликвидации ядерного наследия в США включает:

- обращение с более чем 7 млн куб. м радиоактивных отходов, часть из которых размещена в стареющих подземных резервуарах с ненадежными барьерами безопасности;
- дезактивацию и ликвидацию сотен крупных радиоактивно загрязненных зданий и сооружений (реакторов, обогатительных и радиохимических заводов, пунктов хранения и лабораторий);
- рекультивацию площадок тысяч заброшенных урановых рудников и хвостохранилищ, содержащих порядка 20 млн т радиоактивных отходов [14].

В Великобритании, как и в США, развитие атомной промышленности началось в 1940-х годах. Первоначально эта отрасль была направлена только на создание ядерного оружия. В самом начале основное внимание уделялось разработке ядерного оружия, что определяло курс развития отрасли. Однако уже к

середине 1950-х годов наблюдается стремительный прогресс в технологии атомной энергетики: за три десятилетия было построено 12 атомных электростанций, что стало важным этапом в энергетическом ландшафте страны. При этом до 1972 года гражданские и военные ядерные программы были довольно сильно переплетены, и реакторы типа «Магнокс» использовались не только для генерации электроэнергии, но и для производства плутония, необходимого для создания оружия. На сегодняшний день атомные электростанции Великобритании обеспечивают примерно одну шестую часть всей вырабатываемой электроэнергии в стране. Тем не менее, в скором будущем большинство действующих реакторов, за исключением одного, будет отключено, что ставит перед нацией важные задачи по поиску альтернативных источников энергии и модернизации энергетической инфраструктуры [15].

В 2005 году Правительством Великобритании было создано специальное ведомство – Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании (NDA). Основной задачей NDA стало планирование и осуществление целого ряда мероприятий, направленных на ликвидацию последствий ядерного наследия и восстановление загрязнённых территорий.

Стоит отметить, что в отличие от практики США, где к объектам ядерного наследия в ведении DOE-EM отнесены, прежде всего, объекты оборонного комплекса, в Великобритании военные ядерные объекты и их очистка относятся к ведению Министерства обороны, а NDA сосредоточено на работах по следующим объектам ядерного наследия [16]:

- все площадки и установки, которые были введены в эксплуатацию в период 1940-1960-х годов в целях осуществления государственных научно-исследовательских программ, а также все отходы, материалы и отработавшее ядерное топливо, образовавшиеся в ходе осуществления таких НИОКР;

- все спроектированные и сооруженные в 1960-1970-х годах ядерные реакторы типа Магнокс, находящиеся в государственной собственности и в прошлом эксплуатируемые компанией BNFL (British Nuclear Fuel Limited); заводы

и установки Магнокс по переработке отработавшего ядерного топлива на территории Селлафилдского комплекса и связанные с ними все отходы и материалы [11].

Разделение между NDA и Министерством обороны Великобритании объектов и обязательств по их выводу из эксплуатации произошло из-за недостижения согласия в вопросах оценки и размера финансовых и прочих обязательств, и из-за нежелания Министерства обороны раскрывать некоторую конфиденциальную информацию по объектам. Таким образом, NDA обеспечивает эксплуатационную безопасность и финансирование деятельности по выводу из эксплуатации ядерных установок, реабилитации загрязненных территорий и обращению с радиоактивными отходами на 17 площадках государственного гражданского сектора, а также осуществляет регулирование этих процессов в частном секторе [11].

Что касается России, только к середине 90-х годов стало понятно, что ситуация с экологическими проблемами требует серьезного всеобщего внимания и особенно участия государства как гаранта сохранности окружающей среды и экологической безопасности. В 1996 году была утверждена Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, целью которого определено «постепенное восстановление естественных экосистем до уровня, гарантирующего стабильность окружающей среды» [17]. Прогресс в достижении Целей развития тысячелетия в период 2000–2015 гг. обеспечивался принятыми в этот период политическими документами по социальному, экономическому и экологическому развитию страны и актами по их реализации. Принятые после 2007 года документы установили горизонты развития страны до 2020–2030 годов [18]. Это также касалось и экологических проблем, связанных с обеспечением ядерной и радиационной безопасности на существующих ядерно- и радиационно- опасных объектах. Для их решения необходимо разработать комплексные меры, включающие как регулирующие действия, так и практические шаги. При этом активное участие государства является обязательным, поскольку оно выступало и продолжает выступать единственным заказчиком создания атомной отрасли и

потребителем всех её видов оборонной продукции. Стало очевидно, что решение проблем ядерного наследия – это длительный и ресурсоемкий процесс, зависящий от множества факторов и неопределенностей. Однако процессы реформирования государства и финансовые трудности существенно замедляли проведение каких-либо значимых практических работ в этой области.

За последние 30 лет серьезное развитие получила и российская нормативная база, регулирующая использование атомной энергии. Однако до сих пор существуют пробелы в регулировании деятельности, направленной на эффективное решение накопленных проблем, связанных с ядерным наследием. Первоначально были приняты и вступили в силу основополагающие нормативные правовые акты – Федеральный закон от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» (далее – ФЗ-170) [19] и Федеральный закон от 9 января 1996 года № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения», а также подписана (ратифицирована) Конвенция о ядерной безопасности [20, 21].

Определение «ядерно- и радиационно- опасные объекты» было впервые введено в нормативный оборот в России Указом Президента Российской Федерации от 23 декабря 1994 года № 2209 «О финансировании особо радиационно и ядерно опасных производств и объектов», предписывающим «утвердить перечень предприятий и организаций, в состав которых входят объекты и производства, осуществляющие разработку, производство, эксплуатацию, хранение, транспортировку, утилизацию ядерного оружия, компонентов ядерного оружия, радиационно-опасных материалов и изделий» [22]. В последующем в федеральном законе от 3 апреля 1996 года № 29-ФЗ «О финансировании особо радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов» (далее – ФЗ-29) определялось, что «особо радиационно опасными и ядерно опасными производствами и объектами являются организации независимо от форм собственности, а также воинские части, занимающиеся разработкой, производством, эксплуатацией, хранением, транспортированием, утилизацией ядерного оружия, компонентов ядерного оружия, радиационно опасных материалов и изделий» (ст. 1. [23]). Правительство Российской Федерации должно

было разработать и утвердить их перечень. В дальнейшем понятие «ядерно и радиационно опасные объекты» получило достаточно широкое применение в подзаконных нормативных правовых актах, документах стратегического планирования, однако при этом не имеет зафиксированного законодательного определения.

Одновременно с развитием нормативной базы утверждались программы различного уровня (объектовые, отраслевые, федеральные), направленные на обеспечение безопасности созданных ранее объектов, однако их реализация не была эффективной ввиду нескоординированности отдельных мероприятий, а также из-за отсутствия должного финансирования и опыта [24].

В конце 1996 года Президентом России была поставлена задача разработки единой федеральной целевой программы по обеспечению ядерной и радиационной безопасности [25], однако последующие кризисные явления в экономике существенно затормозили и минимизировали большинство процессов и практических работ в этой области.

Начало 2000-х годов в Российской Федерации характеризовалось развертыванием первоочередных мероприятий по некоторым очевидным на тот момент острым направлениям заключительной стадий жизненного цикла объектов, включая:

- утилизацию атомных подводных лодок и береговых технических баз Военно-морского флота России [26];
- разработку комплекса мер по решению экологических проблем от прошлой деятельности ФГУП «ПО «Маяк» (г. Озерск, Челябинская обл.) [27, 28];
- начало работ по приведению объектов РНЦ «Курчатовский институт» (г. Москва) в безопасное состояние [24, 29];
- реализацию федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность России» на 2000-2006 годы с плановым объемом финансирования из федерального бюджета более 6 млрд рублей, предусматривающую возврат в сферу хозяйственной деятельности промышленных объектов и территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате

реализации оборонных программ или чрезвычайных ситуаций радиационного характера [30].

В паспорте программы 2000-2006 годов справедливо отмечалось, что масштаб накопленных проблем в России не позволит решить их одномоментно, а потребует единого подхода на государственном уровне, последовательных поэтапных действий, при этом проблема обеспечения ядерной и радиационной безопасности будет становиться все более актуальной [30].

Фактическое финансирование программы в 2000-2006 годах составило не более 30% от изначально запланированного [31]. За счет этих средств развивались некоторые информационные системы федерального уровня (Система государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки в Российской Федерации), при этом из-за недофинансирования программы продолжилось нарастание накопленных проблем [32], а также не были выполнены комплексные учетные и инвентаризационные работы для оценки масштабов ядерного наследия и стоимости необходимых мероприятий по его ликвидации.

Следует подчеркнуть, что анализ сложившейся ситуации в дальнейшем был отражен в Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности на период до 2010 года и на дальнейшую перспективу, (утверждены в 2003 году Указом Президента Российской Федерации). В этом документе впервые отмечено наличие накопленных и отложенных проблем – «ядерно и радиационно опасных объектов, не используемых в интересах обороны и экономики, требующих специальных мер для их вывода из эксплуатации с преобладающим участием государства», а также недостаточность выделяемых на соответствующие мероприятия финансовых ресурсов [33].

В 2005 году Российская Федерация в рамках совершенствования нормативной правовой базы в сфере использования атомной энергии ратифицировала два важнейших международных документа [34, 35]:

1) Объединенную конвенцию о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (далее – Объединенная конвенция), закрепившую за государством конечную ответственность за обеспечение ядерной и радиационной безопасности [36]. В преамбуле Объединенной конвенции содержится указание на главу 22 Повестки дня на XXI век [6], в которой подтверждается первостепенное значение безопасного и экологически обоснованного удаления радиоактивных отходов как основного вида отходов при переработке отработавшего ядерного топлива и вывода из эксплуатации;

2) Венскую конвенцию о гражданской ответственности за ядерный ущерб, которая направлена на формирование финансовых механизмов компенсации ущерба, возникающего в результате определенных видов мирного использования ядерной энергии [37].

Важное значение имеет введение нормы, устанавливающей специальные (особые) требования по «разумному» обеспечению безопасности существующих установок и обоснованию деятельности по результатам практической деятельности в прошлом, которой стоит руководствоваться на всех этапах обращения с объектами ядерного наследия (статья 12 [36]).

Значительный сдвиг в направлении прекращения накопления экологических проблем ядерного наследия в России произошел в 2007 году в связи с решением Правительства Российской Федерации о реализации в 2008-2015 годах федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (далее – ФЦП ЯРБ) [38]. Общий объем финансирования программы составил более 123 млрд руб. (в ценах соответствующих лет) из федерального бюджета [39]. В концепции ФЦП ЯРБ было определено понятие «ядерное наследие» как «ядерно и радиационно опасные объекты оборонно-промышленного комплекса, не отвечающие современным требованиям ядерной и радиационной безопасности и представляющие угрозу национальной безопасности». Также в концепции констатирована необходимость решения на государственном уровне накопившихся проблем и недопустимость

дальнейшего откладывания соответствующих мер [40]. Видение масштабов проблем ядерного наследия в России включало необходимость:

- обеспечения безопасного содержания и ликвидации более 170 остановленных объектов,
- приведения в безопасное состояние пунктов хранения (ПХ) радиоактивных отходов и сооружения новых пунктов захоронения;
- решения проблемы переполнения хранилищ отработавшего ядерного топлива при блоках АЭС [40].

При этом, как уже отмечалось, в конце 2000-х годов по большей части объектов не хватало исходных данных (радиационных, физико-химических, технических характеристик), достаточных для эффективного планирования, в том числе определения очередности и сроков выполнения работ, достоверных оценок размера требуемых финансовых ресурсов, определения обоснованного (оптимального) и экономически оправданного конечного состояния [41]. По этой причине, а также в связи с отсутствием релевантного опыта, на тот момент только по отдельным объектам были разработаны концепция, программа и/или проект приведения в конечное состояние. Эти документы часто содержали необоснованные или неэффективные решения, а в мероприятия ФЦП ЯРБ были включены только наиболее острые и очевидные проблемы, требующие незамедлительных мер [24].

При выполнении работ на отдельных объектах ядерного наследия в рамках ФЦП ЯРБ органам управления (прежде всего, Госкорпорации «Росатом») и эксплуатирующим организациям стала очевидна необходимость комплексного анализа всей структуры и отдельных компонент ядерного наследия: текущего состояния, обоснованного конечного состояния, а также эффективных стратегий его достижения. С учетом полученной к тому времени информации об объектах [42] в 2014-2015 годах была разработана и утверждена новая федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года» (далее – ФЦП ЯРБ-2) с общим объемом финансирования

из федерального бюджета порядка 400 млрд руб. [43]. В концепции ФЦП ЯРБ-2 основа ядерного наследия определена как:

- накопленные отработавшее ядерное топливо и радиоактивные отходы, находящиеся в федеральной собственности;
- ядерно- и радиационно- опасные объекты, введенные в эксплуатацию в основном до 1995 года и уже остановленные или дорабатывающие свой эксплуатационный ресурс в интересах энергетики и обороны, а также объекты, эксплуатируемые в организациях ядерного оружейного комплекса [44].

В то же время в Программе отмечается, что основные работы по ликвидации объектов ядерного наследия включают, в том числе, и консервацию пунктов размещения особых радиоактивных отходов. В других пунктах Программы в состав ядерного наследия также включаются радиационно загрязненные участки территорий, подлежащие реабилитации.

Общие подходы при определении понятия «ядерное наследие» сформулированы в отраслевом документе – Концепции вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (утверждена Приказом Госкорпорации «Росатом» от 15.07.2014 № 1/645-П). В нем дано следующее определение: «объекты «ядерного наследия» – ядерно- и радиационно-опасные объекты, находящиеся в собственности государства в период, когда не определен механизм накопления средств на вывод их из эксплуатации, который будет осуществляться за средства Федерального бюджета» [45].

Понятию «ядерное наследие» уделено большое внимание в обновленной редакции Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 13.10.2018 № 585). В этом документе стратегического планирования объекты ядерного наследия – «объекты использования атомной энергии в мирных и оборонных целях, которые созданы до установления современных требований к обеспечению ядерной и радиационной безопасности, в том числе объекты, эксплуатация которых по функциональному назначению прекращена и которые находятся на стадиях вывода

из эксплуатации, захоронения, утилизации» [46]. Одной из основных проблем в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности названо «наличие объектов ядерного наследия, в отношении которых требуется принятие дополнительных мер по завершению их жизненного цикла и (или) реабилитации, в том числе приведение в ядерно- и радиационно- безопасное конечное состояние и реабилитация радиоактивно загрязненных участков территорий, на которых расположены эти объекты» [46].

Несмотря на значительный прогресс, в настоящее время в российской нормативной правовой базе в области экологии все еще сохраняются пробелы, а имеющиеся природоохранные инструменты не являются эффективными [47]. В сфере атомной энергетики это касается законодательного закрепления понятия «объект ядерного наследия», определением размера финансовых обязательств и источников финансирования работ по приведению объектов в экологически безопасное конечное состояние.

Исходя из российских и зарубежных подходов к определению ядерного наследия и опыта выполнения практических работ, в рамках настоящей работы к ядерному наследию в России в целом отнесены:

- объекты ядерной техники, введенные в эксплуатацию до 2008 года (включая пункты хранения радиоактивных отходов);
- накопленные радиоактивные отходы;
- отработавшее ядерное топливо в федеральной собственности;
- радиационно загрязненные территории (РЗТ).

2008 год выбран в качестве границы разделения на объекты ядерного наследия и «новые» объекты, поскольку именно в этот период завершились структурные преобразования в атомном энергопромышленном комплексе, организована Госкорпорация «Росатом», стартовали работы в рамках ФЦП ЯРБ, направленные на недопущение накопления новых проблем в области ядерной и радиационной безопасности (подробнее – в параграфе 3.1).

Под обращением с ядерным наследием в работе понимается деятельность, направленная на окончательное решение всех накопленных проблем, которая включает в себя:

- 1) вывод из эксплуатации всех объектов ядерного наследия, включая консервацию всех пунктов размещения особых радиоактивных отходов;
- 2) обеспечение безопасного хранения, переработки и захоронения всех накопленных удаляемых радиоактивных отходов;
- 3) переработку (перевод в состояние, не представляющее опасности для человека и окружающей среды) всего накопленного отработавшего ядерного топлива с захоронением образующихся радиоактивных отходов;
- 4) реабилитацию радиационно загрязненных территорий.

В настоящей работе основное внимание уделено первому направлению, включающему поддержание остановленных объектов в безопасном состоянии до момента начала активных работ по их приведению в конечное состояние и непосредственного приведения объектов в конечное состояние. В рамках настоящего исследования эта деятельность обобщенно определена как «обращение с объектами ядерного наследия» и «вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия». Работы по остальным перечисленным не менее важным направлениям рассматриваются качественно для демонстрации всего масштаба накопленных проблем и оценок необходимых ресурсов.

Текущее состояние накопленных проблем ядерного наследия в Российской Федерации предопределяет необходимость комплексного подхода для построения эффективной организационно-управленческой и финансово-экономической системы. Функционирование этой системы невозможно без участия государства, которое несет конечную ответственность за обеспечение ядерной и радиационной безопасности, в соответствии с ратифицированными Российской Федерацией международными конвенциями [21, 36, 48]. Необратимое старение строительных конструкций и деградация инженерных барьеров безопасности объектов ядерного наследия в случае непринятия своевременных мер могут привести к многократному возрастанию рисков и затрат в будущем. Недостаточность

финансовых ресурсов даже на плановое приведение объектов в конечное состояние может приводить к банкротству эксплуатирующей организации, о чем свидетельствует пример крупнейших электрогенерирующих компаний Великобритании British Electric и British Nuclear Fuel Limited [11]. Очевидно, что ситуации доведения эксплуатирующей организации до финансовой несостоятельности, а объектов до аварийного состояния с облучением населения, как и ситуации содержания объекта силами персонала, сравнимого или превышающего персонал, занимавшийся эксплуатацией объекта по проектному назначению, представляются полностью неприемлемыми. В условиях ограниченности финансовых ресурсов государства и эксплуатирующих организаций, а также направленности бюджетной системы Российской Федерации на целевое и эффективное расходование средств, с одной стороны, и обязательного обеспечения безопасности объектов, с другой, разработка специальных организационных инструментов, а также методов оценки эффективности реализуемых мероприятий является важной и актуальной. Эти методы будут способствовать качественному решению накопленных проблем, в том числе служить инструментом для планирования и управления работами по ядерному наследию в будущем. Это особенно актуально при рассмотрении перспектив развития атомной энергетики, признанной как «зеленый источник», для реализации многих Целей устойчивого развития [49, 50] и укреплению энергетической безопасности страны [51].

1.2 Концепции вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия

В сфере вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии одним из основных понятий является «конечное состояние (end state)», которое

определено в документах МАГАТЭ и национальных регулирующих органов. МАГАТЭ отмечает, что «мероприятия по выводу из эксплуатации считаются завершенными, когда достигнуто утвержденное конечное состояние установки». В зависимости от национальных требований и правил это конечное состояние достигается после проведения дезактивации и/или демонтажа, обращения с отходами и очистки, что позволяет освободить установку от регулирующего контроля с ограничениями в отношении ее использования в будущем или без таковых» [52]. В России согласно требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии конечное состояние – это «заданное проектной документацией вывода из эксплуатации состояние объекта после завершения всех работ по его выводу из эксплуатации» [53].

В России ключевые аспекты, направления и этапность работ по выводу из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов регламентируются Отраслевой концепцией вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (утверждена Госкорпорацией «Росатом» в 2008 году и актуализирована в 2014 году). В составе концепции определены два базовых варианта (стратегии) достижения конечного состояния:

1) *ликвидация* – предусматривает работы по дезактивации и демонтажу оборудования, систем, конструкций, зданий и сооружений объекта, содержащих радиоактивные вещества, ликвидации радиоактивных загрязнений, обращение с радиоактивными отходами и приведение объекта и площадки его размещения в состояние, обеспечивающее их полное или частичное снятие с регулирующего контроля [45].

Частным случаем варианта «ликвидация» является ликвидация объекта без сноса. Реализация данной стратегии работ подразумевает доведение объекта до радиационного безопасного состояния, без сноса основных строительных конструкций с целью их последующего использования. Данный подход используется либо в случае, если характеристики объекта позволяют разместить в нем новое производство (или офисы) без проведения масштабной реконструкции. Также, подобный подход используют, если здание/сооружение не имеет

чрезвычайно высоких уровней загрязнения (радиационного или химического), но сохраняет достаточный остаточный ресурс. В случае высокого уровня загрязнений работы по приведению в безопасное конечное состояние будут включать в себя механическую дезактивацию поверхностей, что может негативным образом сказаться на состоянии несущих конструкций и возможности последующего использования объекта. Однако в некоторых случаях, эта стратегия является единственно нормативно разрешенной, например, когда отдельные объекты имеют особое культурное или историческое значение и работы по его ликвидации нормативно запрещены. Подобным примером является площадка 2 АО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» (г. Санкт-Петербург) с оценкой необходимого финансирования для вывода из эксплуатации более трёх сотен млн руб. [54]. При этом будущее использование этих зданий после приведения в экологически безопасное состояние пока не определено. Кроме того, отнесение объектов к объектам культурного наследия приводит к существенному административному и технологическому усложнению работ по их выводу из эксплуатации, вследствие необходимости дополнительных экспертиз, лицензий и согласования, а также дополнительных технических мер по контролю и документированию состояния охраняемого объекта.

По срокам реализации в рамках стратегии ликвидации объекта различают «немедленную ликвидацию» (или «немедленный демонтаж») и «ликвидацию после долговременной выдержки (стратегия отложенного демонтажа)». Первый вариант подразумевает начало работ по ликвидации основного оборудования и строительных конструкций непосредственно после реализации подготовительных работ. Второй вариант подразумевает контролируемую выдержку объекта от нескольких лет до нескольких десятков лет. Исторически до последнего времени «ликвидация после долговременной выдержки» была базовой стратегией вывода из эксплуатации установок, особенно отличающихся высоким уровнем радиационной опасности (энергоблоки АЭС, исследовательские реакторы, радиохимические производства и т.д.). Это связано, прежде всего, с фактором

снижения опасности объектов вследствие радиоактивного распада короткоживущих радионуклидов.

2) *захоронение на месте* – предусматривает последовательный перевод объекта в пункт размещения особых радиоактивных отходов, а затем в пункт консервации особых радиоактивных отходов, что достигается за счет локализации радиоактивно загрязненных и активированных компонентов оборудования, систем и строительных конструкций объекта с созданием необходимых инженерных барьеров и систем, обеспечивающих радиационную безопасность персонала, населения и окружающей среды в течение всего срока потенциальной опасности радиоактивных отходов [45].

Под «особыми радиоактивными отходами» понимаются «накопленные радиоактивные отходы, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, иные риски, а также затраты, связанные с извлечением таких радиоактивных отходов из пункта хранения, последующим обращением с ними, в том числе захоронением, превышают риски и затраты, связанные с захоронением таких отходов в месте их нахождения» [55]. К отходам такого типа в рамках первичной регистрации отнесены большинство бассейнов, пульпохранилищ и водоемов-хранилищ радиоактивных отходов ФГУП «ПО «Маяк» и АО «СХК» (г. Северск, Томская обл.), промышленные уран-графитовые реакторы (ПУГР) ФГУП «ГХК» (г. Железногорск, Красноярский край) и АО «ОДЦ УГР» (г. Северск, Томская обл.), некоторые пункты хранения жидких и твердых отходов [56].

В Российской Федерации уже накоплен некоторый опыт выполнения практических работ по реализации стратегии захоронения на месте для водоемов-хранилищ. Ярким примером является длившийся 50 лет и завершившийся только в 2015 году проект консервации (засыпки и обустройства специальных инженерных барьеров безопасности) водоема В-9 ФГУП «ПО «Маяк». Аналогичный подход к консервации объектов был применен еще на нескольких бассейнах-хранилищах жидких радиоактивных отходов АО «СХК» и ФГУП «ГХК» [57, 58]. В отношении иных типов объектов (прежде всего, промышленные уран-графитовые реакторы)

работы по консервации представляют собой технологически существенно более сложный комплекс работ и также реализован для нескольких объектов.

Выбор конкретного варианта конечного состояния объекта определяет планирование и организацию работ по его выводу из эксплуатации, а также их стоимость. В условиях большого разнообразия конструктивных и эксплуатационных особенностей, радиационных характеристик и мест расположения рассматриваемых объектов следует применять дифференцированный подход, отвечающий, прежде всего, базовым международно признанным и законодательно закрепленным принципам радиационной защиты:

- «принцип обоснования: любое решение, изменяющее ситуацию облучения, должно приносить больше пользы, чем вреда;

- принцип оптимизации защиты: вероятность облучения, число облученных лиц и величина индивидуальных доз должны быть удержаны на таком низком уровне, насколько это разумно и достижимо с учетом социально-экономических факторов;

- принцип использования пределов дозы: суммарная доза любого индивидуума от регулируемых источников в ситуациях планируемого облучения (кроме медицинского облучения пациентов) не должна превышать соответствующие пределы дозы, рекомендованные Международной Комиссии по Радиационной защите» [59].

В отношении рассматриваемых объектов это означает, что при выборе и обосновании варианта конечного состояния должны быть взвешены все выгоды от его ликвидации и оценен наносимый в результате проведения работ вред. Оценка вреда должна как минимум учитывать дозы облучения работников и населения и совокупные издержки вывода из эксплуатации. Кроме того, степень радиационной защиты в подавляющем большинстве случаев должна обеспечивать максимальное преимущество пользы над вредом. Чтобы убедиться, что уровень радиационных рисков действительно низок настолько, насколько это реально достижимо, необходимо оценивать все такие риски должны на протяжении каждого этапа жизненного цикла установки [57, 60].

Выбор наиболее предпочтительной варианта конечного состояния и стратегии его достижения целесообразно осуществлять на основе сопоставительного анализа набора критериев, а также руководствоваться последующим использованием территории размещения объекта – целевого состояния площадки. Конкретный путь достижения конечного состояния объекта должен быть определен и обоснован совокупностью нормативных, инженерных, организационно-технических и экономических факторов [61]. Рекомендации по обоснованию выбора варианта конечного состояния, включая методику численной оценки вариантов, приведены в [62].

В зависимости от целевого состояния площадки размещения объекта и связанных с ним выгод возможны различные варианты конечного состояния объектов и использования территории:

- территория неограниченного использования (реализация стратегии «зеленая лужайка»);
- территория промышленного использования (реализация стратегии «коричневая лужайка»);
- новый объект использования атомной энергии (реализация стратегии «реконструкция объекта для продолжения его использования при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии»);
- пункт захоронения радиоактивных отходов (реализация стратегии «перевод объекта в статус пункта захоронения после проведения необходимых демонтажных, дезактивационных и строительно-монтажных работ»).

Эксплуатирующая организация должна самостоятельно определить и обосновать конечное состояние объекта и в дальнейшем обеспечить его безопасное достижение [53]. Своевременное обоснованное определение конечного состояния для объектов ядерного наследия имеет высокое значение для планирования и финансирования работ по его достижению. Однако ситуация в настоящее время осложняется наличием одной из наиболее острых проблем системного характера – отсутствием исчерпывающей и систематизированной информации о характеристиках объектов ядерного наследия, конкретных технических решениях

и практическом опыте по всем этапам вывода из эксплуатации и типам объектов. Это приводит к необходимости технологических пауз и увеличению сроков приведения объектов в конечное состояние. С учетом возраста рассматриваемых объектов и секретной специфики атомной отрасли, проектная и эксплуатационная документация по многим из них не сохранилась или находится в непотребном состоянии. Современные цифровые технологии лазерного сканирования и проектирования в целом эффективно решают проблему сохранения и восстановления данных и позволяют выполнять высокоточные экономические оценки, однако только несколько пилотных площадок ядерного наследия уже оцифрованы [63, 64].

Первые ликвидированные в России объекты ядерного наследия, в основном в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ (2008-2015), на протяжении многих лет представляли наибольшую экологическую опасность, что требовало принятия срочных мер в их отношении, а также в направлении создания инфраструктуры обеспечения завершающих стадий жизненного цикла. Большая часть проектов приведения в конечное состояние крупных объектов, включенных в мероприятия последующей ФЦП ЯРБ-2 (2016-2035), находится на стадии разработки, корректировки (вследствие существенного уточнения данных) либо формирования задания на проектирование. При этом определенные на сегодняшний день варианты конечного состояния таких объектов и стратегии их достижения, во многих случаях являются консервативными и не учитывают возможные более рациональные варианты с сопоставлением доз, рисков и затрат.

Ярким практическим примером внедрения комплексного научно-методического подхода в этой области является проведение первичной регистрации радиоактивных отходов, с обоснованием решений по их отнесению к «удаляемым» или «особым» [65]. Эти решения определили стратегию вывода из эксплуатации пунктов хранения: «немедленный демонтаж» – для пунктов хранения удаляемых отходов и «захоронение на месте» – для пунктов хранения особых отходов [66]. Для обоснования и принятия данных решений были проведены сравнительные оценки дозовых нагрузок, рисков, возможного вреда окружающей

среде, финансовых затрат и иных издержек, связанных с удалением радиоактивных отходов или захоронением на месте, с учетом их характеристик, условий размещения и состояния инженерных барьеров безопасности. Аналогичное углубленное вариантное рассмотрение конечных состояний с определением оптимального целесообразно провести для всех объектов ядерного наследия. Дефицит исходных данных, характерный для большинства таких объектов, может быть восполнен с помощью современных методов лазерного сканирования, цифрового и расчетного моделирования [64, 67].

Таким образом, развитие углубленного уровня инвентаризации объектов, и, прежде всего, его экономической компоненты – исходных данных и предпроектных оценок необходимого размера затрат на поддержание объекта в остановленном безопасном состоянии и его приведение в конечное состояние, а также непосредственно оптимальное конечное состояние и сроков приведения к нему – является важной задачей повышения эффективности деятельности по выводу из эксплуатации ядерного наследия.

Что касается зарубежного опыта организации работ по выводу из эксплуатации сопоставимых с Россией объектов ядерного наследия, то можно выделить ряд отличий системного и практического характера [10, 11]:

1. Стратегия «захоронения на месте», утвержденная в целях обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации ПУГР в России, была реализована и в США в отношении трех реакторов, один из которых – экспериментальный реактор с графитовым замедлителем и натриевым охлаждением (реактор Hallam). Тем не менее, в отличие от российской практики, в США графит был удален из реактора и вывезен с территории площадки (стратегия «захоронения на месте» больше не применяется на практике ни в США, ни в Великобритании).

2. При выводе из эксплуатации реакторных установок в США и Великобритании предпочтение отдается стратегии «сохранения под наблюдением», предполагающей начало работ по полному демонтажу установки спустя 60 лет после ее окончательного останова. Однако и этот срок может быть увеличен, если соответствующее решение будет обосновано оператором с точки

зрения обеспечения безопасности и защиты здоровья человека. Кроме того, лицензиат может выбрать компромиссный вариант, при котором часть реакторной установки может быть ликвидирована или дезактивирована, а остальные части будут находиться в состоянии «сохранения под наблюдением». Такое решение может быть обосновано как с точки зрения целесообразности выдержки радиоактивных материалов до распада радиоактивных веществ, так и с позиции наличия свободного места для захоронения отходов в пунктах окончательной изоляции.

3. В США накоплен опыт в области перепрофилирования площадок размещения объектов ядерного наследия – к настоящему времени три бывших крупных ядерных объекта теперь используются по иному целевому назначению: так, производственная площадка и санитарно-защитная зона завода Ферналд, на котором раньше изготавливали продукцию из высокочистого металлического урана, превратилась в национальный заповедник, где также расположен пункт захоронения низкоактивных отходов, образовавшихся в результате проведения работ по очистке территории. Роки Флэтс – один из самых секретных объектов ядерно-оружейного комплекса США по производству плутониевых детонаторов для ядерных боеголовок – также получил статус национального заповедника. Лаборатория Маунд Сайт была трансформирована в неядерный инновационный технопарк Mound Advanced Technology Center, где располагаются офисы компаний, занимающихся разработкой перспективных технологий в области энергетики, обработки материалов и защиты окружающей среды. Россия не имеет столь большого опыта в проведении работ по очистке и перепрофилированию площадок, и на сегодняшний день полностью завершены работы лишь по одному объекту ядерного наследия – Московский завод полиметаллов. Другой пример – работы на Химико-металлургическом заводе (г. Красноярск), где было дезактивировано и демонтировано оборудование и ряд корпусов, а оставшиеся были переданы под новое неядерное производство. В настоящий момент ведутся работы над проектом вывода из эксплуатации установки на бывшей площадке АО «ВНИИХТ» (г. Москва, Каширское шоссе) [68, 69].

Таким образом, вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия в конечном счете ориентирован на освобождение площадок размещения объектов и их возврат в хозяйственный оборот. Важным элементом этого процесса является система, в соответствии с которой на основании оценки рисков, технико-экономического обоснования возможных вариантов дальнейшего использования площадки обосновывается перечень целесообразных и экономически эффективных мер по ее реабилитации [70] (подробнее – в параграфе 1.3). Причем альтернативные варианты должны учитывать тот характер деятельности, который в будущем планируется осуществлять на данной территории в соответствии с наиболее целесообразной конечной категорией землепользования, утвержденной для данной площадки. Этот подход в полной мере соответствует целям и принципам рационального природопользования.

1.3 Механизмы управления и финансирования вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия

Изучение и сравнительный анализ опыта зарубежных стран в области обращения с ядерным наследием требует учета специфики терминологии, используемой в данной области. Вопросами наследия могут называть загрязнение окружающей среды, которое стало следствием хозяйственной деятельности в прошлом, когда не существовало современных жестких требований экологического регулирования. В ряде случаев наследием называют более узкую проблему – если загрязненный объект является бесхозным, либо его собственник неплатежеспособен. Достаточно распространено понятие «прошлый экологический ущерб», под которым понимаются последствия хозяйственной деятельности в прошлом и «прошлые экологические обязательства» (past

environmental liabilities), т.е. обязательства, вытекающие из необходимости провести ряд действий в связи с загрязнением окружающей среды из-за деятельности в прошлом. Законодательство, принимаемое по вопросам реабилитации территорий исторического загрязнения, должно решать вопросы ответственности за загрязнение, распределения бремени соответствующих затрат и создания организационно-финансовых механизмов его ликвидации.

В промышленно развитых странах подходы к урегулированию вопросов исторического загрязнения находятся, как правило, в общей канве подходов к решению экологических проблем и включают следующие механизмы:

- проведение инвентаризации потенциальных объектов на национальном и местном уровне, ведение реестров, приоритизация объектов по уровню экологической опасности и иным параметрам;
- принятие законодательных и регулирующих норм в отношении финансовых обязательств за «старые» объекты/последствия прошлой деятельности;
- формирование целевых критериев реабилитации, установление процедур выбора реабилитационных мероприятий;
- реализацию экологических программ на национальном и местном уровне.

Системы выявления загрязненных территорий и объектов могут быть построены различным образом. Инвентаризация считается одним из первых действий в отношении мест потенциального загрязнения, которое помогает представить охват проблемы и ее серьезность в масштабах страны или региона. В ряде стран установлена обязанность проводить анализ состояния почв либо периодически, либо при определенных процедурах, таких как сделки по оформлению прав собственности (Бельгия) или при подаче разрешения на строительство (Нидерланды). В этих странах промышленные предприятия также обязаны периодически исследовать состояние почв и уведомлять уполномоченные органы при превышении нормативов их загрязнения. В других странах местные органы должны выявлять участки потенциального загрязнения в пределах своей

административной территории, а также создавать регистры таких участков. В странах ЕС этой деятельности способствуют директивы Евросоюза, требующие имплементации в национальное законодательство тех или иных положений.

В качестве следующего этапа после выявления факта и уровня загрязнения может стать оценка риска, с учетом которого должна быть обоснована необходимость и масштаб проведения реабилитационных работ. Информация об объектах, их местоположении, характере загрязнения и прочая релевантная информация собирается в базы данных, которые, как правило, ведут государственные органы власти различного уровня. В обзоре по управлению загрязненными территориями в Европе [71] отмечается, что 28 из 39 стран, которые представлены в данном обзоре, ведут подробные реестры загрязненных территорий, из них 25 ведут их на национальном уровне. Процедуры оценки потенциального загрязнения территорий могут предусматривать ряд механизмов, самый распространенный из которых – это оценка риска, которая используется для приоритизации. Для проведения оценок могут использоваться скрининговые уровни или устанавливаться общие критерии качества почв. Многие страны используют оценку риска применительно к конкретному объекту.

В США Закон о Суперфонде закрепил основные механизмы обеспечения приведения загрязненных территорий в экологически безопасное состояние, в том числе:

- систему ранжирования объектов по опасности для определения относительного уровня опасности площадки для здоровья человека и окружающей среды;
- национальный список приоритетных объектов – реестр потенциально загрязненных объектов, находящихся в федеральной собственности (Federal Agency Hazardous Waste Compliance Docket) [72] и базу данных потенциально загрязненных площадок (Комплексная система информации о реагировании на окружающую среду, компенсациях и ответственности – The Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Information System, CERCLIS) [73];

– национальный план действий, представляющий процедуру оценки уровня загрязнения, анализа возможных технических решений и выполнения работ по очистке площадки.

Обязанность по формированию и ведению реестров в США возложена на ЕРА. Наполнение реестра включает следующие обязательные этапы:

- 1) идентификация объекта (предварительный анализ информации и включение объекта в перечень потенциально опасных объектов);
- 2) оценка уровня загрязнения (сбор и верификация имеющейся информации, а также физическая проверка рассматриваемого объекта);
- 3) присвоение рейтинга (количественная оценка опасности объекта и формированием рейтинга опасности на основе скоринговой модели);
- 4) внесение объекта или территории в национальный реестр.

Инициатором включения объекта в национальный реестр может выступать физическое или юридическое лицо, которое может подать в ЕРА обращение (жалобу) о проверке степени опасности объекта. Если рассматриваемый объект находится в ведомстве федеральных органов исполнительной власти, объект включается Агентством в реестр потенциально опасных объектов. В случае обращений от других групп заявителей ЕРА проводит процедуру прескрининга, представляющего собой низкочатратные мероприятия для предварительной проверки на наличие загрязнений (анализ архивных данных и документов), на основании результатов которого принимается решение о включении в список потенциально опасных объектов.

Следующим шагом является сбор и анализ доступной информации о состоянии потенциально опасного объекта, осуществляемый непосредственно Агентством или иным уполномоченным лицом. В качестве уполномоченного лица могут выступать представители федеральных органов государственной власти США, органов власти штатов, институтов гражданского общества либо привлекаемых на контрактной основе организаций. В случае, если мониторинг осуществляется перечисленными уполномоченными лицами, ЕРА в обязательном порядке проверяет результаты анализа сведений о потенциальной опасности

объекта. Для формирования количественной оценки опасности объекта и определения его рейтинга опасности ЕРА осуществляет физическую инспекцию и экспертизу площадки и анализирует параметры объекта, например, пробы воды. Ключевая задача – понять, обладает ли объект характеристиками, необходимыми для включения в Национальный список приоритетных объектов (NPL), с учетом ограниченных ресурсов.

Ранжирование объектов осуществляется на основании методологии HRS (Hazard Ranking System), базирующейся на информации первоначальных предварительных инспекционных исследований для оценки степени угрозы здоровью граждан или окружающей среде по четырем путям распространения:

- миграция с грунтовыми водами;
- миграция с поверхностными водами;
- воздействие от почвы;
- распространение в атмосферной среде.

Всего в NPL содержится более 1300 объектов, находящихся на территории США [74], общая информация об объектах и текущем статусе находится в открытом доступе.

На любом этапе оценки площадки ЕРА может принять решение о проведении оперативных работ по устранению источников опасности. Причем такие работы могут быть инициированы еще до момента окончания процедуры оценки площадки и начала осуществления мероприятий по очистке, рассчитанных на долгосрочную перспективу (после включения площадки в NPL), а их финансирование может вестись непосредственно из бюджета ЕРА, либо за счет средств потенциально ответственных за причиненный ущерб сторон.

После включения площадки в NPL приступают к дополнительным исследованиям, позволяющим установить характер и уровни риска, обуславливаемого выбросом загрязняющих веществ для здоровья лиц, проживающих или работающих вблизи площадки, и чувствительных к их воздействию сред. Так, выбранные методы очистки должны обеспечивать соблюдение требований концепции приемлемого риска. В рамках такой оценки

ЕРА анализирует риски заболевания раком и возникновения других неблагоприятных последствий для здоровья человека на протяжении жизни для различных сценариев, предусматривающих определенные вероятные события (использование воды из пробуренной возле жилища скважины в питьевых целях или прикосновение руки к загрязненной почве и т.д.). После тщательного анализа возможностей реализации различных мер по очистке загрязненных территорий, ЕРА утверждает Протокол о принятии решения (Record of Decision), в котором подробно описываются выбранные для конкретной площадки действия, затем разрабатывается инженерно-технический проект реализации данных мероприятий. По завершении всех запланированных работ ЕРА, основываясь на данных мониторинга, позволяющего оценить эффективность примененных технологий и достигнутые показатели качества окружающей среды, предоставляет площадке статус, означающий отсутствие необходимости принятия дальнейших мер на рассматриваемой территории. В этом случае площадка исключается из списка NPL по истечении определенного периода, предоставляемого заинтересованным сторонам для подачи замечаний.

Федеральные агентства, в чьем ведении находятся площадки, включенные в NPL, заключают с ЕРА межведомственные соглашения (также называемые «Соглашениями о федеральных установках» – «Federal Facilities Agreement»), где прописываются состав работ по очистке загрязненных территорий и сроки их выполнения. После заключения Соглашения о федеральных установках ЕРА контролирует соблюдение графика выполнения работ, следит за своевременным достижением промежуточных целей и выполнением требований природоохранного законодательства. Помимо состава и сроков исполнения работ в таких соглашениях, как правило, приводится перечень возможных штрафных санкций, которые ЕРА может применить к федеральному агентству в случае несоблюдения требований или иных положений, прописанных в соглашении, а агентство, реализующее соответствующую программу по очистке загрязненных территорий, обязано ежегодно отчитываться о ходе работ перед Конгрессом США.

Одновременно с NPL в США реализуется Всеобъемлющий план по очистке загрязненных площадок Министерства энергетики, первая редакция которого (1989), включала 134 площадки, в прошлом связанные с добычей урана и переработкой радиоактивных материалов в военных целях, ядерными военными НИОКР и испытаниями, а также производством ядерного оружия, по которым на DOE- EM была возложена ответственность за проведение работ. На тот момент масштабы загрязнения и возможные затраты на проведение работ только предстояло оценить. Согласно предварительным оценкам 1988 года, на осуществление всего комплекса работ планировалось потратить от 66 до 110 млрд долларов [75]. Более реалистичные оценки были получены уже к 1995 году: в 200 – 350 млрд оценивались суммарные затраты на реализацию программы по четырем группам компонент ядерного наследия США, относящиеся только к военному сектору:

- радиоактивные отходы, в том числе: высокоактивные – 380 тыс. куб. м, трансураниевые – 220 тыс. куб. м, низкоактивные – 3,3 млн куб. м, вторичные материалы, отнесенные к категории радиоактивных – 215 тыс. м, а также другие опасные отходы – 32 млн куб. м;

- загрязненные компоненты окружающей среды: почва, загрязненный строительный мусор, обломочные породы и др. материалы – 79 млн куб. м; грунтовые и поверхностные воды, донные отложения – 1 800 млн куб. м;

- остановленные ядерные установки, в прошлом использовавшиеся для производства ядерного оружия, для которых дальнейшая эксплуатация не предусмотрена и планируется проведение работ по дезактивации и выводу из эксплуатации – более 10 тыс. зданий;

- материалы реестра, включающие в себя все материалы, которые нельзя отнести к категории радиоактивных отходов, находящиеся в хранилищах Министерства энергетики США, которые на данный момент не используются и не будут использованы в течение ближайшего года – 820 млн кг [10, 76].

Текущие оценки всего объема финансовых обязательств по ликвидации ядерного наследия составляют порядка 520 млрд долларов США (более 120 млрд

долларов США уже профинансировано) и превышают соответствующие первоначальные представления 1990 года более чем в 5 раз [10].

Большинство активов ядерного наследия (около 75%) было передано в ведение DOE одновременно при создании DOE-EM, остальные – в течение последующих 5-10 лет. В то же время DOE-EM взяло на себя обязательство при необходимости выполнить работы и на других объектах. К середине 1990-х общая программа DOE по выводу из эксплуатации ядерного наследия была разделена на несколько подпрограмм, параметры которых приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Подпрограммы DOE по ликвидации ядерного наследия (по состоянию на середину 1990-х годов)

Подпрограмма	Доля финансирования
1. Восстановление качества окружающей среды, включающая деятельность по очистке загрязненной почвы и грунтовых вод, а также дезактивацию и ликвидацию зданий, сооружений и резервуарных хранилищ. На момент запуска программы в ведении DOE находилось свыше 3,7 тыс. площадок, на которых требовалось проведение работ по очистке почвы и грунтовых вод, а работы по дезактивации и сносу были запланированы для более чем 500 строительных конструкций.	28%
2. Обращение с отходами: переработка, хранение, транспортировка и захоронение (как тех, что образуются в результате текущей эксплуатации установок, так и тех, что образуются в результате осуществления работ в рамках первой подпрограммы).	49%
3. НИОКР, разработка новых технологий в области вывода из эксплуатации, очистки загрязненных компонентов окружающей среды и т.п.	5%
4. Обращение с ядерными материалами, укрепление строительных конструкций, перевод объектов в состояние, пригодное для проведения очистных работ, перепрофилирования или ликвидации и т.п.	10%
5. Транспортные операции, обеспечение физической безопасности	8%

Источник: составлено автором по [75, 77]

DOE-EM выполняет роль управляющей компании: координирует и инспектирует работу специализированных подрядчиков, выделяет финансирование и лицензии. На сегодняшний день DOE-EM ответственно за выполнение следующих основных задач:

- создание и поддержка функционирования установок для переработки жидких радиоактивных отходов, извлеченных из подземных резервуарных хранилищ, позволяющее осуществить их окончательное захоронение;
- обеспечение физической безопасности и создание стабильных условий для хранения ядерных материалов;
- организация безопасной транспортировки и захоронения трансурановых и низкоактивных радиоактивных отходов;
- организация работ по дезактивации и демонтажу ядерных установок;
- организация работ по реабилитации загрязненной почвы и очистке грунтовых вод;
- планирование и организация всех необходимых мер для снижения уровня опасности объектов ядерного наследия и завершение работ по очистке загрязненных территорий.

19 площадок, находящихся под управлением DOE, включено в NPL [74]. Финансирование деятельности DOE-EM осуществляется из государственного бюджета. Планирование бюджета происходит на трех уровнях: изначально была разработана стратегия до 2070 года, исходя из которой составляются планы на 5-10 лет, а размер финансирования ежегодно согласовывается Конгрессом на основе согласованных DOE-EM оценок подрядчиков, при этом фактически доведенное финансирование соответствует заявленному на 80-90%. При этом вывода из эксплуатации реакторных установок коммерческого назначения полностью обеспечивается их собственниками.

Стоит отметить, что на этапах становления атомной промышленности, вопросы вывода из эксплуатации связанных с ними объектов и финансового обеспечения этого процесса рассматривались без достаточной обоснованности. Например, в случае реакторных установок предполагалось что на их ликвидацию может уйти не более 10% средств, затраченных на сооружение. По мере разработки и реализации первых проектов по приведению объектов в конечное состояние становилось всё очевиднее, что затраты в этой области существенно недооценены, и их структура является более разветвленной, чем изначально предполагалось [78].

В частности, суммарные затраты на приведение реакторной установки в конечное состояние зависят от типа реактора, его места расположения, системы обращения с отходами и их захоронения, технологии хранения отработанного ядерного топлива, стратегии достижения конечного состояния и ряда других факторов. Общая величина таких затрат может колебаться в пределах от 280 до 612 млн долларов США, а по некоторым проектам она достигает 2,2 млрд долларов США [10]. Эти суммы формируются и обеспечиваются в рамках платежей оператора установки, включающих:

- авансовый платеж, который оператор должен внести на отдельный счет ещё до начала эксплуатации реакторной установки, например, в трастовый фонд;
- залог, страховки или финансовая гарантия контролирующей компании, характеризующие механизмы покрытия затрат на вывод из эксплуатации в случае неплатежеспособности оператора;
- средства, аккумулируемые во внешнем резервном фонде, находящемся под управлением оператора установки, в котором накапливаются отчисления от прибыли (дохода) от её эксплуатации.

Становление системы и механизмов обеспечения деятельности по выводу из эксплуатации ядерного наследия в Великобритании имеет несколько отличительных особенностей, которые необходимо учитывать. В 1990 году было принято решение о передаче существующих атомных электростанций, которые до этого момента находились в государственной собственности и под управлением Центрального энергоуправления Великобритании и Энергоуправления юга Шотландии, в частную собственность. Стоит отметить, что в результате приватизации, стартовавшей в 1996 году, только атомные электростанции первого поколения (с реакторами Magnox) остались в государственной собственности, но были переданы во владение оператору Magnox Electric (в 1998 году вошёл в состав компании British Nuclear Fuel Limited (BNFL)), а основе наиболее современных АЭС была сформирована компания British Energy (BE). [11].

В начале 2000-х годов частный резервный фонд компаний BE и BNFL составлял 440 миллионов фунтов стерлингов. Этого оказалось недостаточно, чтобы покрыть обязательства по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия, которые уже тогда оценивались в 5 миллиардов фунтов. Эта серьезная недооценка поставила на грань банкротства всю гражданскую часть атомной промышленности Великобритании [11].

В сложившихся обстоятельствах для спасения и поддержки отрасли потребовалось участие государства. В 2004 году был принят Закон об энергии (Energy Act), на основании которого:

- создана специальная структура – оператор (Nuclear Decommissioning Authority, NDA), четко определены его обязанности, права, полномочия и сферы ответственности. Главной задачей NDA стала ликвидация объектов ядерного наследия бывшей компании BNFL с соблюдением всех мер безопасности, экономической эффективности и без дополнительного ущерба для окружающей среды. На NDA также были возложены полномочия по контролю над действиями British Energy по обязательствам наследия. Эти обязательства вместе с активами British Energy перешли в 2009 году к крупнейшей государственной энергогенерирующей компании Франции и ведущему оператору АЭС – Electricite de France;

- определен список активов и обязательств по наследию BNFL, а также активов НИОКР, которые должны быть переданы NDA;

- описан и порядок передачи активов оператору, которая завершилась в 2005 году;

- установлены принципы финансовой деятельности оператора: финансовые обязательства, доходы и расходы, займы и вопросы налогообложения [11].

NDA в рамках своих полномочий выполняет функции управляющей компании, что подразумевает не осуществление непосредственных работ на объектах, а их координацию. В частности, NDA сосредоточена на выборе подрядчиков для выполнения работ, распределении финансовых ресурсов и выдаче

необходимых лицензий. Такой подход к управлению процессом вывода объектов ядерного наследия из эксплуатации обладает рядом значительных преимуществ. Во-первых, данная схема способствует повышению экономической эффективности благодаря проведению конкурентных тендеров, которые позволяют привлекать наиболее квалифицированных исполнителей для выполнения конкретных задач. Во-вторых, она стимулирует разработку и внедрение инновационных технологических решений, так как участники тендера получают доступ к необходимой информации и к самим объектам, что позволяет им предлагать индивидуально адаптированные и тщательно проработанные решения. В-третьих, централизация управления со стороны оператора, действующего как единой управляющей институт, обеспечивает оптимальные финансовые условия, а также контроль за проведением всех работ и состоянием объектов в соответствии с едиными стандартами.

В рамках новой структуры управления атомной отраслью Великобритании в 2007 году было создано 7 компаний-операторов, которые получили лицензии NDA на управление объектами. Эти компании должны в сотрудничестве с NDA разрабатывать стратегии вывода из эксплуатации каждой площадки, а также вести работы для эффективного достижения конечного состояния и реабилитации загрязненных территорий [79]. Перед началом работ по приведению объекта в конечное состояние необходимо провести оценку потенциального воздействия на окружающую среду, включая проведение консультаций с широкой общественностью и другими заинтересованными сторонами по вопросам выбора различных подходов и стратегий. Этот подход направлен на обеспечение открытости и прозрачности всего процесса принятия решений, отдавая приоритет варианту конечного состояния площадки, позволяющему обеспечить ее повторное использование, с учетом достоинств и недостатков различных сценариев на основе комплексной системы критериев.

Основными источниками финансирования процесса вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия государственного гражданского сектора Великобритании являются:

- средства государственного бюджета;
- прибыль от коммерческой деятельности NDA.

В последние годы объем финансирования затрат по выводу из коммерческих доходов NDA стабилизировался на уровне около 30% от их общей величины, превышающей 3 млрд фунтов стерлингов [11].

Коммерческая выручка NDA формируется в основном за счет доходов от переработки отработавшего ядерного топлива в Селлафилде, а также доходов от продажи электроэнергии, перевозки и транспортировки топлива и некоторых других видов коммерческой деятельности. На переработку топлива поступает с объектов как гражданского, так и военного секторов, а также из-за рубежа.

Комплексная программа NDA по ликвидации ядерного наследия Великобритании продолжительностью более 100 лет оценивается в более чем 124 млрд фунтов [80, 81]. В реальности из-за огромного количества неопределенностей, связанных с реализацией различных работ, запланированных в рамках данной программы, эта оценка может составить от 90 до 220 млрд фунтов [11]. Проблемы финансирования вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия государственного гражданского сектора в будущем также могут усложниться в связи с опережающим темпом роста обязательств по сравнению с выделяемыми на эти цели средствами.

Таким образом можно заключить, что деятельность США и Великобритании в отношении накопленных экологических проблем ядерного наследия в настоящее время носит комплексный и системный характер, как с точки зрения управления его физическими объемами, так и с позиций учета необходимых элементов для построения организационной системы. США и Великобритания демонстрируют широкий и сопоставимый между собой и с Россией спектр проблем ядерного наследия: разнообразие и большое число установок на одной площадке, сочетание действующих и остановленных производств, необходимость идентификации, ранжирования, долгосрочного планирования и обеспечения достаточного финансирования.

В отличие от зарубежных стран, построение комплексной и эффективной системы и механизмов обеспечения приведения ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние в Российской Федерации находится на начальной стадии практически по всем аспектам – прежде всего, организационным, нормативным, финансовым.

В частности, только в 1993 году Минатомом России, Российской академией наук, Курчатовским институтом и Международным институтом прикладного системного анализа впервые были инициированы работы по систематическому междисциплинарному описанию наследия бывшего СССР для последующего эффективного решения задач обоснованного, экономически оправданного и общественно приемлемого планирования, включая приоритизацию работ по реабилитации загрязненных территорий и объектов и предупреждению чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором (проект №245 «РАДЛЕГ» Международного Научно-Технического Центра) [82]. В процесс формирования и анализа первичных данных по объектам наследия были вовлечены более 250 представителей 20 ведомств, агентств и экспертных организаций Российской Федерации, что должно было обеспечить наиболее широкий охват объектов и высокий уровень достоверности данных [83]. Итоговая база данных, составленная к 2000 году, включала информационные блоки по 25 различным типам объектов, включая блоки АЭС, береговые хранилища радиоактивных отходов, затопленные и сброшенные объекты, производства ядерного оружия и аварии [84]. Однако слабая структурированность работы, информационная закрытость большинства из рассматриваемых организаций и объектов привели к тому, что в рамках проекта «РАДЛЕГ» только отдельные объекты и участки радиационно загрязненных территорий с заведомо невысокими уровнями опасности получили существенное информационное развитие и наполнение.

Последующие комплексные работы по идентификации, инвентаризации и приоритизации объектов ядерного наследия в России были инициированы только в рамках специального мероприятия ФЦП ЯРБ в 2011 году. Первоначально система целевых показателей результативности ФЦП ЯРБ предусматривала

инвентаризационные мероприятия по около 500 объектам, из них по 270 – проведение инвентаризации, 188 находились в состоянии подготовки к приведению в конечное состояние, 42 – в процессе ликвидации. Предполагалось, что именно эта совокупность объектов представляет собой ядерное наследие в части потребности вывода из эксплуатации. Инвентаризация проводилась по 3 уровням, учитывающим степень детализации данных, доступных в тот момент, и период планирования: наличие укрупненного сводного перечня с предварительной оценкой потенциальной опасности могло дать ориентиры для последующего углубленного рассмотрения ситуации. В результате было выявлено более 2 тысяч объектов ядерного наследия, т.е. в 4 раза больше первоначальных представлений, которые целесообразно отнести к ядерному наследию (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Результаты инвентаризации ядерно- и радиационно- опасных объектов для определения контуров ядерного наследия в России (2011-2014 годы)

Уровень детализации инвентаризации	Характер собранной информации	Назначение	Кол-во объектов, шт.	Характеристика результата
Предварительный	Размещение, краткая характеристика, предварительное ранжирование по риску	Долгосрочное планирование работ, выявление бесхозных объектов	2 210	Сформирована очередность и приоритет выполнения работ по объектам. Итоговый перечень объектов не закреплен нормативными правовыми актами, названия объектов в перечне не сопоставлены с наименованиями в имущественном учете организации
Основной	Размещение, краткая характеристика, ранжирование по риску, конечное состояние и сроки достижения	Среднесрочное планирование. Основание для включения в отраслевые и государственные программы	289	Уточнены данные (радиационные, финансовые) по наиболее значимым объектам, сформированы исходные данные для проектирования.

Уровень детализации инвентаризации	Характер собранной информации	Назначение	Кол-во объектов, шт.	Характеристика результата
				Нет оценки годовых затрат на содержание в безопасном до начала работ по выводу из эксплуатации
Углубленный	Размещение, характеристика, конечное состояние, программа (проект работ по выводу из эксплуатации), стоимость и сроки реализации	Краткосрочное планирование, управление реализацией проектов (контроль, надзор)	275	Обосновано включение в ФЦП ЯРБ-2. Не представлены материалы по этапам выполнения работ по выводу из эксплуатации

Источник: составлено автором на основе [57, 85]

Стоит отметить, что первые российские правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации, введенные в действие в конце 1990-х – начале 2000-х годов (в частности, для промышленных реакторов – НП-007-98, для атомных станций – НП-012-99, для объектов ядерного топливного цикла – НП-057-04) содержали требования о необходимости разработки программы вывода из эксплуатации, определяющей варианты конечного состояния объекта, основные технические решения и их обеспечение, только к концу срока эксплуатации объекта либо после останова и проведения обследования. Такой подход только способствовал накоплению проблем заключительной стадии жизненного цикла рассматриваемых объектов. Стоит отметить, что еще в начале 2000-х годов российские специалисты при изучении вопросов экономики ядерного топливного цикла в части заключительной стадии жизненного цикла объектов в лучшем случае учитывали только издержки, связанные с переработкой отработавшего ядерного топлива [78]. Только в 2014 году начала действовать специальная норма, обязывающая эксплуатирующие организации осуществлять планирование приведения объекта в конечное состояние «на основе дифференцированного подхода с учетом множества факторов на всех стадиях жизненного цикла объекта,

предшествующих его выводу из эксплуатации» [53]. Это важное требование, позволяющее предупредить возникновения проблем, связанных с выводом из эксплуатации, наиболее актуально для новых объектов и практически не применимо для остановленных объектов, а также находящихся на исходе проектного срока эксплуатации – то есть для большинства объектов ядерного наследия.

Анализ и систематизация результатов инвентаризации объектов позволили их ранжировать по степени потенциальной опасности [42, 86], характеризуемой только радиоэкологическими и техническими параметрами объектов. На основе полученного списка объектов, опыта выполнения практических работ в рамках ФЦП ЯРБ, готовности к началу развертывания работ и проработанности принятых решений [87] был сформирован среднесрочный план мероприятий по приведению наиболее приоритетных объектов в экологически безопасное конечное или промежуточное состояние, который реализуется в составе мероприятий ФЦП ЯРБ-2 (первоначально на 15 лет – до 2030 года, а в 2022 году действие ФЦП ЯРБ-2 продлено до 2035 года). Работы в рамках ФЦП ЯРБ-2 финансируются преимущественно из федерального бюджета и запланированы на около 100 объектах (более 40 организаций в 20 субъектах Российской Федерации), более 70 из которых будут приведены в экологически безопасное состояние [88].

Отсутствие на момент формирования ФЦП ЯРБ-2 полноценных данных обо всех объектах ядерного наследия, прежде всего их финансово-экономических параметров, связанных с выводом из эксплуатации, и отчасти субъективизм и консерватизм эксплуатирующих организаций в выборе приоритетных объектов и их конечных состояний не позволили комплексно рассмотреть все существующие объекты. Кроме того, до настоящего времени не произошла формализация конкретного перечня объектов ядерного наследия ввиду отсутствия нормативной базы, в частности определения и критериев отнесения к объектам такого типа. При этом на отраслевом уровне инициирована работа по систематизации данных о рассматриваемых объектах, используется несколько баз данных и информационных ресурсов для решения отдельных несвязных задач

имущественного учета, оценки финансовых обязательств, систематизации имеющихся документов об объектах [89, 90, 91, 92].

Говоря о финансовом обеспечении вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в современной России, стоит отметить, что нормативной правовой базе содержится множество указаний на необходимость наличия достаточных финансовых ресурсов для этих целей. Объединенная конвенция устанавливает, что государство обязано «принимать меры по наличию достаточных финансовых ресурсов для поддержания в безопасном состоянии установок и для снятия с эксплуатации (ликвидации)» [36]. Согласно статье 33 ФЗ-170 «порядок и меры по обеспечению вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения должны быть предусмотрены в проекте сооружения объекта. Источники финансирования работ по выводу из эксплуатации объектов и порядок их формирования должны быть определены до ввода объекта в эксплуатацию» [19]. Однако эти нормы нельзя назвать исчерпывающими, поскольку на практике их сложно применить к большинству объектов ядерного наследия ввиду отсутствия четкого определения конечного состояния объекта, соответствующих проектных решений и имеющейся неопределенности по источникам финансирования не только на этапе ввода объектов в эксплуатацию, но и на протяжении большей части или всего срока их эксплуатации.

Согласно статье 34 ФЗ-170 «эксплуатирующая организация совместно с соответствующими органами управления использованием атомной энергии создает специальный фонд для финансирования затрат, связанных с выводом из эксплуатации ядерной установки, радиационного источника или пункта хранения, с обращением с отработанным ядерным топливом, и для финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по обоснованию и повышению безопасности этих объектов» [19]. Порядок, источники образования и правила использования таких фондов определены Постановлениями Правительства Российской Федерации [93, 94]. Эта норма не устанавливает порядок формирования источников финансирования для объектов, созданных до

принятия ФЗ-170, когда все объекты находились исключительно в государственной или муниципальной собственности, а вся деятельность финансировалась из государственного бюджета и такая ситуация считалась вполне приемлемой.

Вскоре после принятия ФЗ-170 была предпринята попытка устранения этого пробела. В ФЗ-29 на законодательном уровне были закреплены принципы гарантированного обеспечения достаточных финансовых ресурсов из федерального бюджета для безопасного и устойчивого функционирования рассматриваемых объектов. Однако вплоть до настоящего времени нормы этого закона не работали и в большей части устарели. Действующая редакция Бюджетного кодекса Российской Федерации не предусматривает специального статуса для "защищенных статей бюджета". Более того, в ней не закреплены ключевые принципы, обеспечивающие гарантированное, достаточное, своевременное и непрерывное финансирование безопасной и стабильной эксплуатации объектов ядерного наследия. Этот пробел в законодательстве создает неопределенность и риски для обеспечения долгосрочной ядерной безопасности страны. Таким образом, нормы, установленные частью 2 статьи 2 ФЗ-29, фактически не реализуются.

Особый режим накопления и использования финансовых средств в виде включения в себестоимость продукции (работ, услуг) расходов на отдельные мероприятия по обеспечению безопасного и устойчивого функционирования особо радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов, установленный статьей 3 ФЗ-29 также не отражен в действующей редакции Налогового кодекса Российской Федерации. Существующие механизмы позволяют обеспечивать соответствующее финансирование только за счет включения в себестоимость продукции отдельных видов работ, напрямую не связанных с производством.

В российской нормативной правовой базе не в полной мере имплементированы положения Объединенной конвенции [36], касающиеся закрепления конечной ответственности государства в части снятия существующих установок с эксплуатации. Федеральный закон от 11 июля 2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные

законодательные акты Российской Федерации» (далее – ФЗ-190) установил ключевые требования к захоронению радиоактивных отходов. Он также регулирует вопросы собственности на отходы за счет разделения их на «накопленные» до 11.07.2011 (т.е. находящиеся в федеральной собственности) радиоактивные отходы и вновь образованные после 11.07.2011, являющиеся собственностью той организации, в результате деятельности которой образовались. Закон определяет обязанность собственников радиоактивных отходов обеспечивать безопасное обращение с ними, включая захоронение. Однако, разделяя собственность на радиоактивные отходы, ФЗ-190 не проводит разделение финансовой ответственности за приведение в конечное состояние пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов.

В других областях законодательства можно найти лишь отдельные нормы, касающиеся данной темы. Согласно пункту 6 статьи 40 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» «проекты размещения ядерных установок должны содержать решения, обеспечивающие безопасный вывод их из эксплуатации или закрытие пунктов захоронения радиоактивных отходов» [95]. Тем не менее, данное положение не может распространяться на объекты ядерного наследия, которые были разработаны до введения этой нормы и не содержат в своих проектах предусмотренных мероприятий по окончанию эксплуатации. Кроме того, принцип достаточности финансовых ресурсов не может быть полностью реализован, если окончательно не определено оптимальное конечное состояние объекта, что характерно для большинства рассматриваемых в работе объектов.

В 2007 году, вступили в силу нормативные правовые акты, завершающие реструктуризацию атомной отрасли, и направленные на эффективное управление имуществом и создание новых прозрачных и эффективных условий управлений и функционирования организаций [96, 97, 98] – была образована Госкорпорация «Росатом», ряд предприятий акционированы, а объекты переданы на баланс организаций. При этом при передаче объектов (в собственность или на праве хозяйственного ведения) и возложении на организации всю ответственность за

безопасность объектов, не проводилась финансовая оценка размера будущих затрат на их приведение в безопасное конечное состояние.

В 2012 году была утверждена первая версия отраслевых рекомендаций по приведению объектов Госкорпорации «Росатом» в экологически безопасное состояние. Эти рекомендации периодически обновляются, так как с течением времени появляются новые данные о единичных расценках на специфичные работы и уточняются производственные карты. Результаты оценки во многом зависят от качества и достоверности исходных данных. Однако в рекомендациях не упоминается о необходимости рассмотреть несколько вариантов конечного состояния объекта и выбрать наиболее оптимальный из них. Как правило, организации ориентированы на наиболее консервативные стратегии вывода из эксплуатации и варианты конечного состояния объектов. Также не учитываются риски и непредвиденные обстоятельства. Ключевой особенностью такой оценки является то, что обязательства эксплуатирующих организаций учитываются не в полной мере. Они рассматриваются лишь как часть от общей величины прогнозных расходов, пропорционально периоду использования объекта с даты вступления в силу ФЗ-190 до даты планируемого начала его вывода из эксплуатации, то есть в очень незначительной степени для старых объектов. Общая оценка обязательств по приведению в конечное состояние объектов организаций, входящих в управление АО «Атомэнергопром», посчитанная таким образом, по состоянию на 31.12.2023 составляет 49,2 млрд рублей (в ценах 2023 года). При этом в отчете справедливо отмечается, что «сумма оценочных обязательств может подлежать существенным изменениям в будущих периодах в силу наличия оценочных суждений: в расчетах отсроченных обязательств используются прогнозные оценки (тарифов, цен, затрат, стоимостей работ и т.д.), а также существуют неопределенности относительно радиационных характеристик объектов на момент начала работ по их приведению в конечное состояние» [99]. Получаемые таким образом прогнозные оценки для горизонтов планирования 50 и более лет могут быть существенно искажены. Тем не менее, согласно современным стандартам МСФО, требование по учету столь отдаленных обязательств все же присутствует. По мере изучения характеристик

объектов и определения их оптимального конечного состояния точность оценок будущих финансовых обязательств будет возрастать, что скажется и на планировании, и на эффективности затрат на поддержание в безопасном состоянии объектов.

Таким образом, в настоящее время эксплуатирующие организации, будучи ответственными за обеспечение безопасности объектов на всех этапах жизненного цикла, не имеют правовых и экономических стимулов для проведения работ по скорейшему приведению в конечное состояние старых объектов, а также достаточных финансовых ресурсов на эти цели в силу как ограниченного срока формирования таких резервов, так и постоянного несения бремени затрат на безопасное содержание всех существующих (эксплуатируемых и остановленных) объектов. Затраты на текущее поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов ядерного наследия частично могут покрываться из федерального бюджета [100], что, с одной стороны, гарантирует обеспечение безопасности таких объектов со стороны государства, а с другой, никак не мотивирует эксплуатирующие организации заниматься приведением таких объектов в конечное состояние, поскольку не определены организационные механизмы, порядок и сроки принятия решений и выполнения работ по выводу из эксплуатации. Кроме того, не определен и не внедрен эффективный механизм сохранения резервов от инфляции, которые могут накапливаться десятилетиями.

Проблема финансового обеспечения заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия в России частично решается государством начиная с конца 2000-х за счет применения программно-целевого подхода в рамках ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2. В современной редакции Основ госполитики зафиксирована необходимость осуществления комплекса мер по решению вопросов, связанных с ядерным наследием, в том числе: «определение объектов ядерного наследия и их учет»; «обеспечение научно-технической поддержки решения вопросов обеспечения безопасности объектов ядерного наследия»; «формирование и совершенствование системы обращения с отработавшим ядерным топливом, единой государственной системы обращения с

радиоактивными отходами, системы учета объектов ядерного наследия». В качестве основных инструментов реализации Основ установлены: государственные и федеральные целевые программы, а также программы Союзного государства и межгосударственные целевые программы, в реализации которых участвует Российская Федерация и организационно-управленческие решения, направленные на формирование системы учета объектов ядерного наследия [46]. Однако следует отметить, что в настоящее время отсутствуют утвержденные на уровне актов Правительства Российской Федерации или Госкорпорации «Росатом» долгосрочная стратегия и детализированный план приведения всех компонент ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние после 2035 года. В сложившейся системе государственного бюджетирования эти факторы ставят под вопрос возможность гарантированного и приоритетного выделения достаточного объема федерального финансирования для обеспечения безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия после 2035 года. По мере накопления национального опыта в этой сфере будут совершенствоваться применяемые методы и технологии [101], удельная стоимость работ будет снижаться, а уровень знаний об объектах – повышаться. Можно утверждать, что это позволит в ближайшем будущем оценить необходимые для решения всех накопленных проблем ядерного наследия финансовые, временные и инфраструктурные ресурсы. Это даст возможность разработать и реализовать соответствующую долгосрочную программу, охватывающую все существующие объекты.

Основной вывод, который можно сделать на основе российского и передового мирового опыта, заключается в том, что государство должно играть ключевую роль в решении экологических проблем, возникших в результате гонки вооружений и развития атомных технологий. Итоги рассмотрения и сравнения компонент систем обращения с ядерным наследием в России, США и Великобритании представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Сравнение систем обращения с объектами ядерного наследия в России, США и Великобритании

Компоненты системы обращения с объектами ядерного наследия	Российская Федерация	США	Великобритания
Наличие комплексной нормативной базы, (принципы и режим разграничения ответственности за объекты наследия)	ФЗ-170, ФЗ-190 (радиоактивные отходы) По объектам – нет	федеральное природоохранное законодательство, применимое ко всем объектам	Законодательство применимо только к гражданским ядерным объектам, за исключением оставшихся в частном секторе
Границы наследия (объекты ядерного наследия) точно определены	Только в отношении накопленных радиоактивных отходов	Да	Да
Ядерное наследие включает	радиоактивные отходы, образованные до 11.07.2011. По остальным компонентам – не формализовано	радиоактивные отходы, установки, площадки, материалы, которые в прошлом использовались для производства ядерного оружия	Часть ядерных реакторов и установок гражданского назначения, все объекты двойного назначения, а также все площадки и установки, использовавшиеся для государственных НИОКР, и образовавшиеся в ходе их деятельности материалы и отходы
Оператор по ядерному наследию	Специализированный отраслевой оператор ФГУП «РАДОН» – для нескольких пилотных площадок	Министерство энергетики (DOE)	Агентство по выводу из эксплуатации (NDA)
Передача объектов оператору	-	Большей частью единовременно и целиком	Единовременно и целиком
Разграничение ответственности государства/бизнеса проведено	На уровне закона – только в отношении радиоактивных отходов	Да	Да

Компоненты системы обращения с объектами ядерного наследия	Российская Федерация	США	Великобритания
Обязательства оператора по наследию	-	Весь цикл работ на объектах, включая долгосрочный мониторинг, обращение со всеми видами имеющихся на объектах отработавшего ядерного топлива и радиоактивны отходов	Полная очистка всех объектов и обращение со всеми видами имеющихся на объектах отработавшего ядерного топлива и радиоактивны отходов
Оценки финансовых затрат в целом и по объектам	Проведены в ограниченном объеме	Проведены, кратное увеличение относительно первоначальных оценок	Проведены, кратное увеличение относительно первоначальных оценок
Наличие долгосрочных программ	До 2035 по ограниченному перечню объектов	До 2070, определены этапы принятия решений и ведения работ по объектам и площадкам, включая мониторинг их выполнения	До 2120 определены этапы принятия решений и ведения работ по объектам и площадкам, включая мониторинг их выполнения
Источники финансирования оператора по наследию	Бюджет и средства организаций	Бюджет	Бюджет и доходы от коммерческой деятельности оператора
Ранжирование (приоритизация) объектов	Частично – по показателю потенциальной опасности	Гибкая система ранжирования и приоритизации с учетом нормативных, финансово-экономических, технологических, социальных, политических факторов	Гибкая система ранжирования и приоритизации с учетом нормативных, финансово-экономических, технологических, социальных, политических факторов

Источник: составлено автором

Изучение международного опыта и результатов уже реализованных проектов в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2 [58, 102] и текущих представлений о масштабах ядерного наследия в России показывает необходимость разработки более жестких и действенных норм и механизмов. Эти меры должны обеспечить наличие достаточных ресурсов перед началом работ по выводу объектов из эксплуатации. Такой подход станет важным шагом к более эффективному управлению ядерным наследием и защите окружающей среды.

Текущая ситуация с ядерным наследием в России характеризуется несколькими важными особенностями:

- периметр ядерного наследия до сих пор требует уточнения и фиксации. Ключевой вопрос – разделение обязательств за обеспечение вывода из эксплуатации существующих объектов, в том числе закрепление роли государства на законодательном уровне;

- действующая система предполагает децентрализованное управление объектами, которое осуществляется эксплуатирующими организациями. При этом в мировой практике есть примеры эффективного управления, когда объекты консолидируются в рамках единой специализированной организации;

- текущие оценки обязательств по приведению ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние и ежегодные суммы их обеспечения в России являются неполными и на порядок ниже аналогичных показателей США и Великобритании при сопоставимом масштабе объектов. В будущем оценки обязательств по наследию в России, скорее всего, возрастут;

- еще не накоплен достаточный опыт управления масштабными работами на уровне отдельных проектов и отрасли в целом;

- не накоплен необходимый объем финансовых резервов на вывод из эксплуатации всех существующих объектов;

- отсутствует долгосрочное планирование для решения всего комплекса накопленных проблем ядерного наследия. Для этого необходимо иметь полную

информацию об объектах и должен быть разработан соответствующий методологический аппарат.

В России ситуация осложняется рядом факторов, которые создают долгосрочные риски радиационного загрязнения окружающей среды на территории более чем 40 субъектов Российской Федерации [24, 44, 103, 104]:

- имеет место рост количества остановленных объектов. К 2023 году общее количество таких объектов превысило 400, включая 10 промышленных уран-графитовых реакторов и 9 блоков атомных электростанций, к 2030 их количество составит около 1000 [1];

- требуют оперативной модернизации инженерные системы и барьеры безопасности ряда опасных объектов старше 50-60 лет;

- не переведены в безопасное да окружающей среды законсервированное состояние все крупные приповерхностные хранилища радиоактивных отходов, отнесенных к «особым».

Невозможность одновременного решения всех накопленных проблем ядерного наследия определяют необходимость включения таких инструментов повышения эффективности этой деятельности, как:

- системность при планировании и организации комплекса мероприятий по всей совокупности рассматриваемых объектов;

- определение и достижение обоснованного оптимального конечного состояния рассматриваемых объектов, применения лучших практик и современных технологий;

- снижение издержек, связанных с поддержанием объектов в безопасном состоянии за счет единого стандарта обеспечения безопасности таких объектов, широкого применения лучших практик и выбора оптимального момента для старта работ по их приведению в конечное состояние.

В условиях разрастания проблемы, очевидной необходимости ее решения и ограничений ресурсного обеспечения значимость эколого-экономических оценок (при одновременном комплексном сопоставлении доз, рисков, затрат и выгод в

составе обоснования оптимального конечного состояния) и оценки эффективности предлагаемых управленческих решений существенно возрастает, что подтверждает актуальность работы, поставленные цели и задачи.

Выводы по главе 1.

1. Деятельность по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия ориентирована на достижение целей устойчивого развития, связанных с экологическим благополучием. В большинстве промышленно развитых стран принято национальное экологическое законодательство, адресованное вопросам исторического загрязнения. При разнообразии деталей в нормативно-правовых системах разных стран, планирование и реализация мероприятий по ликвидации ядерного наследия ориентировано на поиск наиболее эффективных решений с точки зрения вложения средств и получаемых результатов. Организация и безопасное обеспечение вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия предполагает необходимость достоверной оценки издержек этой деятельности и потребностей совокупного и ежегодного финансового обеспечения, в свою очередь зависящих от характера накопленных проблем и принятых стратегий.

2. Количество объектов и объем финансовых обязательств по выводу из эксплуатации имеет тенденцию роста: как правило, существует недооценка обязательств на первых этапах планирования достижения конечного состояния объектов ядерного наследия. Финансовые резервы, необходимые для покрытия этих обязательств, также имеют тенденцию к росту, однако в большинстве случаев являются недостаточными. Ведущую роль в реализации этой деятельности вынуждено играть государство, как заказчик формирования атомной отрасли и гарант безопасности, причем в немалой степени из-за изначальной непроработанности экономических механизмов формирования финансовых ресурсов на реализацию программ вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, принадлежащих, в том числе, частным компаниям.

3. Система вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в России имеет свои характерные особенности:

– в нормативной правовой базе отсутствует законодательно закрепленное определение понятия «объект ядерного наследия» и критерии отнесения к таким объектам: документы различного уровня содержат отсылки к этому понятию, но содержат расплывчатые и общие формулировки. Финансовые обязательства по заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия в России не разделены и не обеспечены необходимыми финансовыми ресурсами после 2035 года;

– управление всеми работами по ядерному наследию носит децентрализованный характер, а эксплуатирующие организации, будучи ответственными за обеспечение безопасности объектов на всех этапах жизненного цикла, не имеют правовых и экономических стимулов для проведения работ по скорейшему приведению старых объектов в конечное состояние, а также достаточных финансовых ресурсов на эти цели;

– отсутствует долгосрочная программа по приведению всех объектов ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние, текущая деятельность реализуется в рамках федеральных целевых программ с преобладающим бюджетным финансированием. Действующая программа рассчитана до 2035 года и покрывает менее 10% всех объектов. Отсутствует нормативное требование о продолжении финансирования этой деятельности со стороны государства.

4. В ситуации наличия большого количества уникальных и недостаточно изученных радиационно опасных объектов, разнообразия возможных стратегий их приведения в безопасное конечное состояние, имеющих высокую стоимость и неопределенность оценок, и ограниченности ресурсов на первый план выходит задача разработки и совершенствования экономически обоснованных подходов к рационализации, в том числе выбора оптимальных методов, которые ранее органами управления предметно не рассматривались.

Для эффективной организации деятельности по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия и обеспечения долгосрочной экологической

безопасности в обязательном порядке должны учитываться возможные затраты, выгоды и риски по каждому из объектов, а также существующие ресурсные и инфраструктурные ограничения. Методологические подходы к обоснованию программ вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия на основе оценок связанных издержек рассматриваются в следующей главе.

Глава 2 Методологические подходы к обоснованию эффективных инструментов вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия

2.1 Критерии и ограничения ранжирования объектов ядерного наследия по приоритетам срока приведения в конечное состояние

Для эффективного планирования и управления процессом вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, а также для выработки оптимальной стратегии и определения последовательности действий на уже находящихся в завершающей стадии объектах, необходимо определить ряд критериев и учесть все существующие и возможные ограничения, которые могут возникнуть в будущем. К основному критерию, на наш взгляд, целесообразно отнести показатель минимума совокупных издержек заключительной стадии жизненного цикла рассматриваемых объектов, включающих затраты на их поддержание в безопасном остановленном состоянии и приведение в конечное состояние, связанные с этой деятельностью риски, а также потери (упущенная выгода) от неиспользования территории размещения объектов до момента снятия ограничений [105]. При этом количество учитываемых внутриотраслевых рисков и внешних финансовых и политических факторов может быть достаточно велико.

Анализ международного опыта вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия и очистки площадок их размещения свидетельствует о том, что регуляторы и операторы минимизируют риски, выстраивая четкую схему по исследованию и анализу площадок, внесению их в специальный реестр и последующему обращению с объектами. В США, как отмечено в Главе 1, в отличие от России, уже сложилась утвержденная в том числе и на законодательном уровне четкая система, в соответствии с которой на основании результатов базовой оценки

рисков, технико-экономического обоснования и имеющихся планов по дальнейшему использованию площадки может быть сформирован перечень наиболее целесообразных и экономически эффективных мероприятий для включения в программу проведения работ по реабилитации площадки размещения объекта. Рассматриваемые варианты приведения объекта и территории в безопасное конечное состояние должны учитывать тот характер деятельности, который в будущем планируется осуществлять на данной территории в соответствии с наиболее целесообразной категорией землепользования, утвержденной для данной площадки.

Для решения задачи приоритизации объектов для приведения в конечное состояние рассмотрим критерии определения оптимального конечного состояния объекта, параметры и производные факторы которого во многом определяют стоимость и сроки проведения соответствующих работ.

Конкретные варианты конечного состояния, как правило, применимы к определенным типам объектов и определяются их радиационными и техническими характеристиками. При этом в процессе выбора и обоснования оптимальной стратегии приведения в конечное состояние следует принимать во внимание особенности ее реализации и достигаемого результата на основе технико-экономического исследования с учетом законодательных, инженерно-технических, социально-экономических и прочих факторов [106].

Требование о рассмотрении возможных вариантов предполагаемых конечных состояний объекта содержатся в рекомендациях МАГАТЭ [52] и ряде российских нормативных правовых актов [53]. Особенности стратегий приведения объектов использования атомной энергии в конечное состояние и характерные для них типы объектов представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Особенности стратегий приведения в конечное состояние и характерные им типы объектов

Стратегия приведения в конечное состояние	Особенности стратегии	Характерные (базовые) типы объектов
Немедленный демонтаж	<p>Наиболее быстрый вариант приведения объекта и территории в безопасное конечное состояние, характерны повышенные дозовые нагрузки и объемы образования радиоактивных отходов относительно других стратегий.</p> <p>Невозможность одновременного ведения работ на всех объектах требует приоритизации и несения операционных затрат в период от останова объекта до начала работ по его приведению в конечное состояние.</p> <p>Использование территории ограничено до окончания приведения в конечное состояние всех объектов площадки.</p> <p>Территория может быть использована для дальнейшего редевелопмента.</p>	<p>Объекты ядерного топливного цикла, с загрязнениями преимущественно долгоживущие радионуклиды, реакторные блоки,</p> <p>Пункты хранения удаляемых радиоактивных отходов относительно других стратегий.</p>
Отложенный демонтаж	<p>Необходимость несения операционных затрат в период выдержки. Нужно соблюсти баланс между «выигрышем» от распада радионуклидов и затратами на поддержание в безопасном состоянии.</p> <p>В период выдержки сохраняется повышенная потенциальная опасность объекта, необходимость управления рисками.</p> <p>Территория находится под наблюдением в течение нескольких десятилетий (ограничение использования).</p> <p>Территория может быть использована для дальнейшего редевелопмента.</p>	<p>Объекты ядерного топливного цикла, содержащие короткоживущие радионуклиды</p>
Захоронение на месте	<p>Меньший объем и стоимость работ по сравнению с другими стратегиями.</p> <p>Территория представляет определенную потенциальную опасность, находится под наблюдением и регулирующим контролем (ограничение использования) в течение длительного срока потенциальной опасности размещенных на объектах радиационных веществ (100 и более лет).</p>	<p>Особые радиоактивные отходы: промышленные уран-графитовые реакторы, бассейны-хранилища, водоемы-хранилища, хвостохранилища, некоторые пункты хранения твердых радиоактивных отходов</p>

Стратегия приведения в конечное состояние	Особенности стратегии	Характерные (базовые) типы объектов
	Необходимость нести затраты на периодический мониторинг в течение всего периода потенциальной опасности.	

Источник: составлено автором

Основные критерии выбора оптимального конечного состояния объекта, приведенные в таблице 2.2, должны быть основаны на следующих принципах: обеспечение безопасности и защиты населения и окружающей среды, экономическая эффективность и социальная приемлемость. Аналогичные подходы применяются в NDA [107]. Выбор критериев для определения конечного состояния рассматриваемых объектов продиктован, прежде всего, стремлением минимизировать риски. Приоритеты в данной сфере обычно расставлены в следующей последовательности:

- свести к минимуму влияние факторов, представляющих непосредственную опасность для человека и окружающей среды, как на самой площадке, так и за её пределами, минимизировав при этом объем образования вторичных радиоактивных отходов, в том числе свести к минимуму миграцию загрязняющих веществ за пределы площадки;
- реабилитировать источники загрязнения поверхностных и грунтовых вод;
- удалить оставшееся на площадке загрязнение (радиационное, химическое) с учетом целевого использования и установленных критериев реабилитации;
- ликвидировать неиспользуемые здания.

Таблица 2.2 – Критерии определения конечного состояния объекта и площадки

Критерий	Основные факторы, принимаемые во внимание при выборе конечного состояния объекта
Обеспечение защиты здоровья населения и окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> – радиологическое воздействие на человека и окружающую среду; – использование ресурсов; – нерадиологические выбросы/сбросы; – воздействие негативных факторов (увеличение уровня шума, интенсивности дорожного движения, вибрации, изменение категорий землепользования); – потенциальная опасность (техническое состояние систем и оборудования, количество и характеристики радиационных сред)
Безопасность персонала	<ul style="list-style-type: none"> – радиационная безопасность; – нерадиационная безопасность
Затраты и выгоды	<ul style="list-style-type: none"> – затраты на поддержание в безопасном состоянии в период наблюдения и на приведение в конечное состояние; – дополнительные выгоды (будущее использование площадки с учетом затрат на достижение целевого состояния и категории землепользования).
Точность прогнозирования уровня развития технологий	<ul style="list-style-type: none"> – учет неопределенностей (для стратегии «захоронение на месте» и «отложенный демонтаж»)
Стабильный уровень трудовой занятости	<ul style="list-style-type: none"> – привлечение персонала площадки к работам по выводу из эксплуатации; – создание новых рабочих мест за счет будущего использования площадки
Минимизация бремени, возлагаемого на будущие поколения	<ul style="list-style-type: none"> – минимизация сроков проведения работ без ущерба безопасности; – исключение отложенных решений

Источник: составлено автором на основании [11, 52]

Немаловажным фактором при определении конечного состояния объекта и оставшихся после его достижения ограничений является социально-экономический потенциал территории размещения объекта, определяющий планы ее использования после полного завершения вывода из эксплуатации. Одно конечное состояние объекта может иметь много вариантов целевого использования территории его размещения, аналогичным образом многие варианты конечных состояний объекта могут иметь одно и то же целевое использование территории.

Выбор целевого использования площадки (например, жилая застройка, промышленные или социокультурные объекты), принципиально влияет на критерии достижения конечного состояния (в частности, критерии реабилитации территории) и, соответственно, затраты на приведение объектов в конечное состояние. Поэтому хорошей практикой в этой деятельности считается максимально полный учет варианта или вариантов будущего использования территории.

При выборе *оптимального целевого состояния* территории целесообразно руководствоваться следующими критериями:

- местоположение территории размещения объекта: в черте (в жилой или промышленной зоне) или за чертой населенного пункта;
- площадь рассматриваемого объекта/территории, наличие и состояние коммуникаций;
- статус площадки после окончания вывода из эксплуатации по наличию ограничений на использование (зеленая или коричневая лужайка);
- наличие ограничений на снос зданий (например, объекты культурного (памятники истории и культуры) наследия народов Российской Федерации).

В целом, с учетом формирующейся политики и практики бережливого потребления, рационального природопользования и целей устойчивого развития, наиболее предпочтительным является вариант конечного состояния площадки, который позволит использовать её повторно (за исключением обоснованных ситуаций захоронения на месте). Этот подход находит широкую поддержку среди местного населения, поскольку он способствует улучшению экологической обстановки и созданию новых рабочих мест.

При рассмотрении финансовых показателей рассматриваемых вариантов конечного состояния и сроков его достижения следует принимать во внимание также значения и взаимосвязи между рисками и совокупными затратами, включая затраты на стабильное функционирование инфраструктуры, обеспечивающей безопасность остановленных объектов ядерного наследия. Большие затраты на мероприятия по снижению рисков обеспечивают достижение лучшего

соответствующего результата. Операционные затраты на поддержание некоторых наиболее сложных и опасных объектов в безопасном состоянии составляют значительные суммы. Например, в Окридже (США) на оплату коммунальных услуг, охрану, пожарную безопасность, техническое обслуживание ежегодно уходит около 60 млн долл. В России на поддержание в безопасном состоянии всех остановленных объектов ежегодно тратится несколько миллиардов рублей [108]. По мере увеличения количества остановленных объектов эта сумма будет неуклонно расти. Перенаправление части этих средств в будущих периодах на финансирование работ по снижению рисков (в частности, приведение в конечное состояние) за счет приоритетной ликвидации неиспользуемых зданий, установок и сооружений, на поддержание которых эти средства расходуются, может принести определенный эффект.

Одним из наиболее заметных примеров практического применения анализа заключительной стадии жизненного цикла в атомной отрасли является обоснование отнесения определенных радиоактивных отходов к «особым». Это деление позволило определить пункты хранения, для которых более целесообразным с точки зрения экономики и экологии (и не менее безопасным) является захоронение отходов на месте их текущего размещения, чем их удаление. Такой подход в России привел к тому, что удалось обосновать «особый» статус свыше 99,9% всех накопленных жидких радиоактивных отходов и более 82% (по объему) твердых радиоактивных отходов. Это подчеркивает важность комплексного подхода к безопасному и эффективному управлению обращением с радиоактивными отходами, что, в свою очередь, способствует оптимизации процессов хранения и переработки и захоронения, минимизируя совокупные издержки. [56, 109]. В статье [110] как пример показан экономический эффект от признания 70 пунктов хранения радиоактивных отходов с текущим статусом «решение отложено» пунктами хранения особых радиоактивных отходов, который достигает более 130 млрд руб. В первую очередь, это касается тех пунктов хранения, которые по формальным признакам оказались в черте населенных пунктов на их окраинах. Для окончательного принятия решения по таким пунктам

хранения необходимо внести изменения в ряд нормативных правовых актов, в частности для обеспечения возможности переоформления категорий земельных участков расположения объектов, либо изменения границ соответствующих населенных пунктов (выделения территорий).

Приведённый перечень критериев для выбора оптимального конечного состояния объектов является достаточно широким. В зависимости от внешних условий, эти факторы могут иметь разную степень важности, причем на практике часто доминируют политические и социально-экономические аспекты. [111].

Система критериев, описанная выше, позволяет обеспечить комплексное рассмотрение достоинств и недостатков различных вариантов конечного состояния объектов с обоснованием наиболее оптимального. Высокая стоимость и продолжительность проектов по приведению в безопасное состояние, а также инфраструктурные, ресурсные и технологические ограничения не позволяют проводить такие работы одновременно на всех объектах ядерного наследия. В связи с этим возникает первостепенная задача приоритизации (формирования очередности) объектов для приведения в конечное состояние по дополнительному набору критериев.

Критерии очередности объектов и площадок для приведения в конечное состояние.

В процессе разработки комплексных долгосрочных стратегий по выводу из эксплуатации всех объектов ядерного наследия, важно определить их приоритетность, основываясь на следующих принципах, представленных в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Критерии очередности объектов и площадок для приведения в конечное состояние

Критерий	Характеристики
Значение и прогноз изменения комплексного показателя опасности объекта [42, 86]	Количественная величина, учитывающая: – активность радиоактивных материалов и веществ; – способности материалов, содержащих радионуклиды, к распространению в окружающей среде;

Критерий	Характеристики
	<ul style="list-style-type: none"> – интенсивность (частота) необходимого контроля состояния материалов или объекта; – уровень неопределенности свойств радиоактивных и иных материалов и веществ; – состояние барьеров безопасности. <p>Увеличение показателя, в том числе, за счет ухудшения состояния барьеров безопасности.</p> <p>Уменьшение показателя за счет выполнения отдельных работ по повышению безопасности объекта (удаление радиоактивных сред, восстановление и сооружение барьеров безопасности)</p>
Значение показателя социально-экономической эффективности [112]	Количественный показатель, характеризующий величину предотвращенной годовой коллективной эффективной дозы облучения населения в районе размещения объекта, которая могла бы возникнуть при кратковременном выбросе в атмосферу содержащихся в остановленном объекте радионуклидов в пересчете на стоимость приведения этого объекта в экологически безопасное конечное состояние
Стоимость и прогноз изменения размера годовой стоимости поддержания в безопасном состоянии объектов и площадки в целом	Увеличение за счет старения инженерных систем. Снижение за счет ликвидации неиспользуемых объектов инфраструктуры, снижения степени (категории) опасности объекта
Социально-экономический потенциал и востребованность площадки	Наличие интереса к площадке со стороны инвесторов, что может позволить привлечь дополнительные внебюджетные средства, которые, в свою очередь, могут быть направлены на ликвидацию других (следующих по приоритету) объектов
Наличие необходимой инфраструктуры и ресурсные ограничения	Соотнесение объемов образования радиоактивных отходов от приведения объекта в конечное состояние и доступных мощностей для захоронения. Наличие специализированных подрядчиков в области ликвидации ядерно и радиационно опасных объектов.

Источник: составлено автором на основе [42, 86, 112]

Для эффективного планирования вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия целесообразно использование относительно независимого единого количественного показателя, характеризующего опасность объекта и связанные с ним риски, позволяющего оценивать каждый объект в любой промежуток времени с учетом выполняемых на нем работ и осуществлять долговременное планирование с целью наиболее эффективной минимизации потенциальной опасности объекта

[86]. Например, в настоящее время бывший бассейн-хранилище жидких радиоактивных отходов более опасен, чем промышленный уран-графитовый реактор. Уровень радиоактивности в бассейне значительно превышает уровень в реакторе, а защитные конструкции, хоть и достаточно надежные, не могут сравниться с теми мерами, которые были предусмотрены при консервации реактора. Тем не менее, в течение трехсот лет ситуация претерпит кардинальные изменения. Графитовая кладка сохранит свою опасность, поскольку основную роль в этом играют радионуклиды с длительным периодом полураспада. В то же время, активность бассейна будет снижаться благодаря радиоактивному распаду короткоживущих радионуклидов, которые изначально обуславливали его высокую опасность. Таким образом, со временем баланс радиационных рисков между этими двумя источниками изменится. [41].

Рассмотренный в данном разделе подход может быть применен и при разработке и обосновании оптимальной стратегии приведения в конечное состояние всей совокупности объектов ядерного наследия с критерием минимума суммарных издержек. Очевидно, что в отсутствие ограничений по выделяемым на эти цели ресурсам, оптимальное решение этой задачи представляет собой перечень оптимальных решений по каждому объекту. Однако на практике при её постановке и решении необходимо учитывать ряд дополнительных ограничений, и, прежде всего, выделяемые на эти цели ресурсы по годам рассматриваемого периода планирования. Ресурсы могут выделяться из разных источников финансирования, на каждый год периода планирования или на весь проект целиком – на несколько лет. Возможны и другие варианты ограничений, например, должны учитываться и различия в сроках начала и продолжительности приведения в конечное состояние различных объектов, а также возможности инфраструктуры по обращению с образующимися радиоактивными отходами, включая их захоронение.

2.2 Структура издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия

В этом параграфе рассмотрена структура издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия, в составе которых в общем случае учитываются:

- издержки поддержания объекта в безопасном остановленном состоянии: связанные с этим процессом затраты и риски;
- издержки приведения объекта в конечное состояние: связанные с этим процессом затраты и риски;
- потери (упущенная выгода) от неиспользования территорий до момента завершения ликвидации объектов и снятия соответствующих ограничений с территорий их размещения [105].

При этом каждый из элементов издержек также может быть представлен совокупностью более детальных составляющих, имеющих достаточно специфическое содержание, зависящее от типа и особенностей конкретного объекта и возможных стратегий его приведения в конечное состояние. Общая структура издержек вывода из эксплуатации представлена на рисунке 2.1.

Затраты на поддержание в безопасном состоянии и приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия.

Как отмечалось в Главе 1, совокупные затраты на обеспечение заключительной стадии жизненного цикла конкретного объекта включают затраты на его поддержание в безопасном состоянии с момента останова до начала работ по приведению в конечное состояние и затраты непосредственно на приведение объекта в конечное состояние, включая затраты на управление рисками этих процессов.

Размер затрат, связанных с обеспечением безопасного состояния остановленных объектов во многом зависят от требований безопасности часто

сопоставимы с расходами на его полноценное функционирование, поскольку согласно требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, «объект, остановленный для вывода из эксплуатации, считается находящимся в эксплуатации до момента удаления из его систем (элементов) ядерных материалов, а на этот период к нему сохраняются все требования как к эксплуатируемому объекту» [113].

Эти затраты могут быть снижены при сокращении объема технического обслуживания и сокращения числа работников, что достигается только путем понижения категории и опасности объекта за счет удаления радиоактивных материалов и сред и, следовательно, снижения (но не полного исключения) некоторых требований к периодичности мониторинга, функционированию поддерживающей инфраструктуры [110].

При выделении затрат на поддержание в безопасном состоянии отдельных объектов в контуре одной промышленной площадки из общих затрат предлагается все затраты разделить на две группы: прямые и косвенные. К прямым относятся затраты, которые, непосредственно связаны с остановленным объектом. В состав таких затрат, как правило, входят техническое обслуживание и ремонты зданий, сооружений и оборудования, радиационный контроль и мониторинг, природоохранные мероприятия, физическая защита объекта, транспортные услуги, охрана труда, коммунальные услуги, тепло-, электро-, водоснабжение, аренда и амортизация основных средств, налог на имущество и прочие прямые затраты.

К косвенным относятся затраты, возникновение которых не имеет непосредственной связи с каким-либо объектом движимого или недвижимого имущества (созданием, наличием, использованием, деятельностью или бездеятельностью, выбытием объекта учета), но, тем не менее, их реализация объективно необходима для поддержания надлежащего уровня безопасности объекта.

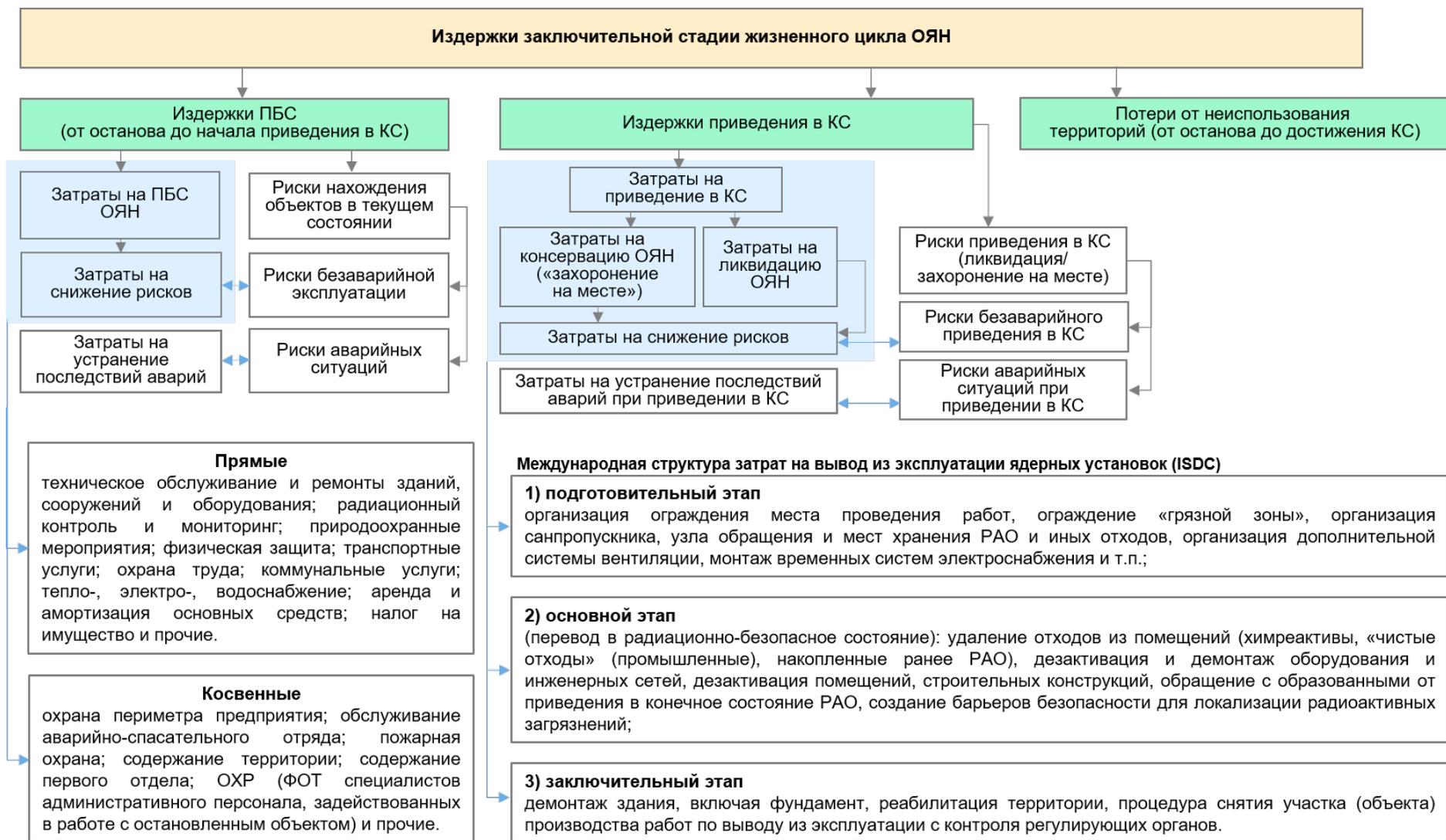


Рисунок 2.1 – Структура издержек вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия

Источник: составлено автором

В состав косвенных затрат входят, например, охрана периметра предприятия, обслуживание аварийно-спасательного отряда, пожарная охрана, содержание территории предприятия, содержание первого отдела, содержание отдела по мобилизационной работе гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям, общехозяйственные расходы (фонд оплаты труда специалистов административного персонала, задействованных в работе с данным объектом) и прочие косвенные затраты [105].

Предполагается, что индивидуально для каждого типа (категории) объекта устанавливается необходимость нести те или иные виды затрат в соответствии с требованиями норм и правил в области обеспечения безопасности, которые определяются в том числе техническими характеристиками, проектным назначением и радиационными рисками объекта. Например, для хвостохранилищ, бассейнов, водоемов-хранилищ и пунктов хранения радиоактивных отходов траншейного типа необходимыми являются затраты по обслуживанию и радиационному контролю объекта, периодичность которых обосновывается с учетом степени опасности объекта (рисков) и состояния инженерных барьеров безопасности и иных поддерживающих систем, однако, очевидно, что затраты по отоплению этих типов объектов будут нулевыми. Аналогичная ситуация с некоторыми объектами (зданиями, имеющими радиационное загрязнение), которые после перехода в режим окончательного останова находятся в состоянии «холодной консервации», т.е. с отключенными коммуникациями без постоянного отопления и поддержания температурного режима. Решение о таком режиме является, как правило, вынужденным и обусловлено недостаточностью финансовых средств у эксплуатирующей организации для обслуживания «старого» объекта, не приносящего коммерческой выручки. Однако подобная «экономия» на обслуживании объекта в течение нескольких лет и десятилетий может обернуться необходимостью срочной ликвидации объекта ввиду ускоренного старения его строительных конструкций и перехода в аварийное состояние в таком режиме (например, здания 802 и 804 АО «АЭХК» [114]).

Определенная зависимость прослеживается между категорией опасности объекта (радиационными рисками) и периодичностью процедур радиационного контроля и мониторинга, уровнем системы физической защиты и специальных условий охраны объекта, регламентированных нормативными документами. От степени опасности объекта (радиационных рисков) также может зависеть:

- периодическое техническое обслуживание и ремонты (как правило, это относится к оборудованию и обеспечивающим безопасность системам, и чем опаснее объект, тем выше требования по наличию специальной инфраструктуры, в том числе вентиляций, канализаций, а также систем видеонаблюдения, информирования, оповещения и прочих контрольно-измерительных приборов);
- потребление энергоресурсов (помещениях с наибольшим радиационным загрязнением необходимо постоянно поддерживать воздухообмен со специальными системами газоочистки; наиболее опасные объекты поддерживают в тепле во избежание разрушения строительных конструкций, а также в целях обеспечения комфортных условий труда для персонала, постоянно обслуживающего остановленные объекты).

Зарплата персонала, осуществляющего работы по поддержанию в безопасном остановленном состоянии объектов (дозиметристы, техники, ремонтники, инженеры и прочие), зависит как от объема, так и от класса выполняемых работ. В соответствии с требованиями ОСПОРБ-99/2010 и МУ 2.6.1.044-08 все работы использованием открытых источников излучения разделяются на три класса, определяемым в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте. Трудовым кодексом установлен дифференцированный подход к определению вида и объема гарантий и компенсаций, предоставляемых работникам в зависимости от класса (подкласса) условий труда на рабочих местах.

Что касается структуры затрат на приведение объекта в безопасное конечное состояние, то целесообразно руководствоваться разработанной под эгидой Агентства по атомной энергии ОЭСР на основе систематизации опыта различных стран Международной структурой затрат на вывод из эксплуатации ядерных

установок (ISDC) [115]. Стоимость и продолжительность этих мероприятий для конкретного объекта определяется установленным и обоснованным для него конечным состоянием и стратегией его достижения (с учетом специфики общепринятых вариантов конечного состояния и критериев его определения, рассмотренных в параграфах 1.2 и 2.1 – «немедленный демонтаж», «отложенный демонтаж» и «захоронение на месте») и складывается из работ в рамках следующих трех укрупненных этапов:

1) подготовительный этап, в рамках которого осуществляется организация ограждения места проведения работ и «грязной зоны», организация санпропускника, узла обращения и мест хранения радиоактивных и иных отходов, организация дополнительной системы вентиляции, монтаж временных систем электроснабжения и т.п.;

2) основной этап (перевод в радиационно-безопасное состояние) – наиболее трудо-, доза- и финансово- затратные работы, направленные на удаление отходов из помещений, дезактивацию и демонтаж оборудования и инженерных сетей, дезактивацию помещений, строительных конструкций, обращение с образованными от приведения в конечное состояние отходов, включая радиоактивные;

3) заключительный этап, включающий демонтаж здания и фундамента, реабилитацию территории, процедуру снятия участка или объекта с контроля регулирующих органов.

Далее рассмотрим существенные отличия параметров возможных стратегий достижения конечного состояния с учетом типа объекта.

Основные мероприятия и работы, определяющие затраты, связанные с вариантом «захоронение на месте», характерного для пунктов хранения особых радиоактивных отходов, и их длительность представлены в таблице 2.4. Для таких объектов и варианта конечного состояния основным этапом является «консервация». С учетом технологических особенностей объектов и технологий их консервации целесообразно рассматривать отдельно масштабные пункты хранения (промышленные водоемы-хранилища, хвосто- и пульпа- хранилища, емкости-

хранилища жидких или твердых радиоактивных отходов) и более технически сложные объекты – промышленные реакторы и, прежде всего, промышленные уран-графитовые реакторы (ПУГР), представляющие собой массивное технологически сложное здание строительным объемом около 150 тыс. куб. м, имеющее наземную и подземную части. В СССР и России на трех производственных площадках эксплуатировалось 13 реакторных установок подобного типа. ПУГР АО «ОДЦ УГР» (г. Северск, Томская обл.) и ПУГР ФГУП «ГХК» (г. Железногорск, Красноярский край) отнесены в результате первичной регистрации радиоактивных отходов к пунктам размещения особых радиоактивных отходов, а по ПУГР ФГУП «ПО «МАЯК» (г. Озерск, Челябинская обл.) решение отложено.

Таблица 2.4 – Состав и длительность основных этапов приведения в конечное состояние пунктов хранения особых радиоактивных отходов (в разрезе укрупненных типов объектов) по варианту «захоронение на месте»

№	Этап в рамках приведения в конечное состояние	Промышленные уран-графитовые реакторы	Прочие пункты хранения особых радиоактивных отходов
1.	Подготовка консервации	проведение комплексного инженерно-радиационного обследования; разработка регламентирующей документации (концепция, программа, проект вывода из эксплуатации, отчет по обоснованию безопасности и пр.); создание необходимой инфраструктуры.	
		перевод в ядерно-безопасное состояние (удаление ядерного топлива и иных ядерных материалов)	
	Длительность этапа, лет	2 года до останова, 3 года после останова	2-6
2.	Консервация пункта хранения радиоактивных отходов	1. удаление и переработка радиоактивных сред и эксплуатационных радиоактивных отходов; частичная дезактивация оборудования и строительных конструкций;	создание специальных барьеров безопасности (для водоемов – засыпка открытой акватории специальными материалами, препятствующими распространению

№	Этап в рамках приведения в конечное состояние	Промышленные уран-графитовые реакторы	Прочие пункты хранения особых радиоактивных отходов
		демонтаж и удаление чистого и слабозагрязненного оборудования и систем 2. полный демонтаж оставшегося загрязненного оборудования и его дезактивация; дезактивация и демонтаж строительных надземных конструкций; создание защитных барьеров вокруг ректора и приреакторных хранилищ;	радионуклидов с сооружением многослойных экранов на поверхности для исключения попадания осадков).
		создание систем контроля; реабилитация территорий, обращение с образованными при работах радиоактивных отходов	
	Длительность этапа, лет	6 – 8	1-5
3.	Эксплуатация пункта консервации особых радиоактивных отходов	мониторинг миграции радионуклидов, состояния барьеров безопасности; поддержание характеристик барьеров безопасности, реконструкция при необходимости (до 3 раз).	
	Длительность этапа, лет	Зависит от характеристик барьеров безопасности и периода потенциальной опасности радиоактивных отходов	
4.	Перевод в пункт захоронения особых радиоактивных отходов	дополнительное обследование и оценки безопасности; разработка необходимой технической регламентированной документации	
	Длительность этапа, лет	1-3	1-3
5.	Проведение радиационного контроля	дополнительное обследование и оценки безопасности; разработка необходимой технической регламентированной документации	
	Длительность этапа, лет	До 50	До 50

Источник: составлено автором на основе [56, 116]

Стоимость реализованного в России проекта консервации промышленного уран-графитового реактора ЭИ-2 АО «ОДЦ УГР» в 2012-2015 годах в составе специального мероприятия ФЦП ЯРБ, завершившегося консервацией подземной части реактора (в рамках этапа 2 таблицы 2.4), составила более 2 млрд руб. [117].

В 2023 году завершены работы по консервации еще двух аналогичных реакторов на ФГУП «ГХК», общая стоимость которых составила около 10 млрд руб.

Стоимости некоторых реализованных проектов по консервации бассейнов и водоемов-хранилищ радиоактивных отходов, отнесенных к особым (этапы 1-2 таблицы 2.4), приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Стоимость проектов по консервации открытых водоемов-хранилищ радиоактивных отходов («особые» радиоактивные отходы)

Объект, организация	Период выполнения работ	Размер объекта	Стоимость, млн руб.	Удельная стоимость, млн руб./ куб. м
В-9 ФГУП «ПО «МАЯК»	1973-2015 (с разной интенсивностью в зависимости от финансирования)	400 тыс. куб. м	Более 1100	2,8
Б-1 АО «СХК»	2016-2020	150 тыс. куб. м	Более 300	2,2
Б-2 АО «СХК»	2008-2012	135 тыс. куб. м	около 500	3,7
Б-25 АО «СХК»	2016-2020	130 тыс. куб. м	Около 700	5,3

Источник: составлено автором на основе государственных контрактов в рамках ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2

Стоимость проведения радиационного контроля (этапы 3 и 5 таблицы 2.4) оценивается в 0,12% от стоимости консервации (этап 2 таблицы 2.4) в год. Также в период эксплуатации пункта консервации (этап 3 таблицы 2.4) до 3 раз могут быть выполнены работы по реконструкции инженерных барьеров безопасности, стоимость которых составляет 30% от стоимости консервации (этап 2 таблицы 2.4). Стоимость перевода объекта в пункт захоронения радиоактивных отходов (этап 4 таблицы 2.4) составляет порядка 40% от стоимости консервации (этап 2 таблицы 2.4) [60].

Основные мероприятия и работы, определяющие затраты по приведению в объектов в конечное состояние для стратегии «ликвидация» по варианту

«отложенный демонтаж» (некоторые блоки АЭС, исследовательские реакторы) или «немедленный демонтаж» (прочие объекты) схожи технологически, но различны во времени для разных типов объектов (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Состав и длительность основных этапов приведения в конечное состояния объектов для вариантов «немедленный» и «отложенный демонтаж» для разных типов объектов

Этап приведения в конечное состояние	отложенный демонтаж		немедленный демонтаж		
	РБ ¹⁾	ИР ²⁾	РБ	ИР	Прочие ОЯН
1. Подготовительные мероприятия (до и после останова)	проведение комплексного инженерно-радиационного обследования;				
	разработка регламентирующей документации (концепция, программа, проект и пр.) перевод в ядерно-безопасное состояние (для ядерно опасных объектов, например, удаление отработавшего ядерного топлива из активной зоны или иных ядерных материалов).				
	создание необходимой инфраструктуры для сохранения под наблюдением		-		
Длительность этапа 1, лет	7-12	3	7-12	1-3	5
2. Подготовка к сохранению под наблюдением/ликвидации	удаление и переработка радиоактивных сред и накопленных радиоактивных отходов;				
	частичная дезактивация оборудования и строительных конструкций; демонтаж и удаление чистого и слабозагрязненного оборудования и систем.				
	консервация оборудования, систем и строительных конструкций;		-		
	поддержание работоспособности систем радиационного контроля, и других обеспечивающих безопасность систем				
Длительность этапа 2, лет	5	5	5-8	До 5	До 5
3. Сохранение под наблюдением	эксплуатация зданий, сооружений и оборудования, обеспечивающих режим		-		

¹⁾ Реакторный блок

²⁾ Исследовательский реактор

Этап приведения в конечное состояние	отложенный демонтаж		немедленный демонтаж		
	РБ ¹⁾	ИР ²⁾	РБ	ИР	Прочие ОЯН
	безопасного сохранения под наблюдением; радиационный контроль и мониторинг; подготовка нормативно-технической документации, оборудования и инфраструктуры для демонтажа				
Длительность этапа 3, лет	30	30	-	-	-
4. Ликвидация	полный демонтаж оставшегося загрязненного оборудования и его дезактивация; дезактивация и демонтаж строительных конструкций; сортировка, переработка образовавшихся радиоактивных отходов, подготовка и передача на захоронение; рекультивация освободившейся территории промплощадки				
Длительность этапа 4, лет	5-20	5	5-20	До 10	5 и более
Общая продолжительность приведения в конечное состояние, лет	47-67	45	17-40	До 20	8 и более

Источник: составлено автором на основе [24, 56, 60, 115]

К категории «прочие ОЯН» (Таблица 2.6) также относятся пункты хранения радиоактивных отходов, подлежащих удалению. До начала работ по приведению таких объектов в конечное состояние находящиеся в них радиоактивные отходы подлежат извлечению и переработке, стоимость которых, а также тип используемых контейнеров зависят от характеристик отходов.

Стоимость обращения с радиоактивными отходами при удалении их из пункта хранения (этап 2 таблицы 2.6), а также после образования в процессе дезактивации и ликвидации (этапы 2 и 4 таблицы 2.6) складывается из стоимостей отдельных последовательных операций:

- 1) извлечение;
- 2) переработка для приведения в состояние, пригодное для захоронения;
- 3) контейнеризация;
- 4) транспортировка;

- 5) временное хранение;
- 6) передача на захоронение.

Как уже отмечалось, существует оптимальный диапазон времени для старта работ по приведению объекта в конечное состояние (этап 4 таблицы 2.6), определяющийся, с одной стороны, интенсивностью радиоактивного распада, а с другой, деградацией конструкций и инженерных систем безопасности. Первый фактор влияет на объем и радиационные характеристики образующихся от вывода из эксплуатации радиоактивных отходов (что в большинстве проектов формирует значительную, 50% и более, часть затрат) и дозовые нагрузки на персонал, выполняющий соответствующие работы. С другой стороны, проницаемость инженерных барьеров безопасности, будучи изначально достаточно низкой, возрастает с течением времени с увеличивающейся скоростью [104]. Это требует периодических мер, иногда капитального характера, для поддержания изолирующей способности барьеров. Также решение о ликвидации объекта после выдержки может быть принято в связи с отсутствием достаточного опыта и финансовых ресурсов на реализацию всего комплекса работ.

Все работы по поддержанию в безопасном остановленном состоянии и приведению в конечное состояние объектов выполняются в строгом соответствии с проектной и рабочей документацией, которая подлежит экспертизе органами регулирования (Ростехнадзор), в рамках которой (в составе отчета по обоснованию безопасности деятельности в области использования атомной энергии) особое внимание уделяется потенциально опасным работам и рискам для персонала, населения и окружающей среды (подробнее о структуре рисков – в параграфе 2.2). В проектной документации в обязательном порядке должны быть представлены технические меры, направленные на обеспечение радиационной безопасности, а также меры по контролю за радиационным воздействием и снижением радиационных рисков.

Затраты, связанные с управлением рисками для персонала, населения и окружающей среды, для варианта «ликвидация» и «консервация/захоронение на

месте» для безаварийного и аварийного сценариев в целом совпадают по своему содержанию, хотя и имеют некоторые различия и особенности (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Затраты на снижение рисков безаварийной эксплуатации / приведения в конечное состояние и при возникновении аварийной ситуации для различных состояний объекта

Направление затрат	Поддержание в безопасном состоянии/ сохранение под наблюдением	Ликвидация	Консервация/ захоронение на месте
Затраты на снижение радиационных рисков	– развитие сети радиационного контроля и мониторинга радиационной обстановки, систем оповещения; – поддержание средств оперативной готовности.		
	поддержание существующей системы инженерных барьеров безопасности в работоспособном состоянии	– создание специальных барьерных систем, препятствующих выходу радиоактивности за пределы площадки проведения работ; – применение эффективных технологий дезактивации, пылеподавления и т.д.	– создание специальных барьерных систем, препятствующих выходу радиоактивности за пределы площадки проведения работ; – развитие сети и проведение периодического контроля состояния сооруженных барьеров безопасности с периодическим их обслуживанием
Затраты на устранение последствий аварий	– восстановление целостности барьеров безопасности; – меры по оперативной дезактивации и реабилитации территорий; – медицинское обеспечение персонала и населения специальными лекарственными препаратами; – временная или постоянная эвакуация населения или обеспечение укрытия населения (на основании прогноза развития ситуации); – денежные компенсации за утрату собственности и доходов; – потери экономики вследствие выбытия земель или производств из хозяйственного оборота и/или сокращения (продолжительности жизни) трудоспособного населения вследствие переоблучения.		

Источник: составлено автором на основе [66, 60]

Относительно затрат на устранение последствий аварий с радиационным фактором стоит отметить, что на практике в большинстве случаев защитные меры предпринимались в существенно большем объеме, чем требовалось с позиций обеспечения радиационной защиты. Это связано со спецификой восприятия радиационных рисков обществом, что также должно быть принято во внимание при анализе рассматриваемой проблемы вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия [118]. Три крупные радиационные аварии, случившиеся в СССР (загрязнение реки Теча вследствие деятельности ПО «МАЯК», авария 1957 года на ПО «Маяк» и авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году), обусловили негативные изменения в экономике и социальной жизни наиболее загрязненных территорий и потребовали отселение части жителей и прекращение всех видов природопользования (прежде всего, аграрного сектора). Во всех случаях экономические потери, вызванные изъятием земель из оборота, сопровождались затратами государственных программ по радиационной реабилитации и преодолению последствий радиационных аварий. Кроме того, значительные расходы, которые продолжаются до настоящего времени, связаны с реализацией законов Российской Федерации от 15.05.1991 № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» и от 26.11.1998 № 175-ФЗ «О социальной защите граждан Российской Федерации, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии в 1957 году на производственном объединении «Маяк» и сбросов радиоактивных отходов в реку Теча». При этом с радиологической точки зрения практическое применение мер социальной защиты в значительных объемах (а это около 3 млн человек только в Российской Федерации) не оправдано [57].

Риски поддержания в безопасном состоянии и приведения в конечное состояние объектов ядерного наследия.

Анализ риска в области радиационной безопасности можно условно разбить на два основных аспекта: первый из них связан с технологическим подходом, представляющим собой вероятностную оценку безопасности эксплуатации объектов, а второй аспект – радиологический – чаще всего включает в себя

сравнение рассчитанных показателей индивидуального пожизненного риска с установленными нормативными значениями. При этом регулирующие органы и эксплуатирующие организации используют разнообразные методы для оценки потенциальной опасности и риска, причем выбор подхода во многом зависит от специфики поставленных задач и актуальных требований [86, 119].

В общем случае риски, связанные с завершающей стадией жизненного цикла объектов ядерного наследия, а также сопутствующие затраты, во многом зависят от типа конкретного объекта и выбираемого варианта его окончательного состояния. Эти риски определяются, главным образом, рисками потенциального облучения персонала и населения и загрязнения окружающей среды, обусловленными нахождением объекта в состоянии эксплуатации в режиме окончательного останова либо под наблюдением или деятельностью по приведению его к конечное состояние, в том числе облучения, которое может иметь место после аварий на объекте (аварийное облучение).

В рамках данного исследования издержки процесса вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия рассматривается с учетом этих рисков. Они представлены как сумма рисковых потерь – то есть ухудшения производственных результатов предприятия или территории, на которой располагается данный объект, а также утрат ресурсов и имущества, которые выражаются в стоимостных показателях. Помимо этого, учитываются затраты, направленные на снижение рисков, включая меры по ликвидации последствий возможных аварий. Такой подход предполагает анализ вероятности возникновения различных инцидентов, а также неопределенности множества параметров, таких как время, продолжительность и масштабы воздействия аварий [105, 120, 121, 122]. Величина этих рисков обычно принимается пропорциональной активности радиационных веществ, находящихся на объекте, определяющих уровни нормального и аварийного облучения.

Управление рисками при поддержании в безопасном состоянии и приведении в коечное состояние рассматриваемых объектов направлено на предотвращение (минимизацию) и/или компенсирование рисков, связанных с организационными,

финансово-экономическими, социально-политическими и, прежде всего, техногенными внешними и внутренними факторами, влияющими на нормальную эксплуатацию и приведение в конечное состояние объектов [123, 124]. Обычно радиационные риски оцениваются пропорционально уровню потенциального облучения персонала и населения, а также, в случае аварии на объекте, с учетом ущерба окружающей среде и хозяйственной деятельности, которого нельзя ожидать с абсолютной уверенностью. Вредное влияние радиоактивности на жизнь наиболее точно определяется через эквивалентную дозу облучения в результате выбросов радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферу, получаемую человеком по прямому и непрямому путям воздействия [125]. В этой связи риски радиационных аварий обычно оцениваются как математическое ожидание потерь, определяемое с учетом ожидаемой вероятности аварии, мощности и длительности аварийного облучения. Уровень таких потерь определяется также с учетом затрат на снижение аварийного воздействия на окружающую среду [121].

В основе причин радиационных аварий лежат внешние факторы, воздействующие на объект в результате природных и техногенных чрезвычайных ситуаций вне зависимости от стадии жизненного цикла объекта [86]. К существенным рассматриваемым внешним воздействиям (вне зависимости от выбранного варианта конечного состояния объекта и стадии его ликвидации) стоит отнести следующие риски:

- сейсмическая активность;
- наводнения и/или затопления объекта;
- экстремальные погодные условия (ураган, смерч);
- природные пожары;
- ударная волна;
- падение воздушного судна.

В случае относительно непродолжительных временных отрезков маловероятные внешние события (менее 10^{-4}) могут не приниматься во внимание. В таких условиях ключевыми факторами, определяющими потенциальный риск облучения, становятся технологические сбои и технические неполадки [56].

К базовым рискам техногенных аварий с возможным радиационным фактором стоит отнести:

- нарушение целостности инженерных барьеров безопасности;
- нарушение технологических регламентов (в т.ч. ошибки персонала и нарушение правил охраны труда), транспортные аварии, аварии техники;
- просыпания, разливы радиоактивных сред, нарушения в системах жизнеобеспечения объекта;
- недостаточная проработка проектных решений (вследствие отсутствия достоверных знаний об объекте);
- индустриальный пожар, внутреннее затопление, взрыв накопленных газов;
- возникновение самоподдерживающейся цепной реакции (для пунктов размещения особых радиоактивных отходов).

В случае возникновения чрезвычайной ситуации, связанной с радиационным фактором, необходимо принять меры для защиты населения от облучения. Это может привести к финансовым потерям, нанести ущерб экономике региона и создать дополнительные риски для персонала, привлеченного к ликвидации последствий. Помимо затрат, указанных в таблице 2.7, стоит учитывать, что при эвакуации из-за радиационной аварии в зоне её проведения останавливается сельское хозяйство, производство и торговля. При этом при разработке специальных мер следует применять дифференцированный подход, отвечающий, прежде всего, базовым международно признанным и законодательно закрепленным принципам радиационной защиты – обоснования, оптимизации защиты и использования пределов дозы [59, 126].

Также при оценке рисков при построении комплексных планов вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия необходимо учитывать, что перенос сроков начала работ по приведению объектов в конечное состояние на более поздний период ведет, как правило, к росту издержек, поскольку:

- повышаются риски инцидентов с радиационными последствиями вследствие износа инфраструктуры и стойкости инженерных барьеров безопасности, необходимы дополнительные затраты на снижение этих рисков;
- сохраняется необходимость постоянных операционных затрат на содержание объекта в безопасном остановленном состоянии до начала работ по его приведению в конечное состояние;
- приведение объекта в конечное состояние в более ветхом состоянии требует дополнительных затрат на защитные мероприятия для персонала.

С другой стороны, необходимо принимать во внимание, что риски для одних типов объектов, находящихся в определенном состоянии (например, законсервированные пункты хранения радиоактивных отходов), характеризуются тенденциями к снижению вследствие высокой надежности инженерных барьеров безопасности и радиоактивного распада. Напротив, открытые водоемы-хранилища, емкости-хранилища жидких радиоактивных отходов или иные неликвидированные объекты без должных мер по их консервации, характеризуются повышением радиационных рисков со временем в связи с увеличением вероятности аварийных ситуаций вследствие ухудшения условий эксплуатации. Аналогичные тенденции характерны и для рискоснижающих затрат этих объектов [105].

Потери (упущенная выгода) от неиспользования территории до момента завершения вывода из эксплуатации объекта ядерного наследия и снятия ограничений.

Очевидно, что в течение всего периода нахождения рассматриваемых объектов в режиме окончательного останова и под наблюдением до начала работ по приведению в конечное состояние, непосредственно в период приведения в конечное состояние, а также после его достижения при сохранении некоторых ограничений радиационного фактора (в том числе при создании пункта консервации или захоронения особых радиоактивных отходов), территория расположения объекта не может быть использована для иных видов деятельности. Соответствующие издержки необходимо принимать во внимание при планировании деятельности по всей совокупности рассматриваемых объектов.

Выводимые из эксплуатации объекты и площадки часто снабжены необходимой разветвленной инфраструктурой (электросети, водо-, тепло- газо-снабжение, водоотведение), которая может быть использована в будущем после снятия всех или некоторых ограничений с площадки для ведения иной промышленной деятельности. Кроме того, ряд площадок размещения объектов ядерного наследия расположены на территории или в непосредственной близости к границам крупных населенных пунктов и имеют значимый социально-экономический потенциал для последующего использования.

Запрос в сфере социально-экономического развития страны на повторное современное использование площадок размещения старых производств является актуальным и сформировался благодаря утверждению национальных целей и стратегических задач развития [127, 128, 129], реализации национальных и федеральных проектов «Экология», «Жилье и городская среда», «Формирование комфортной городской среды» и текущему порядку формирования и исполнения федерального бюджета. Однако сложившаяся в настоящий момент в России практика такова, что из порядка 20 площадок, на которых ведутся в настоящее время работы по приведению отдельных объектов в конечное состояние, до 2035 года только 4 площадки будут полностью выведены из эксплуатации со снятием ограничений по радиационному фактору [130]. На остальных площадках продолжают находиться как действующие, так и остановленные объекты. Это делает практически невозможным возврат данных территорий в хозяйственный оборот. Примером реализованных подобных проектов является вывод из эксплуатации корпусов «Б» (2013-2015) и «Ж» (2018-2023) на площадке АО «ВНИИНМ» (г. Москва), с общим объемом финансирования более 2 млрд руб. [131]. Эта территория расположена внутри густонаселенного района на северо-западе Москвы и обладает высоким социально-экономическим потенциалом, однако на этой площадке еще остаются другие действующие объекты использования атомной энергии, на которых ведется активная производственная деятельность, что препятствует полному снятию площадки с регулирующего контроля и ее использованию в хозяйственном (неядерном) обороте.

В качестве масштабного примера в [1] рассмотрено 70 потенциальных площадок, на которых могут в ближайшее время быть развернуты работы по приведению объектов в конечное состояние, и показано, что 33 из них не имеют явных ограничений для возврата в хозяйственный оборот, а 13 площадок являются наиболее перспективными для проектов редевелопмента – размещения там жилой, торгово-коммерческой или производственно-логистической недвижимости либо объектов социально-культурного назначения.

На основании критериев и структуры издержек, описанных в параграфах 2.1-2.2, можно сформулировать критерий ранжирования объектов ядерного наследия, который позволит определить наиболее эффективный порядок их приведения их конечное состояние, как минимум совокупных издержек, связанных с этой деятельностью. Данный критерий может быть использован в качестве инструмента обоснования управленческих решений при планировании вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия, что особенно актуально в условиях ограниченности финансовых ресурсов. Далее рассмотрим методологические подходы к количественной оценке перечисленных составляющих издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия.

2.3 Методологические подходы к оценке составляющих издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия

В общем случае издержки поддержания объекта в остановленном безопасном состоянии или его приведения в конечное состояние определяется суммой соответствующих затрат и рисков, которые обратно пропорциональны затратам (выражения 2.1 и 2.2 соответственно) [105]:

$$I_{\text{ПБС}}(t) = Z_{\text{ПБС}}(t) + R_{\text{ПБС}}(Z_{\text{ПБС}}(t)), \quad (2.1)$$

где $I_{\text{ПБС}}(t)$ – совокупные издержки поддержания объекта ядерного наследия в безопасном состоянии за период времени $[0, t]$, руб.;

$Z_{\text{ПБС}}(t)$ – затраты на поддержание объекта ядерного наследия в остановленном безопасном состоянии (включая затраты на снижение рисков) за период времени $[0, t]$, руб.;

$R_{\text{ПБС}}(Z_{\text{ПБС}}(t))$ – риски поддержания объекта ядерного наследия в безопасном состоянии за период времени $[0, t]$, руб.

Аналогично,

$$I_{\text{КС}}(t) = Z_{\text{КС}}(t) + R_{\text{КС}}(Z_{\text{КС}}(t)), \quad (2.2)$$

где $I_{\text{КС}}(t)$ – совокупные издержки приведения объекта ядерного наследия в конечное состояние при начале этой деятельности в год t , руб.;

$Z_{\text{КС}}(t)$ – затраты на приведение объекта ядерного наследия в конечное состояние (включая затраты на снижение рисков при начале этой деятельности в год t , руб.;

$R_{\text{КС}}(Z_{\text{КС}}(t))$ – риски приведения объекта ядерного наследия в конечное состояние при начале этой деятельности в год t , руб.

Предполагается, что в каждом году $Z_{\text{ПБС}}(t)$ оптимизируются по критерию минимума $I_{\text{ПБС}}(t)$, при этом затраты и риски поддержания объекта в безопасном состоянии находятся в обратной зависимости: с ростом затрат риски, как правило снижаются [120] (рисунок 2.2).

Предположим, что остановленный объект, подлежащий выводу из эксплуатации, характеризуется уровнем опасности R_0 , определяемом, прежде всего, активностью радиоактивных веществ, размещенных внутри объекта и состоянием (износом) инженерных барьеров безопасности. Эти факторы влияют на перечень и сложность мер, которые нужно принять, чтобы поддерживать объект в

безопасном состоянии. На практике уровень опасности распределяется по его структурным элементам, среди которых основными являются загрязненные поверхности (здания, сооружения, оборудование, и т. п.), размещенные радиоактивные отходы и т.д. Однако в целях упрощения дальнейших выкладок на данном этапе будем рассматривать объект как единое целое.

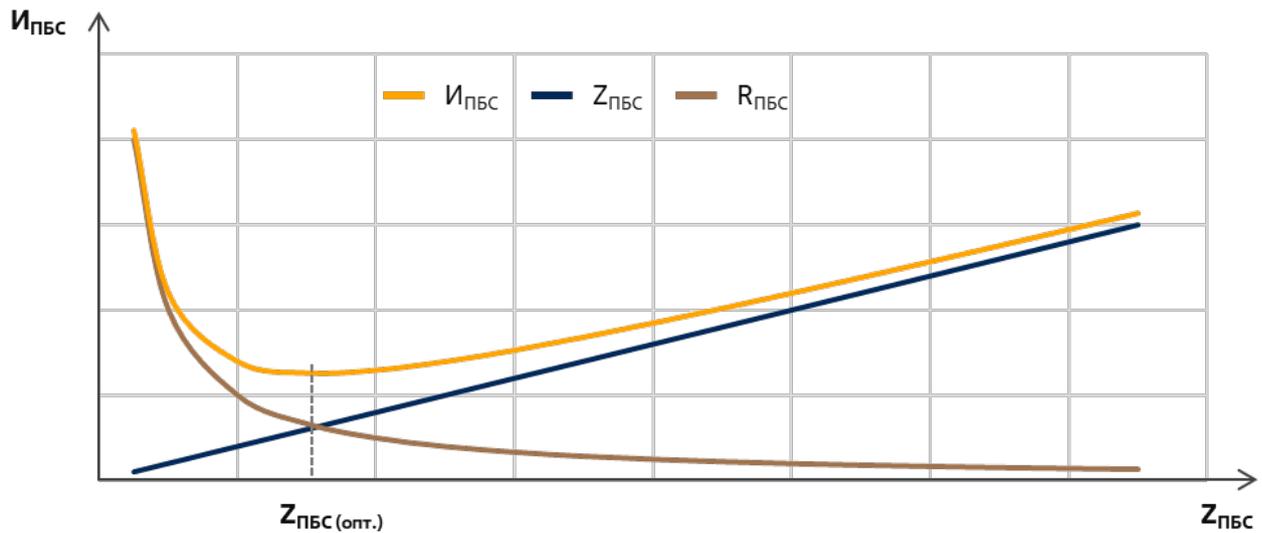


Рисунок 2.2 – Определение оптимальной величины годовых затрат на поддержание остановленного объекта в безопасном состоянии

Источник: составлено автором

Как уже отмечалось, с течением времени опасность объекта R_t (в момент времени t) может уменьшаться вследствие распада «короткоживущих» радиоактивных элементов по экспоненциальной зависимости или увеличиваться из-за необходимости восстановления поддерживающих инженерных систем и барьеров безопасности вследствие их износа (раз в 10-15 лет). Соответственно, совокупные издержки поддержания в безопасном состоянии за период от останова объекта до текущего момента, определяющиеся, прежде всего, уровнем его опасности, со временем растут, однако темп их роста постепенно снижается (рисунок 2.3).

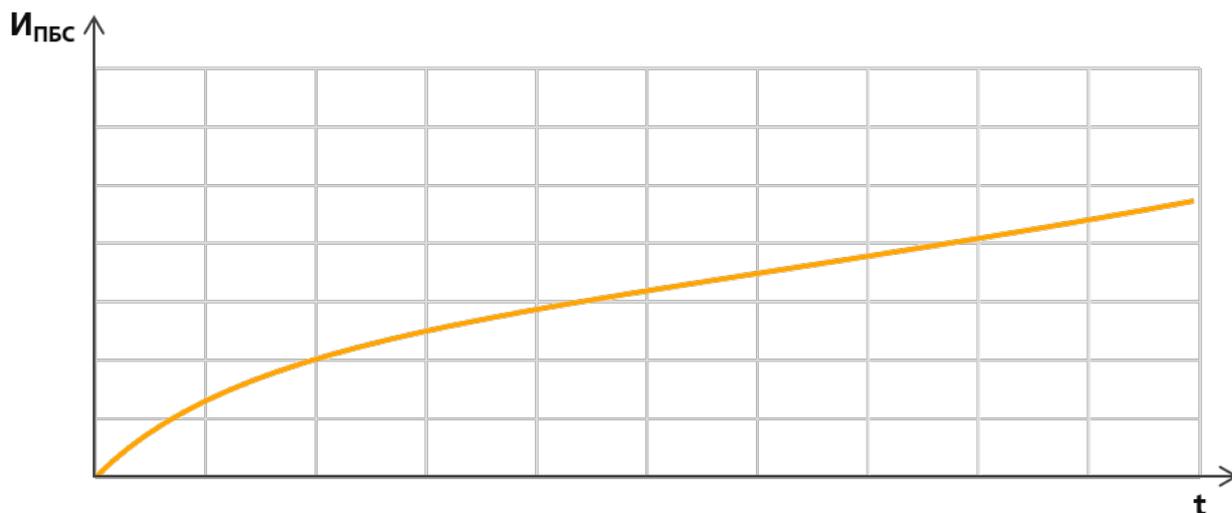


Рисунок 2.3 – Совокупные издержки поддержания в безопасном остановленном состоянии объекта в год t ($t=0$ – год останова объекта)

Источник: составлено автором

Издержки приведения объекта в конечное состояние в общем случае подчиняются аналогичным закономерностям в части соотношения затрат $Z_{КС}(t)$ и рисков $R_{ПБС}(Z_{ПБС}(t))$ (рисунок 2.4), однако рассматриваются не за период, а в зависимости от года старта соответствующих работ. Упрощенно эти издержки можно представить как сумму:

- затрат на демонтаж строительных конструкций (условно не зависящих от уровня опасности объекта);
- затрат на обращение с образующимися радиоактивными отходами (как факторы, вносящие наибольший вклад в стоимость ликвидации объекта), уменьшающиеся со временем по экспоненциальной зависимости, определяемой периодом полураспада основных радионуклидов, включая затраты на снижение рисков;
- уровней оставшихся рисков.

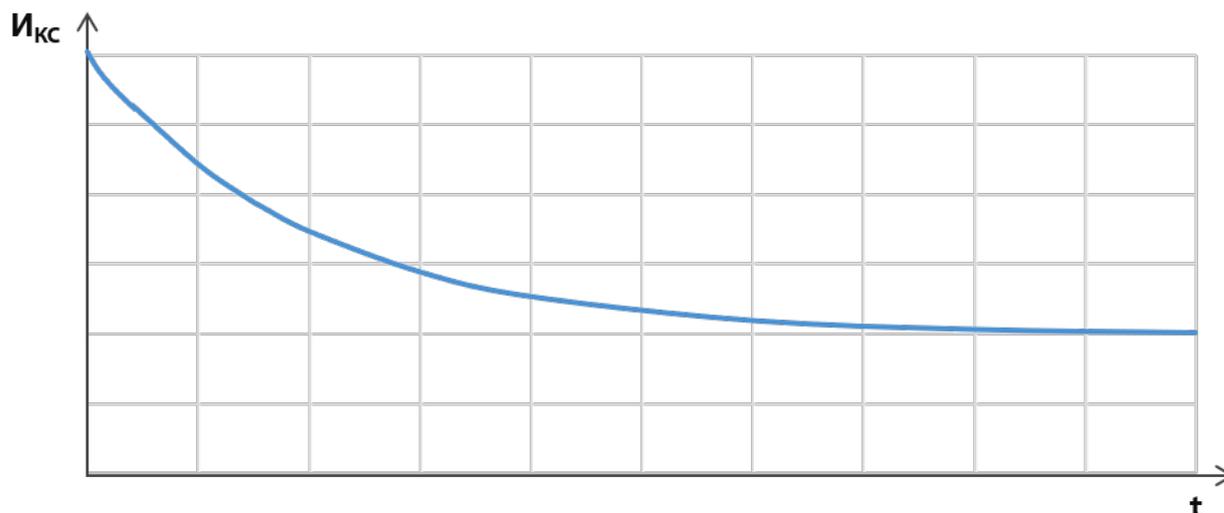


Рисунок 2.4 – Совокупные издержки приведения объекта в конечное состояние при начале работ в год t ($t=0$ – год останова объекта)

Источник: составлено автором

Рассматривая конкретные вехи заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия (t_* – год останова объекта ядерного наследия, $T_{КС}$ – год начала работ по приведению объекта в конечное состояние, T_* – год окончания работ по приведению объекта в конечное состояние, $T_* = T_{КС} + T$, T – продолжительность в годах приведения объекта в конечное состояние) и временные интервалы стадий (поддержание в безопасном состоянии – $[t_*; T_{КС}]$, перевод в конечное состояние – $[T_{КС}; T_*]$ и в целом вывод из эксплуатации – $[t_*; T_*]$), значения совокупных издержек поддержания в безопасном состоянии и приведения в конечное состояние определяются суммой соответствующих значений годовых издержек за рассматриваемый период и описываются выражениями (2.3) и (2.4) соответственно [105].

$$I_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}}) = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} I_{\text{ПБС}}^t, \quad (2.3)$$

где $I_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}})$ – значение совокупных издержек, связанных с поддержанием объекта в безопасном остановленном состоянии за период $[t_*; T_{\text{КС}}]$, руб.;

$i_{\text{ПБС}}^t$ – значение издержек, связанных с поддержанием объекта в безопасном остановленном состоянии в год t (для $t_* \leq t \leq T_{\text{КС}}$), руб.;

$$I_{\text{КС}}(T_{\text{КС}}, T_*) = \sum_{t=T_{\text{КС}}}^{T_*} i_{\text{КС}}^t, \quad (2.4)$$

где $I_{\text{КС}}(T_{\text{КС}}, T_*)$ – значение совокупных издержек, связанных с приведением объекта в конечное состояние при начале этого процесса в год $t = T_{\text{КС}}$ за период $[T_{\text{КС}}; T_*]$, руб.;

$i_{\text{КС}}^t$ – значение издержек, связанных с приведением объекта в конечное состояние в год t (для $T_{\text{КС}} \leq t \leq T_*$), руб.

С реабилитируемой территории размещения рассматриваемых объектов (восстановленной земли или «чистого» объекта имущества, образованного в результате реализации стратегии «перепрофилирование») в дальнейшем может быть получена польза (выраженная в денежном эквиваленте), пропорциональная ее размеру (площади):

$$D^t = d^t \cdot S, \quad (2.5)$$

где S – площадь реабилитируемой территории площадки или общая площадь объекта, кв. м;

D^t – ожидаемый доход в году t , руб.;

d^t – удельный доход, получаемый с единицы площади восстановленной территории в году t , для $t > T$), руб.

Совокупные потери от неиспользования территории за весь период вывода из эксплуатации объекта ядерного наследия можно оценить как недополученный доход с этой территории:

$$P(t_*, T_*) = \sum_{t=t_*}^{T_*} p^t = \sum_{t=t_*}^{T_*} D^t = S \cdot \sum_{t=t_*}^{T_*} d^t, \quad (2.6)$$

где $P(t_*, T_*)$ – совокупные потери от неиспользования территории размещения объекта за период $[t_*; T_*]$, руб.;

p^t – потери от неиспользования территории размещения объекта в год t (для $t_* \leq t \leq T_*$), руб.

Для общих оценок можно предположить, что удельный доход, получаемый с единицы площади восстановленной территории не зависит от года (в среднесрочном интервале планирования), тогда выражение (2.6) приобретает линейный вид (рисунок 2.5).

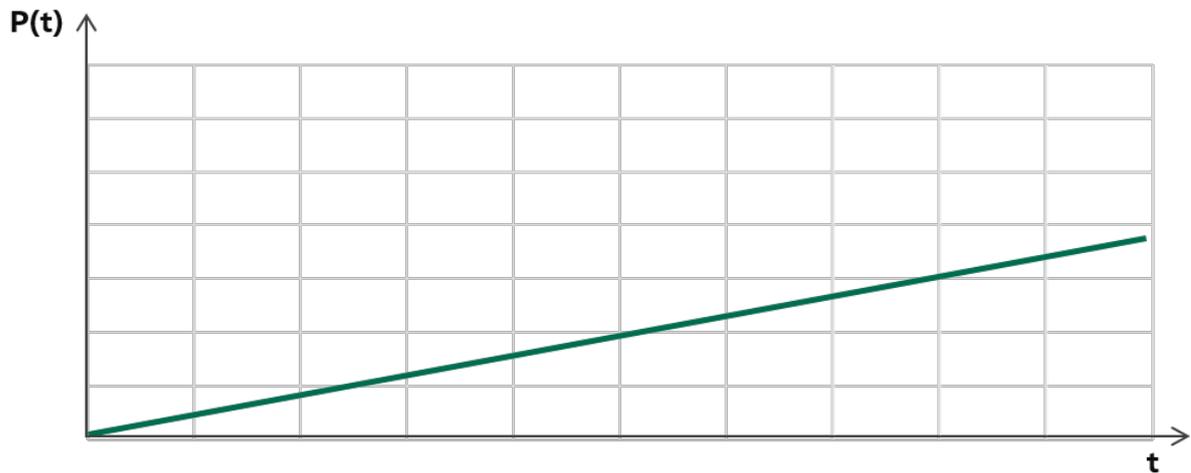


Рисунок 2.5 – График зависимости совокупного недополученного дохода с территории размещения объекта ядерного наследия за период его вывода из эксплуатации

Источник: составлено автором

С учетом сформулированных положений может быть поставлена задача оптимизации для поиска оптимального периода $T_{\text{КС}}$ начала работ по приведению в конечное состояние для конкретного объекта или комплекса объектов с критерием минимума совокупных издержек и с ограничением на уровень долгосрочной безопасности выбранного конечного состояния. Данный критерий определяется следующим выражением:

$$\min_{T_{\text{КС}}} \left\{ \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} i_{\text{ПБС}}^t + \sum_{t=T_{\text{КС}}}^{T_*} i_{\text{КС}}^t + \sum_{t=t_*}^{T_*} p^t \right\} \Rightarrow T_{\text{КС}} = T_{\text{ОПТ}} \quad (2.7)$$

Решение этой задачи проиллюстрировано на графиках временных зависимостей рассмотренных видов издержек, приведенных на рисунке 2.6.

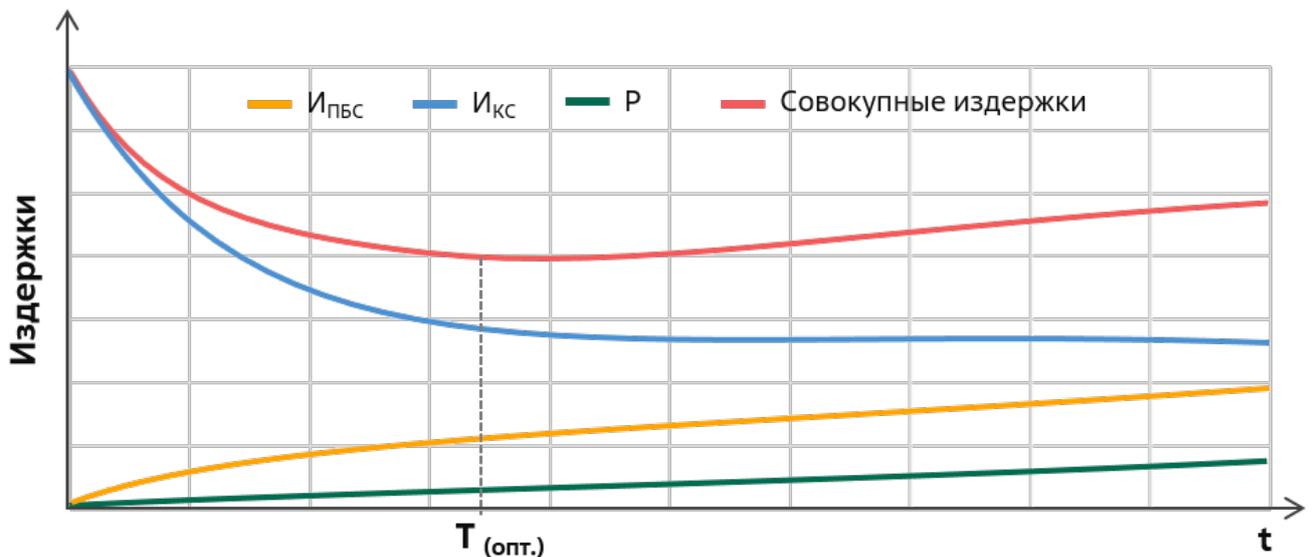


Рисунок 2.6 – Подход к определению оптимального срока начала перевода объекта ядерного наследия в конечное состояние исходя из критерия минимума совокупных издержек

Источник: составлено автором

Таким образом, в процессах оптимизации и повышения эффективности обращения с объектами ядерного наследия одной из ключевых задач является

понимание и соблюдение оптимального интервала отсрочки начала работ по приведению объекта в конечное состояние. Крайне важно не упустить период времени, когда устаревшие строительные конструкции все еще сохраняют свою прочность, и положительное влияние распада радионуклидов становится значительно более заметным в сравнении с общими затратами, связанными с сохранением объекта в его нынешнем состоянии. Основные группы короткоживущих радионуклидов распадаются в течение относительно короткого периода времени (примерно 30 лет). После этого улучшение радиационной обстановки происходит всё медленнее и практически не меняется. В ситуации более длительных сроков выдержки стоимость приведения объекта в конечное состояние будет существенно возрастать со временем за счет необходимости как постоянного поддержания в безопасном состоянии в период наблюдения, так и необходимости периодического восстановления защитных способностей инженерных барьеров безопасности. Кроме того, при реализации долгосрочных стратегий отложенного демонтажа возникают риски, связанные с неопределенностью исходных результатов. Это связано как с колебаниями финансово-экономической параметров, так и с изменениями в нормативном правовом регулировании. Кроме того, существует опасность утраты необходимых навыков и знаний, а также снижения технического потенциала, требующегося для завершения работ по ликвидации устаревших установок и восстановлению загрязненных территорий. Эти факторы могут значительно осложнить успешное завершение всего процесса вывода из эксплуатации.

Данный подход применим, прежде всего, для стратегий немедленного и отложенного демонтажа. В случае «захоронения на месте» (промышленные уран-графитовые реакторы, открытые водоемы-хранилища) уровень опасности объекта определяется «долгоживущими» радионуклидами, который практически не меняется в течение периода планирования порядка 100 лет и состоянием инженерных барьеров безопасности, которое ухудшается со временем. Стоимость консервации и в дальнейшем перевод объекта в пункт захоронения радиоактивных отходов в этом случае не зависит от срока начала соответствующих работ (при

горизонте планирования несколько десятилетий). В дальнейшем потребуются расходы на техническое обслуживание и мониторинг, чтобы поддерживать законсервированный объект в безопасном состоянии. Эти затраты будут на порядок ниже, чем до консервации [66]. Поскольку этот вариант конечного состояния был обоснован совокупностью критериев и сравнительных оценок в соответствии с [60], то для таких объектов наибольший положительный эффект принесет наиболее ранний старт работ по их консервации.

Для дальнейшего более детального рассмотрения и оценок издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия целесообразно ввести детализированную классификацию объектов с учетом их технических, радиационных, проектных, стоимостных параметров, а также с учетом факторов, отмеченных в параграфе 2.2. При этом необходимо определить параметры (качественные или количественные), оказывающие статистически значимое влияние на размер затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии и приведения в конечное состояние.

В результате детального анализа структуры атомной отрасли в России и ее объектов ([24, 57, 85] и другие) сформирована классификация объектов ядерного наследия, включающая 6 типов и 20 подтипов объектов, указанных в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Классификация объектов ядерного наследия для целей оценки издержек их заключительной стадии жизненного цикла

Тип	Подтип	Описание	Параметр, характеризующий размер затрат
Промышленный реактор	Промышленный уран-графитовый реактор	Комплекс, включающий один или несколько объектов данного подтипа, а также все технологически связанные здания и сооружения, в том числе используемые для поддержания в безопасном состоянии	Масса графитовой кладки, т
	Промышленный реактор		Реактор, шт.
Реакторный блок	-		Мощность энергоблока, МВт
Исследовательская ядерная установка	-		Мощность установки, МВт

Тип	Подтип	Описание	Параметр, характеризующий размер затрат
Суда	Ледоколы	Суда с ядерной энергетической установкой	Водоизмещение, т
Ядерно- и радиационно-опасный объект	1 степень опасности	основные производственные объекты на площадках, относящиеся к I или II категории по потенциальной радиационной опасности согласно ОСПОРБ 99/2010	Строительный объем, куб. м
	2 степень опасности	вспомогательные здания и инфраструктурные объекты на площадках, относящиеся к I или II категории по потенциальной радиационной опасности согласно ОСПОРБ 99/2010	
	3 степень опасности	основные производственные здания на площадках, относящиеся к III или IV категории по потенциальной радиационной опасности согласно ОСПОРБ 99/2010	
	4 степень опасности	вспомогательные производственные здания на площадках, относящиеся к III или IV категории по потенциальной радиационной опасности согласно ОСПОРБ 99/2010	
	Холодная консервация	без поддержания электро- и тепло- снабжения и постоянного температурного режима (открытые площадки, склады и радиационно загрязненные территории);	
	Площадки	остальные объекты, строительный объем которых неизвестен (площадки временного хранения)	
Пункт хранения радиоактивных отходов	Водоемы-хранилища	водоем технологический без инженерных защитных барьеров, водоем технологический с инженерными защитными	Общая площадь, кв. м

Тип	Подтип	Описание	Параметр, характеризующий размер затрат
		барьерами, пульпохранилище (хвостохранилище, шламо накопитель), кроме емкостей	
	Здания специализированные	здание специализированное, помещение внутрипроизводственное, специально оборудованное	Общая площадь, кв. м
	Здания и сооружения прочие	здания и сооружения прочие	Общая площадь, кв. м
	Контейнеры и емкости	контейнер, емкость железобетонная отдельно стоящая; контейнер, емкость металлическая отдельно стоящая; контейнер, емкость железобетонная, установленная в каньон; контейнер, емкость металлическая, установленная в каньон; емкости прочие	Общая площадь, кв. м
	Площадки, отвалы	площадка асфальтированная, площадка бетонированная, площадка грунтовая, площадка с неизолированным основанием, площадки с изоляцией основания, прочие	Общая площадь, кв. м
	Сооружения с инженерными защитными барьерами	сооружение траншейного типа с инженерными защитными барьерами; сооружение бункерного типа с инженерными защитными барьерами; сооружения котлованного типа с инженерными защитными барьерами	Строительный объем, куб. м
	Полости	скважины буровые, стволы, шурфы, колодцы, штольни, штреки, карьеры, котлованы, траншеи (без инженерных защитных барьеров), полости прочие	Строительный объем, куб. м

Тип	Подтип	Описание	Параметр, характеризующий размер затрат
	Плавблоки	емкость плавучая	Объем радиоактивных отходов, куб. м
	Пункты глубинного захоронения ЖРО	пункт захоронения жидких радиоактивных отходов, включающий в себя сооружение, размещённое на глубине более 100 м от поверхности земли	Общая площадь, кв. м

Источник: составлено автором

Далее рассмотрим методологические подходы к оценке затрат на деятельность по поддержанию в безопасном остановленном состоянии и приведению в конечное состояние рассматриваемых объектов с учетом введенной классификации.

Подходы к оценке затрат на поддержание в безопасном состоянии и приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия.

Затраты на поддержание в безопасном остановленном состоянии рассматриваемых объектов включают следующие основные статьи:

- техобслуживание и ремонты (в том числе фонд оплаты труда, занимающихся техобслуживанием объектов, материальные расходы, амортизация задействованного оборудования, аутсорсинг работ, непредвиденные расходы);
- радиационный контроль и мониторинг (в том числе фонд оплаты труда, занимающихся радиационным контролем на объекте, материальные расходы, амортизация задействованного оборудования, аутсорсинг работ, непредвиденные расходы);
- охрана объекта (силами эксплуатирующей организации либо с привлечением иных специализированных организаций);
- электроснабжение, отопление, водоснабжение;
- прочие затраты (страховые взносы, имущественные налоги и непредвиденные затраты).

На практике большинство эксплуатирующих организаций не ведут пообъектный учет операционных затрат, связанных с поддержанием в безопасном состоянии остановленных объектов. Вместо этого они применяют так называемый котловой метод по видам деятельности, охватывающий как остановленные, так и действующие объекты площадки. Общая сумма затрат может быть распределена между действующими и остановленными объектами пропорционально установленной базе распределения (например, площадь застройки или строительный объем). Этот метод хорошо работает для однотипных объектов на площадке, стоимость обслуживания которых не зависит от их статуса эксплуатации. Однако на большинстве промышленных площадок присутствуют объекты различных типов, находящиеся на разных стадиях жизненного цикла. Поэтому для них данный метод не может быть оптимальным.

Задача пообъектного определения затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов и обеспечение безопасного хранения накопленных радиоактивных отходов может быть решена помощью стандартизации (нормирования) затрат, базирующейся на статистическом анализе данных по эталонным объектам, с учетом:

- объема выполняемых работ (например, объем радиоактивных отходов либо физический размер объекта);
- особенностей типа объекта;
- внутренних ресурсов (стоимость трудовых ресурсов, амортизация оборудования и т.п.);
- факторов внешней среды (стоимость энергоресурсов в регионе).

Определение значений нормативов затрат выполняется с помощью эконометрических методов стандартизации стоимостных показателей, в числе которых обычно используются [108]:

1) однофакторная линейная регрессия: для каждого типа объекта устанавливаются нормативы удельных затрат по статьям, перечисленным в параграфе 2.2 Предполагается, что затраты на поддержание в безопасном состоянии отдельного остановленного объекта имеют определенную корреляцию

со значением параметра его масштаба (например, физического размера – площади или строительного объема). Метод хорошо работает при наличии достаточно большой выборки однотипных объектов и достоверных данных о стоимости их поддержания в безопасном состоянии.

2) система независимых эконометрических уравнений: для комплекса, включающего несколько остановленных объектов различных типов, устанавливаются нормативы удельных затрат в разрезе статей, указанных в параграфе 2.2 Предполагается, что совокупный размер затрат на поддержание в безопасном состоянии конкретной статьи зависит от «количества» (параметра, характеризующего суммарный физический размер) объектов каждого типа, входящих в этот комплекс. Метод хорошо работает при наличии достоверных данных о составе объектов комплекса и их физических параметрах, а также совокупных затратах на поддержание в безопасном состоянии рассматриваемого комплекса в разрезе статей.

3) многофакторная регрессия со структурными изменениями: в отличие от метода системы независимых эконометрических уравнений в данном случае не учитываются особенности распределения затрат по различным направлениям, а рассматриваются зависимости совокупных затрат на поддержание в безопасном состоянии в рамках комплекса остановленных объектов от совокупного количества объектов каждого типа. При этом вместо простых линейных зависимостей применяются кусочно-непрерывные функции (линейная функция со структурным изменением): предполагается, что затраты на поддержание в безопасном состоянии для особо крупных объектов растут не линейно, а при достижении некоторого значения темпы роста замедляются.

4) модели по принципу балльно-рейтинговой системы оценивания: в отличие от приведенных выше методов, подразумевающих зависимость затрат на поддержание в безопасном состоянии от характерного размера объекта, в данном случае рассматривается наличие или отсутствие факторов, характеризующих объемы выполнения необходимых для поддержания в безопасном состоянии мероприятий (как правило тесно связано с уровнем ядерной и радиационной

опасности объекта), и напрямую влияющих на размер соответствующих операционных затрат [110]. В качестве таких факторов могут быть выбраны следующие:

- наличие на объекте ядерных материалов;
- средний режим работы специальной вентиляции, освещения, температурный режим;
- частота проведения техобслуживания, ремонтов, радиационного контроля и мониторинга;
- постоянное нахождение персонала, частота нахождения персонала в объекте;
- оснащенность специальными системами контрольно-измерительными приборами и автоматикой;
- наличие индивидуальных постов охраны, охранная организация;
- образование радиоактивных отходов при выполнении мероприятий по поддержанию объекта в безопасном состоянии.

Объект оценивается по каждому из перечисленных факторов по установленной заранее шкале значений. Полученные баллы можно использовать для формирования новой классификации объектов и с учетом этого построить новые модели на базе предложенных выше эконометрических методов. Как альтернативный вариант – разработать модель зависимости затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии рассматриваемых объектов от суммы баллов.

Предложенные методы позволяют не только выделить стоимость поддержания в безопасном остановленном состоянии объектов, но и оценить аналогичные затраты для сопоставимых объектов, которые только будут остановлены в будущем. Это позволяет проводить моделирование необходимых денежных потоков при долгосрочном планировании. В исследовании при оценке размера таких затрат используются удельные величины, определенные преимущественно на основе модели многофакторной регрессии (типы объектов из таблицы 2.8: «промышленный реактор», «реакторный блок»,

«исследовательская ядерная установка», «суда») и модифицированной многофакторной регрессии (типы объектов по категориям опасности из таблицы 2.8) [108] в соответствии с выражением (2.8):

$$Z_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}}) = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} z_{\text{ПБС}}^t = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} \sum_j z_j^t \cdot PS_j, \quad (2.8)$$

где $Z_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}})$ – значение совокупных затрат на поддержание в безопасном состоянии комплекса остановленных объектов ядерного наследия за период $[t_*; T_{\text{КС}}]$ (t_* – год останова, $T_{\text{КС}}$ – год начала работ по приведению объекта ядерного наследия в конечное состояние), руб.;

$z_{\text{ПБС}}^t$ – значение совокупных затрат на поддержание в безопасном состоянии комплекса остановленных объектов ядерного наследия в год t ($t_* \leq t \leq T_{\text{КС}}$), руб.;

z_j^t – значение норматива удельных затрат для объектов j -ой группы (для типов объектов, указанных в таблице 2.8) в год t , руб./м² или руб./м³ – в зависимости от типа объекта;

PS_j – значение, характеризующее «размер» объекта, для объектов j -ой группы (для типов объектов, указанных в таблице 2.8), например, м² или м³ – в зависимости от типа объекта.

В исследовании использованы значения z_j^t для всех категорий объектов ядерного наследия, полученные в работе [108] по 16 эталонным площадкам, включающим около 150 объектов различных типов, методом наименьших квадратов (сходимость расчетных и фактических данных составила более 90% – подробнее в параграфе 3.2). Значения нормативов удельных затрат z_j^t приведены в приложении А, а описание результатов проведенных расчетов – в главе 3.

В течение жизненного цикла объекта проводится несколько оценок его приведения в определенное конечное состояние с учетом последовательности технологических этапов, перечисленных в параграфе 2.1 (таблицы 2.4-2.6) [115]:

1) предварительная оценка – формирование укрупненной сметы расходов без подробных инженерных данных с использованием корректирующих коэффициентов или приблизительных соотношений. Ожидаемый уровень точности от -30% до + 50% и во многом определяется достаточностью и достоверностью данных о характеристиках объекта. Подобные оценки выполняются эксплуатирующими организациями при формировании концепции вывода из эксплуатации, а также в рамках оценки финансовых обязательств по МСФО;

2) предпроектная (высокоточная) оценка – формирование сметы с учетом конкретных технологических карт и оборудования с учетом данных о фактическом состоянии объекта, но без учета некоторых инженерных систем и вспомогательных объектов. Ожидаемый уровень точности составляет от -15% до +30%. Может быть успешно реализовано с использованием современных методов цифрового и расчетного моделирования [63];

3) проектная оценка – формирование сметы на основе детальной проработки проекта приведения объекта в конечное состояние. Ожидаемый уровень точности составляет от -5% до +15%.

На практике в России этап 2 в силу обстоятельств организационно-управленческого и финансового характера часто пропускается, а результаты, полученные в рамках предварительной оценки стоимости (этап 1), становятся исходными данными для проектирования, формируя основные рамочные (стоимостные) условия разработки проекта приведения объекта в конечное состояние и его реализации на практике. Это приводит к недостаточно проработанному и обоснованному выбору как самого конечного состояния, так и технологий его достижения, что существенно повышает риски реализации проекта (влияние на сроки, стоимость, эффективность).

Ярким примером является реализация в рамках ФЦП ЯРБ проекта вывода из эксплуатации корпуса «Б» федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара», г. Москва (в настоящее время –

АО «ВНИИНМ») [132]. Первоначально (2007 год) на мероприятие отводилось 100 млн руб. из средств федерального бюджета по статье НИОКР и планировалась консервация объекта [38]. В результате проведенных инженерных и радиационных обследований объекта, уточнения требуемых характеристик и разработки проекта консервации было решено осуществить полный демонтаж здания. При этом затраты на его ликвидацию оценивались в 1,2 млрд руб. (2012) [133], а после уточнения – в 2,5 млрд руб. (2013) [134]. На последнем этапе (2015) в результате оптимизации применяемых технологий стоимость проекта была уменьшена более чем на 1 млрд руб. [39] Таким образом, итоговая стоимость приведения в конечное состояние корпуса «Б» АО «ВНИИНМ» превысила первоначальную оценку в 15 раз, а выделение необходимой суммы из федерального бюджета потребовало внесения 4 изменений в соответствующее мероприятие ФЦП ЯРБ, включая объемные обоснования.

Негативные последствия отсутствия содержательной технической инвентаризации и предпроектных оценок выразились в кратном увеличении стоимости проектов перевода в конечное состояние и переносе сроков в рамках реализации и ряда других проектов ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2 (таблица 2.9). Этот фактор необходимо учитывать при долгосрочном финансовом планировании.

Таблица 2.9 – Изменение стоимости и состава работ по объектам ядерного наследия за период 2008-2023 годов

Объект, Организация	Первоначальное представление, стоимость работ (2008)	Выполненные работы, выявленные особенности и проблемы (2008-2016)	Текущее представление, стоимость (с 2016)
Водоем В-17 «Старое болото», ФГУП «ПО «Маяк»	Консервация	Работы не выполнялись	Консервация после 2025 года, рост стоимости в 10 раз
ПУГР ФГУП «ГХК»	Перевод 2 ПУГР в состояние безопасного долговременного хранения, перевод 1 ПУГР в ядерно безопасное состояние, более 600 млн руб.	Необходимость создания и обоснования безопасности дополнительных инженерных барьеров, отсутствие технологии обращения с	Завершение работ по приведению в конечное состояние 3 ПУГР к 2025 году, около 10 млрд руб. Рост в 10 раз относительно 2008

Объект, Организация	Первоначальное представление, стоимость работ (2008)	Выполненные работы, выявленные особенности и проблемы (2008-2016)	Текущее представление, стоимость (с 2016)
		облученным графитом. Разработан проект перевода в конечное состояние и завершен этап работ по 1 ПУГР, более 1,2 млрд руб.	года в пересчете на 1 ПУГР
ПУГР ФГУП «ПО «Маяк»	Рассмотрение вариантов вывода из эксплуатации, неотложные и подготовительные работы		Решение отложено до 2025 года
ПУРГ АО «СХК» (АО «ОДЦ УГР»)	Консервация 2 ПУГР, около 500 млн руб.	Обоснование безопасности варианта захоронения на месте, разработка и полная реализация проекта по консервации 1 ПУГР, более 2,4 млрд руб.	На основании полученного опыта захоронения на месте выполнение консервации 3 ПУГР до 2030 года, более 13 млрд руб. Рост в 17 раз относительно оценок 2008 года в пересчете на 1 ПУГР
Бассейн Б-25 АО «СХК»	Консервация в 2015 году, более 600 млн руб.	Созданы дополнительные барьеры и необходимая инфраструктура, 30 млн руб.	Консервация в 2020 году, рост стоимости в 1,5 раза
Пульпохранилища ПХ-1, ПХ-2 АО «СХК»	Консервация ПХ-1 в 2015 году, ПХ-2 в 2020 году, более 500 млн руб.	Разработана и обоснована наиболее эффективная технология консервации, перенос сроков обусловлен действующим производством	Консервация после 2025 года, рост стоимости в 4 раза.
Реактор БР-10 АО «ГНЦ-ФЭИ»	Вывод из эксплуатации (длительное хранение под наблюдением) около 750 млн руб.	Выполнены подготовительные работы и 1 этап вывода из эксплуатации. 383,5 млн руб.	Вывод из эксплуатации до 2030 года, рост стоимости в 3 раза.
Корпус 8, часть корпуса 2 АО «ВНИИХТ»	Вывод из эксплуатации, реабилитация РЗТ, более 300 млн руб.	Ликвидация части корпуса 2, первоочередные работы по корпусу 8, 164,1 млн руб.	Вывод из эксплуатации в 2022 году, рост стоимости в 3 раза.

Объект, Организация	Первоначальное представление, стоимость работ (2008)	Выполненные работы, выявленные особенности и проблемы (2008-2016)	Текущее представление, стоимость (с 2016)
Корпус «Б» АО «ВНИИНМ»	Консервация, 100 млн руб.	Принято решение о сносе всего здания.	Выведен из эксплуатации в 2015 году рост стоимости в 15 раз

Источник: составлено автором на основе [24, 103, 58, 38, 39, 135]

Одной из основных причин существенных расхождений первоначальных оценок стоимости и сроков приведения объекта в конечное состояние от реальных являются излишне консервативное рассмотрение необходимого объема работ и конечного состояния. Это связано с отсутствием, неактуальностью или неполнотой проектной документации и неопределенностью в отношении радиационных характеристик объекта. Для решения этой проблемы для объектов, которые в настоящее время готовятся к приведению в конечное состояние и включены в мероприятия ФЦП ЯРБ-2 до 2035 года, за последние несколько лет разработаны высокоточные цифровые информационные модели (ЦИМ) с использованием метода наземного лазерного сканирования [64]. Для таких объектов получены оценки стоимости приведения в конечное состояние на основе рассмотрения их вариантов и обоснования оптимального. Исходными данными для расчёта стоимости работ на основе ЦИМ являются:

- перечень элементов строительных конструкций и оборудования с указанием их масса-габаритных и радиационных характеристик;
- информация о видах работ, которые необходимо выполнить для конкретного элемента, в рамках приведения объекта в конечное состояние (удельные расценки) [92].

В основе расчета стоимости демонтажных работ лежат методические рекомендации Минстроя России, в частности федеральные и территориальные единичные расценки, и система уточняющих коэффициентов с учетом требований нормативной базы [136, 137, 138]. Для остальных специализированных и высокотехнологичных работ, которые обычно выполняются в рамках большинства

проектов, (например, дезактивация строительных конструкций и оборудования – очистка поверхностей от радиационного и химического загрязнения или обращение с образующимися отходами в соответствии с описанными в параграфе 2.2 типовыми операциями) отсутствуют единичные расценки, утвержденные Минстроем России или Госкорпорацией «Росатом». В этой ситуации целесообразно создать базу данных расценок на основе анализа рынка предложений, структуры цены фактических расходов контрактов и договоров по уже выполненным аналогичным работам или ресурсного метода. Стоимость приведения объектов ядерного наследия в конечное состояние, по которым не разработаны соответствующие проектов и высокоточные цифровые информационные модели, можно оценить, используя структуру затрат, описанную параграфе 2.2, по аналогии с выражением 2.6 и применяемую в российской атомной отрасли укрупненную оценку финансовых обязательств организаций по МСФО. Эти оценки осуществляется путём последовательного сложения затрат, необходимых для выполнения всех требуемых работ, которые предварительно описываются в определённом иерархическом формате в соответствии с международной структурой затрат на вывод из эксплуатации [115]. Описанный подход реализован в программе для ЭВМ «Программа для финансово-экономического планирования работ по выводу из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов («Decommissioning Smart Manager»)» [92, 139].

Основная часть затрат, связанных с приведением в конечное состояние объектов ядерного наследия, приходится на обращение с радиоактивными отходами, которые образуются в процессе этой деятельности. Стоимость этих операций напрямую зависит от объема, радиационных характеристик и морфологического состава отходов. Эти параметры, в свою очередь, определяются выбранным вариантом конечного состояния и используемыми технологиями. Для оценок стоимости обращения с радиоактивными отходами с целью долгосрочного планирования можно использовать статистический метод на основе данных о выполнении соответствующих работ в рамках ФЦП ЯРБ-2: в течение 2016-2023 годов передано на захоронение более 35 тыс. куб. м отходов [140], что позволяет

сформировать нормативные затраты на операции по обращению с радиоактивными отходами [108, 141].

Оценки нормативов затрат обеспечение безопасности пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов для различных вариантов хранения по аналогии с описанными методами по оценке нормативов на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов также проводились, однако получить статистически значимых результатов не удалось, ввиду сильной неоднородности данных между организациями. Вместе с тем были сформулированы и некоторые закономерности. Используемые в настоящем исследовании величины нормативов удельных годовых затрат (единичных расценок) на обращение с радиоактивными отходами и поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения приведены в приложении Б, а описание результатов проведенных сценарных расчетов – в главе 3.

Подходы к оценке рисков поддержания в безопасном состоянии и приведения в конечное состояние объектов ядерного наследия.

Концепция приемлемого риска исходит из того, что полное исключение риска либо практически невозможно, либо экономически нецелесообразно. В соответствии с этим устанавливается уровень рациональной безопасности, обеспечение которого определяется минимальными издержками, при которых оптимизируются затраты на предотвращение риска и размеры ущерба при возникновении чрезвычайных ситуаций [142]. Уровень таких издержек составляют затраты на снижение риска (таблица 2.7) и размер его остаточного уровня после их осуществления.

Случайный характер потерь и ущербов, обусловленных рассмотренными в параграфе 2.2 событиями, предопределяет выбор ущерба в качестве меры риска (с учетом вероятности неблагоприятного события), зависящей от количества радиоактивных веществ, находящихся на объекте, на которую необходимо ориентироваться при планировании деятельности по выводу из эксплуатации объекта. Ущерб разделяется на прямые, непосредственно обусловленные событием (потери имущества, ликвидация последствий, выплата компенсаций,

недополученная прибыль), и косвенные, характеризующие потери в будущих периодах времени вследствие нарушения условий жизнедеятельности (упущенная выгода, вследствие имиджевых потерь или снижения производительности из-за заболеваемости персонала) [120, 143].

В России, как и в ряде других стран, в настоящее время разработаны лишь общие принципы для оценки возможных экономических и социальных последствий, возникающих в результате нештатных ситуаций, связанных с радиационными факторами на объектах в период поддержания объекта в безопасном остановленном состоянии либо при проведении работ по его ликвидации или консервации.

В общем случае издержки, связанные с управлением рисками заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия, можно представить в виде суммы затратных составляющих (2.6):

$$I_R = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \cdot p + Z_R, \quad (2.9)$$

где I_R – издержки, связанные с управлением рисками заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия, руб.;

Z_1 – затраты на ликвидацию последствий аварийных ситуаций, в том числе на реабилитацию радиационно загрязненных территорий, населенных пунктов и т.д. (оцениваются для различных типов поверхностей загрязнения в зависимости от площади загрязнения, активности загрязнителей и удельной стоимости реабилитации участка), руб.;

Z_2 – потери (ущерб), связанные с утратой готовой продукции, основных фондов и природных ресурсов, выведенных из оборота в результате возникновения аварийной ситуации, руб.;

Z_3 – ущерб здоровью населения и персонала, обусловленный дополнительными дозами техногенного облучения, руб.;

Z_4 – штрафные санкции за нарушение нормативов безопасности, репутационный ущерб организации и отрасли и прочий косвенный ущерб, руб. [144];

p – вероятность неблагоприятного события на объект, связанного с радиационным фактором, безразм.;

Z_R – затраты на управление рисками (рискоснижающие затраты), руб.

Слагаемое Z_R в выражении (2.9), как правило учитывается в составе затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии или приведение в конечное состояние. Остальные составляющие рискованных издержек относятся как к процессу поддержания в безопасном состоянии, так и к приведению в безопасное состояние и включаются в состав соответствующих издержек. Их оценки, представляющие собой ущерб, связанный с неблагоприятным событием с радиационным фактором, могут выполнены на основе следующих методов:

1) Прямой счет: учитываются все элементы, формирующие экономический ущерб, выраженные в стоимостной форме на основе аналогий и/или рыночной оценке отдельных составляющих ущерба.

Аналогии: сопоставление показателей, характеризующих объект, подвергшийся воздействию неблагоприятного события и показателей аналогичного объекта при стандартном функционировании. Разница в показателях, выраженная в стоимостной форме, будет составлять величину экономического ущерба. С помощью метода могут быть оценены потери, связанные с недополучением продукции, снижением цены на продукцию из-за ухудшения ее качества, ростом себестоимости, ростом заболеваемости населения, связанной с неблагоприятным событием.

Рыночные оценки: сопоставление рыночных стоимостей различных элементов объекта (стоимость жилья, сельскохозяйственной продукции, котировки акций) до и после воздействия на него неблагоприятного события.

2) Косвенная оценка: выявление закономерностей размера ущерба на основе статистических данных по аналогичным прошлым неблагоприятным событиям на сопоставимых объектах.

Аналитический метод: построение зависимости размера ущерба от ряда факторов, характеризующих вид и силу воздействия, условия функционирования и защищенности объекта на основе методов эконометрики.

Нормативный метод: использование нормативных стоимостных показателей, характеризующих вид и силу неблагоприятного воздействия (удельный экономический ущерб на единицу экологического воздействия), определяемых путем усреднения ущербов по совокупности однородных объектов при известных размерах воздействия.

Перечисленные методы могут быть скомбинированы при решении частных задач оценки ущерба в зависимости от наличия достоверных исходных данных и вида ущерба. Так, например, методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций МЧС России предполагает нормирование размера материальной помощи населению в зависимости от степени и тяжести нанесенного здоровью вреда, использование показателей рыночной стоимости жилого помещения и капитального ремонта при оценке ущерба жилым помещениям. При этом для расчета вреда составляющих окружающей среды имеется отсылка к иным методическим документам Правительства Российской Федерации, Минприроды России и Росрыболовства [145].

Помимо оценки чисто хозяйственных затрат необходимо оценить в стоимостном выражении ущерб здоровью населения при чрезвычайной ситуации с радиационным фактором. В экономическом смысле радиационная защита может быть определена как «выкуп» части потенциальных доз облучения. «Выкупленные» дозы рассматриваются как предотвращенные, при этом цены выкупаемых частей доз неодинаковы: по мере приближения размера выкупаемой дозы к уровню всей исходной дозы цена каждой ее следующей части будет стремительно возрастать. Эта закономерность имеет ключевое значение для разработки стратегий, направленных на обеспечение радиационной безопасности в ситуациях, связанных с радиационными последствиями, основываясь на принципах радиационной защиты. В данном контексте общая сумма издержек представляет собой комбинацию затрат на организацию мер по радиационной

безопасности и уровня ущерба, который остается после их применения. Этот уровень ущерба пропорционален остаточной дозе радиации. Таким образом, важно учитывать не только расходы на защитные меры, но и последствия, которые могут возникнуть в результате радиационного воздействия.

При решении задачи оптимизации вмешательства принимаются во внимание следующие исходные данные и условия:

- мощность дозы $E(0)$ в начальный момент, до применения комплекса защитных мер;
- состав и параметры радионуклидов в загрязнении, определяющие вместе динамику облучения;
- масштаб (площадь) загрязнения;
- располагаемые ресурсы для вмешательства (осуществимость мер, растянутость мер во времени).

Принцип обоснования [59] требует, чтобы снижение уровня облучения от уровня E (величина индивидуальных потенциальных эффективных доз, обусловленных радиационным загрязнением в результате аварии или инцидента) до оптимального (остаточного) значения референтного уровня E_R приносило больше пользы, чем вреда. Размер пользы Q^+ будем оценивать как произведение цены дозы λ (руб./Зв) на размер предотвращённой вмешательством дозы (на 1 человека) [146]:

$$Q^+ = \lambda \psi (E - E_R), \quad (2.10)$$

где ψ – коэффициент накопления доз в течение предстоящей жизни, зависящий от скорости радиоактивного распада загрязнителя μ и горизонта расчета L , лет.

Вред Q^- в рассматриваемом случае равен стоимости затрат на дезактивацию в расчете на одного жителя, руб. [147]:

$$Q^- = c_e^1 \ln \frac{E}{E_R}, \quad (2.11)$$

где c_e^1 – размер среднедушевых затрат на дезактивацию с кратностью $e = \frac{E}{E_R}$, руб.

В ряде европейских государств для оценки финансовых последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с радиационным фактором, применяется специальный программный комплекс RODOS (модуль ECONOM). Он позволяет рассчитать затраты на проведение восстановительных и защитных работ, а также на переселение людей и компенсацию ущерба, нанесённого здоровью населения в результате отдалённых последствий [148]. В России в соответствии с НРБ-99/2009 «величина ущерба, обусловленного облучением в коллективной эффективной дозе 1 чел.-Зв, может быть установлена в размере 1 годового душевого национального дохода и более» [121].

Подходы к оценке потерь от неиспользования территории до момента завершения вывода из эксплуатации объекта ядерного наследия и снятия ограничений.

Частичное или полное снятие ограничений на использование территории размещения объекта после его приведения в конечное состояние позволяет вернуть ее в хозяйственную деятельность субъекта Российской Федерации и использовать по новому (целевому) назначению.

Для оценки потерь от неиспользования территорий размещения объектов ядерного наследия можно рассмотреть оценки социально-экономического эффекта от создания на их территориях комфортной среды для жизни и использование ресурсного потенциала находившейся в ограничении для использования площадки для субъекта Российской Федерации.

Индикаторами, которые можно использовать для оценки социально-экономического эффекта, могут быть:

- создание дополнительных рабочих мест;
- повышение индекса качества городской среды;

- увеличение налоговых поступлений в бюджет;
- рост инвестиционной привлекательности близлежащих территорий;
- рост уровня благосостояния населения близлежащих территорий;
- формирование положительного имиджа территории;
- привлечение граждан из других территорий на постоянное место жительства/работы;
- развитие предпринимательского потенциала.

Значения перечисленных социально-экономических показателей возврата территории размещения объекта ядерного наследия в повторное коммерческое или социальное использование зависят от выбранного варианта конечного состояния объекта и целевого состояния территории, к которому она будет приведена.

Высоким социально-экономическим потенциалом обладают проекты строительства жилой, торгово-коммерческой и производственно-логистической недвижимости. Ожидаемый социально-экономический эффект для таких групп объектов будет состоять из:

- увеличения налоговых поступлений в бюджетную систему Российской Федерации (кроме жилой недвижимости);
- увеличение количества рабочих мест на всех этапах редевелопмента;
- повышение индекса качества городской среды за счет приведения территории размещения объекта в экологически безопасное состояние;
- увеличение инвестиционной привлекательности близлежащих территорий.

Создание объектов социально-культурного назначения, как правило, не имеет интереса со стороны инвесторов, но может оказать значительный социальный эффект: уменьшение убыли населения, повышение уровня образования, рост туристического потока, снижение преступности и другие показатели. Измерение отдельно социального эффекта от редевелопмента площадок размещения объектов ядерного наследия является сложной методической задачей и требует проведения социальных исследований. Благоприятный эффект для жителей и территории может быть получен через

продолжительный период времени, не укладывающийся в сроки стандартного бизнес-планирования, который используется инвесторами.

Отсутствие коммерческого потенциала и спроса со стороны ключевых заинтересованных сторон создаёт условия для применения стимулирующих мер:

- субсидии на ликвидацию объектов и реабилитацию радиационно загрязненных территорий с последующим правом на редевелопмент территории;
- фискальные и нефискальные инструменты стимулирования мероприятий по редевелопменту (налоговые льготы, программы кредитования).

Методология оценки социально-экономического потенциала объектов ядерного наследия может включать следующие базовые этапы:

- 1) определение границ территории расположения объекта ядерного наследия, которая может быть выделена под редевелопмент после приведения его в конечное состояние;
- 2) проверка наличия иных ограничений на строительство на данной территории;
- 3) оценка экономического и социального потенциала площадки, где расположен объект [1].

На первом этапе определяется перечень объектов, которые запланированы или находятся в состоянии приведения в конечное состояние. Если все объекты площадки одновременно приводятся в конечное состояние, то оценивается площадь всей потенциальной площадки под редевелопмент. Если в конечное состояние приводятся только часть объектов площадки, ставится задача по определению площади, которую можно относительно просто и без ущерба безопасности оставшихся эксплуатируемых объектов отмежевать.

При выявлении и оценке ограничений на строительство в месте расположения объектов ядерного наследия на втором этапе рассматриваются две основные группы сдерживающих факторов – нормативные правовые и инфраструктурные ограничения. В первую категорию входят ограничения, которые связаны с размещением объекта в зонах с особыми условиями использования земли. Это могут быть, например, объекты культурного наследия,

природные заповедники, водоохранные и природоохранные зоны, зоны специального назначения, территории рядом с аэропортами, а также санитарные защитные зоны и другие. К инфраструктурным ограничениям относятся следующие потенциальные препятствия, которые могут возникнуть при размещении объекта:

- неудобное расположение (например, более чем в 15 км от города с населением менее 1 млн человек или более чем в 25 км от города с населением более 1 млн человек);
- площадь и взаимное расположение объектов и инфраструктуры на площадке (невозможность выделения достаточно большой площадки под редевелопмент в связи с наличием действующих объектов или другими особенностями территории (например, 0,5 га в черте города, 3,5 га за городом);
- инфраструктура (отсутствие ресурсов и инфраструктуры на площадке (электричество, тепло- и водо- снабжение, водоотведение).

Территории расположения объектов ядерного наследия, на которых присутствуют описанные ограничения, не рекомендуется использоваться под строительство коммерческих объектов. Проекты, не имеющие ограничений, могут рассматриваться в качестве потенциальных для редевелопмента.

При анализе экономического потенциала площадки расположения объекта осуществляется рассмотрение возможных вариантов ее целевых состояний, при этом оцениваются следующие показатели:

- количество природных ресурсов на территориальную единицу;
- обеспеченность трудовыми ресурсами, в том числе высококвалифицированными;
- соотношение производственных и сельскохозяйственных активов;
- имеющееся экологическое загрязнение и стоимость его ликвидации;
- индикаторы технологического и логистического развития территории в рамках градостроительных планов.

Возможные целевые состояния площадки также оцениваются на основе анализа показателей чистого приведенного дохода (net present value, NPV).

В самом общем случае годовые потери от неиспользования территории расположения неликвидированного объекта в выражении (2.6) можно оценить на основании статистических данных о валовом региональном продукте [149], приведенных на единицу площади региона, согласно выражению:

$$D^t = d^t \cdot S = \frac{\text{ВРП}_t}{S_{\text{рег}}} \cdot S, \quad (2.12)$$

где S – площадь реабилитируемой территории площадки или общая площадь территории под объектом ядерного наследия (площадь застройки), кв. м;

ВРП_t – размер валового регионального продукта региона размещения объекта в году t , руб.;

$S_{\text{рег}}$ – площадь региона размещения объекта ядерного наследия, руб.

Если принять предположение, что ВРП_t не зависит от года (учитывать в оценке значение ВРП в базовом году на основании официально опубликованных Росстатом данных), тогда выражение (2.6) для оценки совокупных потерь от неиспользования территории за весь период вывода из эксплуатации – $[t_*; T_*]$ –, с учетом выражения (2.12) принимает следующий вид [105]:

$$P(t_*, T_*) = \sum_{t=t_*}^{T_*} \frac{\text{ВРП}_t}{S_{\text{рег}}} \cdot S = \frac{\text{ВРП}}{S_{\text{рег}}} \cdot S \cdot (T_* - t_*). \quad (2.13)$$

Выводы по главе 2.

1. Условием эффективной реализации деятельности по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия, впервые сформулированным в исследовании в качестве единого комплексного критерия, является одновременная минимизация:

- совокупных затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов до начала работ по его приведению в конечное состояние;
- затрат на приведение объектов в обоснованное конечное состояние;
- рисков, связанных с заключительной стадией жизненного цикла объектов с учетом выбранного конечного состояния;
- потерей от неиспользования территорий размещения объектов за весь период их вывода из эксплуатации.

2. Анализ различных сценариев вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия с учётом введенного критерия и существующих ограничений позволяет разработать и обосновать оптимальный долгосрочный план для всей совокупности таких объектов. Этот план должен регулярно пересматриваться, примерно раз в 5-10 лет, по мере поступления новой информации о характеристиках объектов и изменений в планах по будущему использованию территории, на которой они расположены.

3. Учитывая разнообразие объектов, длительность заключительной стадии их жизненного цикла, ресурсы, выделяемые на эти цели, а также сравнение с зарубежным опытом, можно утверждать, что общая продолжительность решения накопленных проблем ядерного наследия в России составит около ста лет и более. Это требует создания специальных инструментов централизованного управления и финансирования. Для эффективного планирования соответствующих мероприятий необходимы инструменты комплексного учета объектов, а также система показателей результативности и эффективности.

Подходы к формированию системы учета и предложения по организационно-техническим и финансово-экономическим инструментам, которые помогут обеспечить эффективный и экологически безопасный вывод из эксплуатации всех объектов ядерного наследия, а также численные оценки издержек с учетом подходов, описанных в главе 2, рассматриваются в главе 3.

Глава 3 Инструменты экономического обоснования и обеспечения деятельности по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия

В главе 3 рассмотрены предложения по организационным и финансовым инструментам обеспечения экологически безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, которые направлены на эффективное решение накопленных проблем в этой сфере, учитывающие зарубежный и российский опыт. Рассмотрены сценарии организации вывода из эксплуатации всей совокупности объектов ядерного наследия, в том числе выполнены и проанализированы оценки соответствующих издержек на основе описанных в параграфе 2.3 методов. Предложены методы анализа и оценки результативности и эффективности работ по приведению всех компонент ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние, опробованные на трех долгосрочных сценариях.

3.1 Организационные инструменты повышения эффективности заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия

При разработке организационных мер и управленческих решений, направленных на повышение эффективности вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, необходимо отталкиваться, прежде всего, от масштаба накопленных проблем. Как уже было отмечено в главе 1, в настоящее время в России отсутствует официально утверждённый список таких объектов и чёткие критерии для их определения. Кроме того, не закреплены обязательства государства и эксплуатирующих организаций по обеспечению заключительной

стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия, отсутствует централизованная система управления этой деятельностью, долгосрочное планирование и достоверные оценки будущих обязательств.

Для построения эффективной системы, обеспечивающей экологически безопасное управление заключительной стадией жизненного цикла объектов ядерного наследия, конечной целью которой является приведение всех объектов в обоснованное конечное состояние, необходимо решение ряда принципиальных задач государственного и отраслевого уровня, среди основных из которых:

- 1) построение централизованных систем учета объектов и управления ими;
- 2) определение границ ответственности государства и собственников (эксплуатирующих организаций) за обращение с объектами;
- 3) формирование справедливых и действенных инструментов ресурсного обеспечения деятельности по обращению с объектами;
- 4) формирование инструментов планирования и оценки деятельности по выводу из эксплуатации объектов.

Кратко рассмотрим отмеченные задачи и их возможные решения.

В законодательстве Российской Федерации отсутствует определение понятия «объект ядерного наследия», а также критерии, по которым такие объекты можно идентифицировать. Учитывая российские и международные подходы и практики, а также формулировки нормативных документов, описанных в Главе 1, предлагается рассматривать «объекты ядерного наследия» как объекты использования атомной энергии, которые были созданы до установления современных требований к обеспечению ядерной и радиационной безопасности.

Разработка нормативных критериев отнесения к объектам ядерного наследия должно быть отнесено к полномочиям Правительства Российской Федерации. На текущий момент, за базовые критерии отнесения объектов к ядерному наследию предлагается отнести следующие характеристики:

- объект является объектом использования атомной энергии в мирных или оборонных целях и относится к категории «ядерная установка»,

«радиационный источник», «пункт хранения», либо является объектом проведения ядерного взрыва в мирных целях;

- объект введен в эксплуатацию до 1 января 2008 года;
- показатель потенциальной опасности объекта превышает установленную величину.

Такой подход разделения объектов отчасти отличается от подхода, примененного в ФЗ-190, который отнес к накопленным (находящимся в федеральной собственности), то есть к «наследию», все радиоактивные отходы, образованные на момент принятия закона (статья 9 [55]). В случае с объектами ядерного наследия предлагается установить ретроспективную ответственность, что является не частой законодательной практикой, но справедливо относительно развития нормативной базы, истории функционирования и реструктуризации атомной отрасли и с учетом иных возможных вариантов, приведенных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Варианты разделения объектов для целей идентификации объектов ядерного наследия

Вариант (дата) разделения объектов	Доводы «за»	Доводы «против»
1995/1997 – вступление в силу ФЗ-170 («Об использовании атомной энергии») / утверждение Постановления Правительства РФ от 02.04.1997 №367 («О финансировании работ по выводу из эксплуатации ...»)	Законодательно установлены обязательства по заключительным стадиям жизненного цикла объектов	Предложенные механизмы финансирования приведения в конечное состояние не реализованы до настоящего времени Повышенная финансовая нагрузка на эксплуатирующие организации по сравнению с более поздними датами
2002/2005 – утверждение Правительством РФ Постановлений: от 30 января 2002 года № 68 и от 21 сентября 2005 года № 576 (об утверждении правил отчисления средств на формирование резервов на вывод из эксплуатации АЭС	Возникновение правил начисления резервов на поддержание в безопасном состоянии и приведение в конечное состояние, включение в себестоимость этих затрат	Не все организации до настоящего времени стали начислять резервы Повышенная финансовая нагрузка на эксплуатирующие организации по сравнению с более поздними датами

Вариант (дата) разделения объектов	Доводы «за»	Доводы «против»
и прочих объектов соответственно)		
2008 – завершение структурных преобразований в атомном энергопромышленном комплексе в соответствии с ФЗ-13 <i>(приоритетный вариант, рассматривается в рамках работы)</i>	Вариант разделения с учетом акционирования предприятий атомного энергопромышленного комплекса (ФЗ-13) и создания Госкорпорации «Росатом» (ФЗ-317). Аналогично разделены обязательства по объектам Ответственный подход отрасли к решению проблем наследия	Некорректно по отношению к объектам других ФОИВ и организаций (Минобороны России, ФМБА России, Минобрнауки России, Минпромторг России, НИЦ «Курчатовский институт»)
2011 – вступление в силу ФЗ-190 («Об обращении с радиоактивными отходами ...»)	Накопленные радиоактивные отходы являются элементом ядерного наследия, таким образом дату разделения обязательств по объектам возможно приравнять к дате разделения обязательств по отходам	Объекты невозможно приравнять к отходам и одинаково рассматривать
Дата принятия специального федерального закона «Об обращении с объектами ядерного наследия...»	Общая законодательная практика Прецедент ФЗ: № 190-ФЗ (все радиоактивные отходы до принятия ФЗ-190 (2011) являются федеральными)	Необоснованность подхода применительно к акционированным ранее (в 2007–2008 годах) объектам

Источник: составлено автором

По предварительным данным, полученным в ходе инвентаризации ядерно- и радиационно- опасных объектов [85] и первичной регистрации радиоактивных отходов [56], в настоящее время объекты, которые можно классифицировать как объекты ядерного наследия, находятся в контуре управления практически всех федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление использованием атомной энергии, включая Минобороны России, Минпромторг России, Минобрнауки России, ФМБА России, а также уполномоченного органа государственного управления использования атомной энергии – Госкорпорации «Росатом». Как уже отмечалось, на промышленных

площадках организаций Госкорпорации «Росатом» находится более 2 тысяч таких объектов (порядка 90% от общего числа), более трехсот из которых уже не используются по проектному назначению. Эти объекты находятся либо в федеральной собственности, либо в собственности акционерных обществ. Эксплуатирующие организации обеспечивают безопасное содержание этих объектов.

Для эффективного управления деятельностью по обращению со всей совокупностью объектов ядерного наследия необходимо выстроить единую систему учета и ввести в правовое поле понятие государственного реестра объектов ядерного наследия (систематизированного свода документированных сведений об объектах, идентифицированных как объекты ядерного наследия в соответствии с принятым определением и критериями). Необходимость создания такой системы учета определена Основами госполитики (п. 18 [46]). При ведении и актуализации реестра и системы учета объектов ядерного наследия стоит принять во внимание следующие аспекты:

- возможные алгоритмы и способы идентификации объектов;
- необходимость разработки процедуры проведения оценки с использованием показателя потенциальной опасности [85, 150];
- наряду с показателем потенциальной опасности использовать методику многофакторной оценки, включая социально-экономический потенциал территорий размещения объектов [1];
- необходимость разработки сценариев последствий/ограничений для объектов, включенных в реестр и соответствующих процедур и регламентов;
- предусмотреть в реестре не только учет достижения утвержденного конечного состояния объектов и реабилитацию площадки, но и целевых параметров редевелопмента;
- определение размеров обязательств, связанных с выводом из эксплуатации объектов, и источников их финансирования;
- необходимость разработки процедуры исключения объектов из реестра.

Данные процедуры затрагивают различные группы заинтересованных сторон и участников, в том числе:

- Госкорпорацию «Росатом»;
- эксплуатирующие организации, собственников объектов и участков территорий;
- девелоперов;
- федеральные и региональные органы государственной власти, в том числе осуществляющих регулирующие и надзорные функции (Росимущество);
- органы местного самоуправления и местные сообщества.

В результате прошлой деятельности при использовании атомной энергии на территориях городов и в других местах могли возникнуть зоны с радиоактивным загрязнением. Эта деятельность могла быть как регулируемой (в соответствии с нормами, действующими на момент ее осуществления), так и нерегулируемой (т.е. не существовало специальных лицензионных, ограничительных и иных норм). В рамках общей системы учета объектов ядерного наследия предлагается включить организацию и координацию работ по реабилитации таких загрязненных участков, исключая территории, деятельность на которых регулируется специальными нормативными документами, касающимися прошлой деятельности в области использования атомной энергии (например, в части земель, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС). В этой ситуации необходимо применять дифференцированный подход, в соответствии с которым не все объекты и участки территорий, которые могут иметь ограничения по радиационному фактору, должны быть внесены в реестр. Часть объектов могут числиться в системе учета, но не иметь статус ядерного наследия. Основным критерием для принятия решения будет служить комплексный показатель опасности объекта или территории, например, описанный в [42].

С учетом распределения и количества подведомственных объектов целесообразно определить Госкорпорацию «Росатом» в качестве уполномоченного органа управления ядерным наследием, наделив следующими функциями (по аналогии с управлением обращением с радиоактивными отходами):

- 1) осуществление нормативно-правового регулирования в области обращения с ядерным наследием;
- 2) образование межведомственной комиссии по объектам ядерного наследия для целей идентификации и инвентаризации, определение порядка ее работы;
- 3) установление требований к составу информации, необходимой для включения объекта в государственный реестр, и перечню документированной информации о таком объекте;
- 4) внесение в Правительство Российской Федерации предложений о включении объектов в государственный реестр и о внесении изменений в него;
- 5) установление порядка сбора и хранения документированной информации об объектах;
- 6) утверждение конечного состояния объектов и иное.

Организации, на балансе которых могут находиться потенциальные объекты ядерного наследия, проводят мероприятия по их идентификации, рассмотрению на соответствие критериям и внесению в реестр и уведомляют Госкорпорацию «Росатом» о результатах.

Как отмечено в главе 1, США и Великобритания решали стоящие перед ними вызовы в области ядерного наследия через создание специализированных организаций – национальных операторов, и эта система показала себя эффективной. В России также имеются предпосылки для создания национального оператора по обращению с объектами ядерного наследия: централизация управления ядерным наследием позволит системно оптимизировать решения по работе с ним и снижать нагрузку на бюджет, обеспечит консолидацию ответственности за использование бюджетных средств, позволит сконцентрировать предприятия на решении основных для них задач производства и развития. С целью внедрения лучших зарубежных практик, оптимизации издержек и организации системной работы по эффективному выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия в России, предлагается осуществить консолидацию управления всеми остановленными объектами в рамках единого

хозяйствующего субъекта, функции и полномочия которого будут связаны исключительно безопасным содержанием объектов и их приведением в конечное состояние (далее – Оператор).

Основой для формирования данного предложения является значительный и разноплановый объем работ, выполняемых при выводе из эксплуатации рассматриваемых объектов, и их широкая география. Кроме того, данный инструмент позволит упростить администрирование соответствующих доходов и расходов, повысить прозрачность финансирования, уменьшить издержки, определить приоритеты при приведении объектов в конечное состояние в рамках единого подхода и централизации управления, повысить конкуренцию при отборе исполнителей (подрядчиков), наиболее эффективно апробировать и внедрять научно-технические достижения и открытия, связанные с выводом из эксплуатации.

Государство уже признавало необходимость и целесообразность объединения функций и полномочий в сферах деятельности, включающих разноплановую и разнонаправленную деятельность. Например, в атомной отрасли, был создан орган государственного управления использованием атомной энергии – Госкорпорации «Росатом», а в сфере обращения с радиоактивными отходами – ФГУП «НО РАО».

Консолидация подлежащих выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия в управлении единого Оператора соответствует мировым тенденциям. Например, Правительство Германии в 2017 году приняло решение о консолидации всех хранилищ радиоактивных отходов в собственность государственной компании BGZ. В Великобритании NDA, а в США – DOE-EM фактически выполняют функции такого оператора. В этих зарубежных странах уполномоченные организации по ядерному наследию обладают целым рядом схожих характеристик, что обеспечивает высокую эффективность проводимых под их руководством работ. В первую очередь, данная организация не осуществляет напрямую работу на объектах, а сосредоточена на координации действий подрядчиков. Среди них могут быть как независимые частные фирмы, так и

государственные учреждения. Основная цель Оператора заключается в разработке долгосрочных программ, направленных на решение вопросов, связанных с ядерным наследием. Это включает в себя организацию и контроль выполнения работ, предоставление всем необходимым техническим и экспертным ресурсам, а также управление финансами для различных проектов, которые реализуются в рамках этих программ.

Рассмотренный подход к организации работ по приведению объектов ядерного наследия в безопасное конечное состояние, предполагающий централизацию управляющих функций, обуславливает целый ряд преимуществ, важнейшими из которых являются следующие:

1) На Оператора возлагается ответственность в целом за весь массив объектов, а, следовательно, стратегическое планирование работ в этом случае происходит на основании системного и всеобъемлющего анализа всего комплекса проблем. Такой подход позволяет повысить эффективность и рациональность использования и распределения имеющихся ресурсов, например, за счет разработки оптимальных логических последовательностей реализации работ как в пределах одной площадки, так и на разных площадках.

2) Централизация управленческих функций в рамках одной организации подразумевает и централизованный контроль за соблюдением единых стандартов и требований к деятельности подрядных организаций. Такой контроль осуществляется «новой организацией», которая не принимала участия в проектировании, строительстве и эксплуатации объектов. Это обеспечивает максимальную прозрачность деятельности и процесса принятия решений, исключая любую заинтересованность Оператора в выполнении работ на конкретных площадках.

3) Оператор не занимается выполнением работ самостоятельно, а привлекает подрядчиков через конкурентный тендер. Это позволяет повысить экономическую эффективность его деятельности. При этом в каждом конкретном случае к выполнению работ привлекается наиболее компетентная подрядная организация, которая стремится использовать доступные ей ресурсы и технологии

с максимальной эффективностью и выполнить работы с соблюдением всех установленных требований.

4) Деятельность, связанная с выводом из эксплуатации объектов ядерного наследия, нередко требует решения специфических и порой абсолютно уникальных задач. Такие условия создают возможности для разработки и реализации инновационных технологических решений. Подрядчики, которые принимают участие в конкурсах на выполнение подобных работ, могут предложить индивидуально разработанные и продуманные решения, часто основанные на внедрении современных технологий.

5) Оператор занимает центральное место в процессе обобщения и интеграции лучших практик, накопленных в ходе работы на различных проектах. Это позволяет не только избежать повторения прежних ошибок, но и значительно повышает общий уровень эффективности и производительности труда.

Стоит отметить, что объекты ядерного наследия, передаваемые в управление Оператору, предпочтительно должны находиться в федеральной собственности. Такой подход обусловлен следующими факторами:

1) Значительное число объектов находится на балансах федеральных государственных унитарных предприятий (ФГУП) на праве хозяйственного ведения и принадлежит Российской Федерации на праве собственности. Передача таких объектов Оператору потребует минимальных юридических действий по сравнению с иными объектами, находящимися на балансе организаций с другой организационно-правовой формой.

2) Государство принимало решения о сооружении объектов ядерного наследия для решения государственных задач обороны и энергетики. При этом для таких объектов своевременно не были определены порядок и меры вывода из эксплуатации, а также не были сформированы финансовые ресурсы.

3) В случае обращения с объектами ядерного наследия речь идет, в том числе, о ликвидации объектов, т.е. имущества. Будучи собственником, именно государство должно распоряжаться своими активами.

4) Государственные обязательства по заключительной стадии жизненного цикла объектов логично возникают в отношении государственной собственности. Оснований для финансирования объектов, находящихся в собственности иных лиц, у государства не возникает.

5) Учитывая общественное внимание к вопросам ядерной и радиационной безопасности, нахождение «старых» объектов в государственной собственности способствует большей прозрачности и контролю и обеспечивает более приемлемую общественную реакцию.

6) В соответствии с Объединенной конвенцией конечная ответственность за безопасность существующих установок лежит на государстве [36].

В целом четкая правовая позиция в отношении собственности на объекты ядерного наследия необходима для двух принципиальных вопросов:

- фиксации разделения финансовых обязательств (доля государства и доля эксплуатирующей организации);
- реализации прав и обязанностей собственника по обращению с объектом собственности, что гораздо шире вопросов финансирования и включает такие базовые применительно понятия, как владение, распоряжение и пользование.

При этом стоит отметить, что передача объектов ядерного наследия в государственную собственность не должна определяться выгодами консолидации таких объектов по типу «банка плохих долгов» и освобождения предприятий от груза таких активов. Напротив, в ряде случаев такая передача может в краткосрочном плане ухудшить финансовую отчетность предприятий за счет более точной и «справедливой» оценки будущих финансовых обязательств и формирования для них необходимых резервов. Также возможен случай, при котором объект, ликвидируется без передачи права собственности государству, однако такая ситуация требует детальной проработки и обоснования с позиций имущественного, налогового и финансового учета.

В предпочтительном варианте передача прав собственности на объекты ядерного наследия (в составе имущественного комплекса) и передача этих объектов в физическом смысле (в плане операционной деятельности) происходят

одномоментно, однако на практике имеет место переходный период, с которым связаны как различные сроки оформления правоустанавливающих и разрешительных документов на различные объекты, так и фактическое разнесение по времени самой передачи объектов, закрепленной актами, и другой документацией. Поэтому следует соответствующим образом различать вопросы передачи прав собственности и вопросы ведения работ на указанных объектах.

Решения о разграничении финансовых обязательств государства (в лице Оператора) и эксплуатирующих организаций в части поддержания в безопасном остановленном состоянии и приведения в конечное состояние должны приниматься Правительством Российской Федерации в отношении каждого объекта (или имущественного комплекса объектов в рамках одной производственной площадки) с учетом его особенностей на основе долевых принципов. Эти принципы предполагают осуществлять разделение финансовых обязательств пропорционально срокам полезного использования, т.е. периоду от ввода в эксплуатацию до останова объекта, относительно установленной контрольной точки (2008 год). Возможны четыре типа ситуаций, представленные на рисунке 3.1.

1. Эксплуатация объекта по функциональному назначению прекращена до даты разделения обязательств (т.е. до 1 января 2008 года) и, соответственно, 100% обязательств приходятся на Российскую Федерацию. Здесь возможны 2 варианта. В первом варианте объект передается Оператору, который берет на себя все затраты по его безопасному содержанию и приведению в конечное состояние. Во втором варианте объект не передается Оператору (например, при длительных процедурах по оформлению имущественных прав или из-за невозможности/нецелесообразности передачи объекта в связи с наличием других функционирующих объектов на площадке). Оператор выступает заказчиком работ по приведению в конечное состояние. Поддержание в безопасном состоянии такого объекта осуществляется за счет эксплуатирующей организации, при этом она может получать средства на возмещение соответствующих понесенных расходов

за счет субсидий из федерального бюджета в соответствии с установленным порядком [100].



Рисунок 3.1 – Концепция разделения обязательств по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия между государством и эксплуатирующими организациями пропорционально сроку эксплуатации объекта

Источник: составлено автором

2. Эксплуатация объекта по функциональному назначению завершена после даты разделения обязательств (т.е. после 1 января 2008 года): часть обязательств приходится на Российскую Федерацию, часть – на эксплуатирующую организацию. В этом случае все затраты, связанные с заключительной стадией жизненного цикла объекта, делятся между государством и эксплуатирующей организацией пропорционально сроку полезной эксплуатации объекта относительно даты разграничения – 01.01.2008.

3. Объект продолжает эксплуатироваться по проектному назначению. В этом случае финансовые обязательства фиксируются после даты останова объекта, при

этом долевое участие и обязательства государства и эксплуатирующей организации определяется аналогично ситуации 2.

4. Объект не получает статус объекта ядерного наследия, если он введен в эксплуатацию после 01.01.2008, организация, на балансе которой находится потенциальный объект ядерного наследия, отказывается от присвоения ему такого статуса (т.е. отказаться от внесения объекта в государственный реестр). В этом случае указанная эксплуатирующая организация будет нести всю полноту ответственности за безопасное содержание и приведение в конечное состояние таких объектов и финансировать эту деятельность.

Таким образом, важным аспектом является не только формальное отнесение объектов к ядерному наследию, но и та пропорция, в соответствии с которой будет разделяться ответственность, в том числе финансовая, между государством и текущими хозяйствующими субъектами. Размер финансовых обязательств за вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия предлагается определять в соответствии с выражениями (3.1) и (3.2):

$$L_S = \begin{cases} L \frac{2007 - t_0}{t_* - t_0}, & \text{если } t_* \geq 2008 \\ L, & \text{если } t_* < 2008 \end{cases}, \quad (3.1)$$

$$L_O = \begin{cases} L \frac{t_* - 2007}{t_* - t_0}, & \text{если } t_* \geq 2008 \\ 0, & \text{если } t_* < 2008 \end{cases}, \quad (3.2)$$

где L_S – финансовые обязательства государства по выводу из эксплуатации объекта ядерного наследия, руб.;

L_O – финансовые обязательства эксплуатирующей организации по выводу из эксплуатации объекта ядерного наследия, руб.;

L – совокупные финансовые обязательства за вывод из эксплуатации объекта ядерного наследия, руб.;

t_* – год останова объекта;

t_0 – год ввода в эксплуатацию объекта.

В существующей на сегодняшний день модели управления заключительной стадией жизненного цикла объектов использования атомной энергии не предусмотрено чёткого разделения обязательств по поддержанию их в безопасном остановленном состоянии и приведению в конечное состояние. Большинство текущих работ в этой сфере финансируется за счет федерального бюджета в рамках мероприятий ФЦП ЯРБ-2, срок реализации которой ограничен 2035 годом. Кроме того, некоторые работы выполняются за счёт собственных средств эксплуатирующих организаций и специальных резервных фондов Госкорпорации «Росатом» (СРФ №3¹⁾) и АО «Концерн Росэнергоатом». Также некоторые работы выполняются за счет собственных средств эксплуатирующих организаций. Эксплуатирующие организации отчисляют в СРФ №3 не более 3% от выручки [94], а АО «Концерн Росэнергоатом» отчисляет в аналогичный резерв, не более 3,2% от выручки, полученной от реализации электроэнергии с использованием атомной энергии [93]. Из-за отсутствия специальных механизмов эти резервы не инвестируются в долгосрочные финансовые активы и могут обесцениться. На данный момент существует лишь приблизительная оценка общей стоимости вывода из эксплуатации 35 «исторических» энергоблоков АЭС. В текущих ценах эта сумма составляет более 2 трлн рублей. Аудиторы Счетной палаты Российской Федерации отметили в 2021 году, что в резерве на приведение этих энергоблоков в конечное состояние может накопиться средств примерно на порядок меньше необходимого [151, 152]. Аналогичная ситуация наблюдается и с остальными объектами производств ядерного топливного цикла. Кроме того, текущий порядок бюджетирования не позволяет осуществлять смешанное финансирование проектов по приведению объектов в конечное состояние из бюджетных и внебюджетных источников (потребуется для рассмотренных выше ситуаций «2» и «3»), но при этом допускается частичное возмещение из федерального бюджета понесенных

¹⁾ СРФ №3 – фонд финансирования расходов, связанных с выводом из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников или пунктов хранения, обращением с отработавшим ядерным топливом, и финансирования научно-исследовательских и опытно- конструкторских работ по обоснованию и повышению безопасности этих объектов

затрат на поддержание объектов в безопасном состоянии в рамках соответствующих субсидий [100].

Для повышения прозрачности финансирования заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия и устранения выявленных недостатков предлагается создать специальный резервный фонд. Его задачей будет обеспечение долгосрочной программы вывода из эксплуатации всех рассматриваемых объектов. Фонд будет формироваться за счёт отчислений эксплуатирующих организаций и трансфертов из федерального бюджета, в соответствии с установленными долями обязательств. Управление фондом будет осуществляться Оператором, наделённым полномочиями для инвестирования накопленных средств в низкорисковые активы под контролем финансового регулятора.

Таким образом, основная идея предлагаемого комплексного экономического механизма заключается в том, чтобы освободить эксплуатирующие организации от непрофильной деятельности по поддержанию в безопасном состоянии остановленных, но не приведённых в конечное состояние объектов ядерного наследия. Это позволит ускорить процесс их окончательного вывода из эксплуатации благодаря сосредоточению компетенций, финансовых ресурсов отрасли и средств федерального бюджета в рамках специализированной организации – Оператора. Такая концепция соответствует лучшим мировым практикам. Централизация управления ядерным наследием позволит системно оптимизировать принимаемые решения, снизить нагрузку на бюджет, консолидировать ответственность за использование бюджетных средств и дать возможность предприятиям сосредоточиться на своих основных производственных и инвестиционных задачах. В 2018–2020 годах эта идея была заложена в концепцию проекта федерального закона «Об особенностях безопасного содержания и вывода из эксплуатации отдельных объектов использования атомной энергии». Этот документ разрабатывался по заказу Госкорпорации «Росатом» и был согласован межведомственной рабочей группой и всеми заинтересованными федеральными органами исполнительной власти.

Большие финансовые затраты и длительные сроки выполнения работ, а также особенности объектов атомной отрасли, которые подразумевают высокую техническую сложность демонтажа и строгие требования к обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды в процессе проведения работ, требуют обоснованного планирования. Ошибки, допускаемые при определении варианта конечного состояния объекта, выборе стратегии и технологий для его достижения, формировании порядка и последовательности работ, в том числе при создании необходимых условий для предотвращения разрушений зданий и сооружений на этапе подготовки к приведению их в конечное состояние, могут значительно увеличить затраты на проект. В условиях ограниченных финансовых ресурсов и инфраструктуры это может привести к затягиванию сроков, повышению радиационных рисков и удорожанию всего процесса решения проблемы ядерного наследия.

Учитывая перечисленные факторы и предпосылки, на первый план выходит финансово-экономическое обоснование принимаемых управленческих решений. Это касается оценки будущих обязательств государства и эксплуатирующих организаций, а также качественного планирования, включая идентификацию и инвентаризацию объектов ядерного наследия, оценку размера затрат, необходимых для их эффективного и безопасного вывода из эксплуатации, и оптимизацию очередности приведения объектов в конечное состояние.

Для решения данной задачи в рамках настоящей работы разработана финансово-экономическая модель оценки издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия (далее – Модель), подробное описание и результаты применения которой представлены в следующем параграфе главы.

3.2 Модель оценки издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия

Создание сложных многофакторных экономических моделей является неотъемлемой частью процесса планирования, управления и анализа хозяйственной деятельности, которая зависит от множества условий и сценариев. Разработка таких инструментов позволяет решить ряд важных задач:

- анализ действующей системы финансирования;
- прогнозирование будущих финансовых потоков для планирования деятельности;
- имитационное моделирование процессов при различных сценариях с целью проведения риск-анализа;
- анализ сценариев и обоснование стратегических и управленческих решений.

Состав и объем данных Модели должен обеспечивать воспроизведение различных сценариев обращения с объектами ядерного наследия и выполнение прогнозных оценок.

Разработка Модели в рамках настоящей работы включала в себя следующие ключевые этапы:

- 1) систематизация, агрегирование и анализ данных об объектах – создание единой базы данных о значимых характеристиках объектов с учетом введенной в параграфе 2.2 классификации;
- 2) разработка алгоритмов Модели – формирование гипотез и допущений для оценки операционных и капитальных затрат на обращение с объектами ядерного наследия, с учетом методов, описанных в параграфе 2.2;
- 3) формирование расчетных блоков Модели по основным видам издержек обращения с объектами, связанным с поддержанием в безопасном состоянии после прекращения использования по проектному назначению, приведением в конечное

состояние, а также потерями от неиспользования территорий до момента снятия ограничений по радиационному фактору.

Для успешного выполнения задачи исследования и проведения всестороннего анализа текущей ситуации необходимо уже на начальном этапе иметь доступ к структурированной информации об исследуемых объектах. В настоящее время не существует единого источника, который бы содержал полные сведения обо всех объектах ядерного наследия в России, включая финансовые оценки, а также информацию о выполненных и запланированных работах. В рамках исследования была впервые разработана структура массива данных об объектах ядерного наследия, которая включает в себя перечень объектов с подробной информацией о них. Структура базы данных зарегистрирована в качестве результата интеллектуальной деятельности: «База данных для экспертной поддержки реализации программных мероприятий на основе комплексного анализа результатов выполнения Программы и оценки текущего и перспективного состояния промышленных площадок размещения ядерно- и радиационно- опасных объектов» [91] (далее – БД ОЯН). Такая база данных может являться прообразом будущей государственной системы учета объектов ядерного наследия и использоваться органами управления в области использования атомной энергии и прежде всего, Госкорпорацией «Росатом», при оценках экономических, технологических, экологических и прочих аспектов, необходимость которой отмечена в Основах госполитики.

К основным источникам информации, использованным при формировании БД ОЯН, относятся:

- 1) данные инвентаризации объектов, проведенной в рамках ФЦП ЯРБ, дополненные данными автоматизированной системы управления имущественными активами Госкорпорации «Росатом»: правовые и технические характеристики объектов, данные об их местоположении и собственнике, идентификаторы, технические и физические параметры и прочее;

- 2) сведения о финансовых обязательствах эксплуатирующих организаций по выводу из эксплуатации, реабилитации загрязненных территорий и обращению

с радиоактивными отходами: включая перечень объектов, их ключевые характеристики, сроки стадий жизненного цикла, прогнозы образования отходов, планы-графики и оценки стоимости вывода из эксплуатации (включая приведение объекта в безопасное состояние);

3) проектная и эксплуатационная документация, включая программы и концепции вывода из эксплуатации объектов, отчеты о комплексных обследованиях;

4) материалы первичной регистрации пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов, проведенной в 2013-2014 годах [153]: номенклатура классификационных кодов радиоактивных отходов, размещенных в конкретном пункте хранения, их статус, суммарный объем;

5) материалы ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2: плановые и фактические результаты мероприятий, целевые показатели, объемы финансирования, отчетность по выполненным контрактам, и прочая связанная с объектами документация;

6) данные об операционных затратах на поддержание в безопасном состоянии остановленных к настоящему моменту эталонных объектов и пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов, а также нормативы таких затрат для объектов различных типов в соответствии с введенной классификацией.

Основной массив данных представляет собой объемную таблицу, состоящую из более 2,5 тысяч уникальных строк, соответствующих объектам ядерного наследия, и их параметров по столбцам (с указанием основных и инфраструктурных объектов). Каждая строка массива имеет свое уникальное название, связанное с идентификатором объекта, что позволяет быстро сформировать любой запрос и получить необходимую информацию по конкретному объекту или их совокупности. Все характеристики объектов для удобства сгруппированы по смысловому содержанию в тематические группы, которые раскрывают физические, экономические, хозяйственные и прочие свойства. Параметры объектов, расположенные по столбцам, включают в себя более 40 характеристик, основные из которых приведены на рисунке 3.2.

1 Идентификационные характеристики	3 Характеристики, относящиеся к РАО
<ul style="list-style-type: none"> • тип, класс объекта ; • дивизион в контуре Госкорпорации «Росатом» • эксплуатирующая организация; • наименование объекта; • инв. и кадастровый номер; • адресные данные; • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • объем накопленных РАО; • категория/морфология РАО; • стратегия обращения; • ...
2 Функционально-технические характеристики	4 Планово-экономические
<ul style="list-style-type: none"> • вид деятельности/проектное назначение, реквизиты лицензии ; • общая площадь; • строительный объем; • площадь застройки ; • год ввода в эксплуатацию; • год прекращения эксплуатации; • фактическая стадия жизненного цикла; • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • концепция ВЭ; • год начала и окончания вывода из эксплуатации (план/факт); • затраты на ПБС в год; • затраты на приведение в КС (включая обращение с РАО) ; • участие в мероприятиях ФЦП-ЯРБ-2 и иных программах ; • первоначальная балансовая, остаточная стоимости и накопленная амортизация; • потери от неиспользования территории в год; • ...

Рисунок 3.2 – Основные элементы структуры массива данных об объектах ядерного наследия

Источник: составлено автором

Для разработки Модели были учтены и проанализированы особенности доступных финансовых оценок по рассматриваемым направлениям деятельности и сформированы соответствующие гипотезы и допущения, описанные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Особенности финансовых оценок по обращению с ядерным наследием и гипотезы Модели

Направления издержек	Особенности финансовых оценок	Гипотезы и допущения Модели
Затраты на реализацию процессов поддержания в безопасном состоянии и приведения в конечное состояние объектов ядерного наследия, включая затраты на управление рисками:		
1) приведение в конечное состояние, в том числе консервация пунктов хранения особых радиоактивных отходов	Укрупненные оценки проведены (по МСФО). Уточнение возможно только при устранении неопределенностей характеристик путем тщательных обследований объектов.	Оценки финансовых обязательств и график приведения в конечное состояние – на основе плана реализации ФЦП ЯРБ-2 и исходных данных оценок обязательств по МСФО (большинство объектов). Рассмотрение различных сценариев оптимизации графика приведения в конечное состояние.
2) приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение	Оценки по всему объему накопленных радиоактивных отходов отсутствуют .	Оценки выполняются расчетным методом на основе имеющихся данных об удельных расценках в зависимости от типов радиоактивных отходов и применимых к ним производственно-

Направления издержек	Особенности финансовых оценок	Гипотезы и допущения Модели
накопленных удаляемых радиоактивных отходов	Имеются статистические данные по стоимости обращения отдельных партий удаляемых радиоактивных отходов и средние удельные расценки по некоторым операциям согласно отчетности по МСФО и выполненным контрактам.	технологическим цепочкам (по данным отчетности по МСФО). Год начала работ устанавливается в зависимости от графика приведения в конечное состояние пунктов хранения (направление 1) и объемов подлежащих удалению радиоактивных отходов (в среднем, за 3 года до начала работ по приведению в конечное состояние).
3) поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов	Оценки в разрезе объектов отсутствуют . Имеются сведения по отдельным объектам или комплексам (эталон): 25% покрытие статистическими данными о затратах от общей выборки объектов, остальное – моделирование	Оценки расчетным методом на основе удельных затрат в зависимости от типа объекта на основе методов, описанных в параграфе 2.2, и введенной классификации объектов. Операционные затраты на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов формируются с момента прекращения эксплуатации объекта по проектному назначению (в год останова) до года начала приведения в конечное состояние (направление 1).
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	Оценки в разрезе пунктов хранения отсутствуют . Имеются сведения по отдельным пунктам хранения (эталон): 50% покрытие статистическими данными о затратах от общей выборки объектов, остальное – моделирование	Оценки расчетным методом на основе удельных затрат в зависимости от типа пункта хранения на основе методов, описанных в параграфе 2.2, и введенной классификации объектов. Операционные затраты на обеспечение безопасности пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов формируются в зависимости от типа объекта: – для пунктов хранения особых радиоактивных отходов – затраты формируются до окончания работ по консервации объекта (направление 1), далее – долгосрочный мониторинг (в размере 1/3 от годовых затрат); – для пунктов хранения удаляемых радиоактивных отходов – до года начала работ по ликвидации объекта (направление 1).

Направления издержек	Особенности финансовых оценок	Гипотезы и допущения Модели
Потери от неиспользования территорий	Оценки в разрезе объектов и площадок отсутствуют.	<p>Оценки расчетным методом на основе подхода, описанного в параграфе 2.3 – выражение (2.13).</p> <p>Для расчета используются официальные данные Росстата о величине валового регионального продукта за 2022 год [149] и имеющаяся в БД ОЯН информация о площади застройки остановленных объектов.</p> <p>В случае отсутствия в базе данных информации о площади застройки для конкретного объекта, в расчете принимается консервативная усредненная оценка – 1 300 м².</p>

Источник: составлено автором с учетом [60]

Разработанная Модель включает в себя сформированную БД ОЯН, расчетные алгоритмы для оценок текущих и будущих издержек по обращению с рассматриваемыми объектами по направлениям, приведенным в таблице 3.2, на основании методов, приведенных в параграфе 2.3.

В Модели при оценке затрат на приведение к критериям приемлемости накопленных удаляемых радиоактивных отходов (направление №2 таблицы 3.2) использовался сформированный в БД ОЯН перечень пунктов хранения с информацией о размещенных в них накопленных отходов, включая номенклатуру кодов отходов и их суммарный объем. В зависимости от набора характеристик радиоактивных отходов в Модели подбирается подходящая производственно-технологическая цепочка, представляющая собой набор последовательных операций по приведению выбранного типа отходов к критериям приемлемости для последующего захоронения. Для каждой операции указывается коэффициент изменения объёма после переработки. Размер удельных затрат на каждую операцию определяется в соответствии с расценками, применяемыми организациями при оценке финансовых обязательств по МСФО. Процесс приведения удаляемых радиоактивных отходов к критериям приемлемости в рамках расчётной модели включает в себя 4 основных этапа: извлечение,

переработка (в соответствии с подходящими к данному типу отходов производственными цепочками), контейнеризация и передача на захоронение.

Анализ преимуществ и недостатков каждого из предложенных в параграфе 2.2. подходов к моделированию затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов (направление №3 таблицы 3.2), а также сходимость результатов модели с фактическими данными для эталонных объектов показал целесообразность применения в качестве приоритетного метода оценки удельных затрат (тарифов) многофакторной регрессии на базе введенной классификации, отраженной в таблице 2.8.

Для пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов (направление №4 таблицы 3.2) – использован модифицированный подход расчета «эталонных» тарифов. Метод многофакторной регрессии, по аналогии с остановленными объектами ядерного наследия, в данном случае не показал удовлетворительных результатов, что, в первую очередь, связано с недостатком достоверных фактических данных. Кроме того, более 50% затрат эталонной выборки приходится на объекты одной организации, что при недостаточно детальной классификации типов пунктов хранения ориентирует модель на удельные показатели этой организации и соответственно значительно искажает итоговые тарифы по другим организациям отрасли [108]. В этой связи за «эталонные» приняты объекты или группа объектов, для которых имеются статистические данные о размере годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии.

Сопоставление фактических (исходных эталонных) данных с результатами моделирования затрат на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов и пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов на базе применения описанных методов показывают достаточно хорошую сходимость с фактическими данными (более 90%) – рисунки 3.3-3.4.

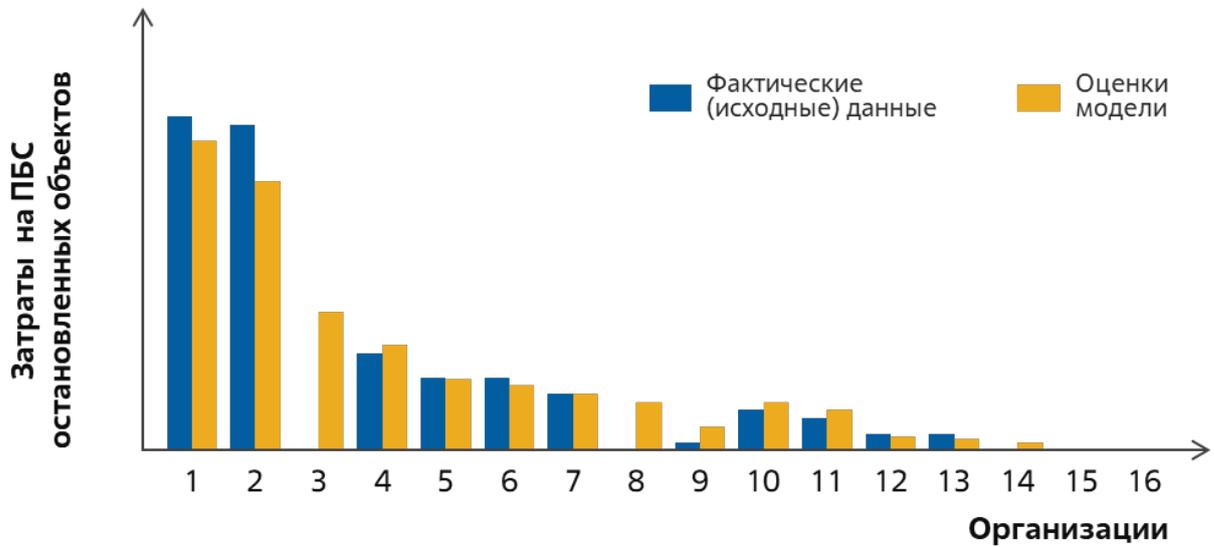


Рисунок 3.3 – Сопоставление результатов моделирования и данных о фактических затратах на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов ядерного наследия в разрезе эталонных организаций

Источник: составлено автором

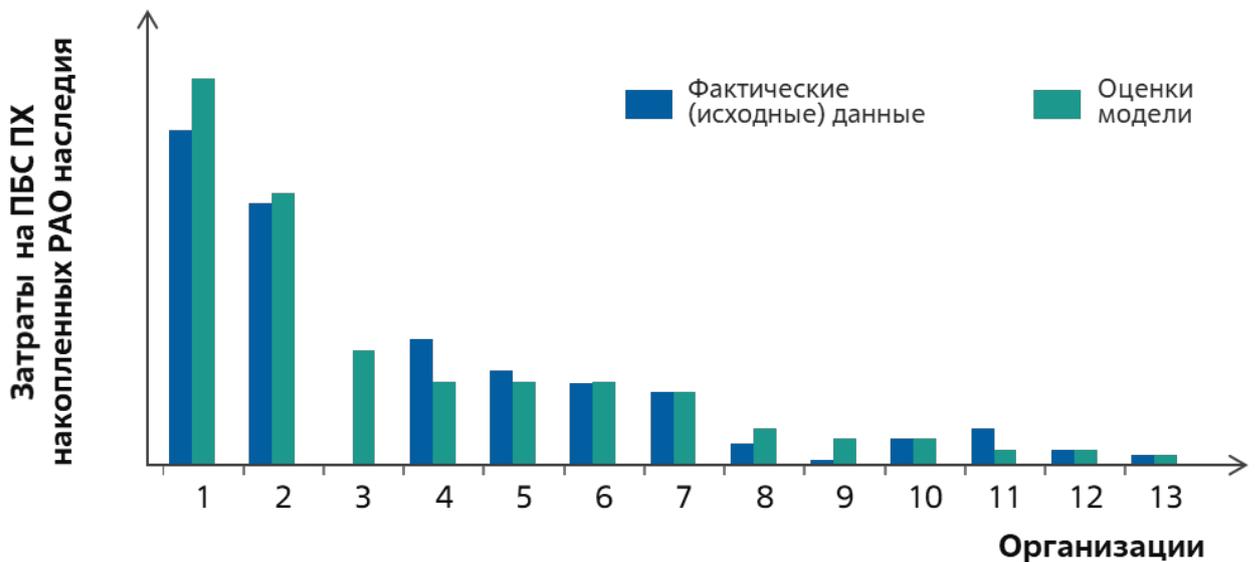


Рисунок 3.4 – Сопоставление результатов моделирования и данных о фактических затратах на поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов в разрезе эталонных организаций

Источник: составлено автором

Рассчитанные и интегрированные в Модель значения нормативов удельных затрат по направлениям №3 и №4 таблицы 3.2 приведены в приложениях А и Б соответственно.

В исследовании для комплексной оценки издержек вывода из эксплуатации всей совокупности объектов ядерного наследия на основе Модели рассмотрено 3 долгосрочных сценария:

1) *базовый*: очередность объектов для приведения в конечное состояние установлена исходя из текущих планов организаций и Госкорпорации «Росатом» на основе ФЦП ЯРБ-2 и отчетности по МСФО в предположении, что все потребности обеспечены финансированием;

2) *консервативный*: введено ограничение по размеру финансирования работ по приведению объектов ядерного наследия в конечное состояние со стороны государства в размере 5 млрд руб. в год (сопоставимо с текущим уровнем финансирования в рамках ФЦП ЯРБ-2), объекты ранжируются по размеру совокупных издержек заключительной стадии жизненного цикла (чем выше размер издержек, тем выше приоритет срока приведения объекта в конечное состояние);

3) *сбалансированный*: введено ограничение по размеру финансирования работ по приведению объектов ядерного наследия в конечное состояние со стороны государства в размере 20 млрд руб. в год, объекты для приведения в конечное состояние ранжируются аналогично консервативному сценарию [105].

Более подробно параметры сценариев в разрезе направлений деятельности представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Параметры сценариев в разрезе направлений деятельности для расчета финансовых потоков в Модели

Направление работ	Сценарий		
	(1) – Базовый	(2) – Консервативный	(3) – Сбалансированный
1) Приведение объектов ядерного наследия в конечное состояние, в том	До 2035 года план-график приведения объектов в конечное состояние и консервации особых радиоактивных отходов соответствует планам реализации ФЦП ЯРБ-2 (перечень объектов и плановые сроки завершения работ).		

Направление работ	Сценарий		
	(1) – Базовый	(2) – Консервативный	(3) – Сбалансированный
числе консервация пунктов размещения особых радиоактивных отходов	После 2035 года состав объектов и плановые сроки по их приведению в конечное состояние определены в соответствии с данными отчетности по МСФО или экспертно. Ограничения финансирования нет.	После 2035 года очередность приведения объектов в конечное состояние определена исходя из размера совокупных годовых издержек в соответствии с выражением 2.7. Ограничение годовых затрат на приведение в конечное состояние в размере 5 млрд руб. в год.	После 2035 года очередность приведения объектов в конечное состояние определена исходя из размера совокупных годовых издержек в соответствии с выражением 2.7. Ограничение годовых затрат на приведение объектов в конечное состояние в размере 20 млрд руб. в год.
2) приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов	За 3 года до начала ликвидации пункта хранения радиоактивных отходов начинаются работы по извлечению и кондиционированию накопленных в них отходов. Срок начала приведения пункта хранения в конечное состояние определен по аналогии с направлением 1.		
3) поддержание в безопасном состоянии объектов	До 2035 года состав объектов и сроки по их останову и началу приведения в конечное состояние соответствуют планам ФЦП ЯРБ-2. После 2035 года эти параметры определены в соответствии с данными отчетности по МСФО или экспертно по (синхронизированы с направлением 1). Ограничений финансирования нет.	До 2035 года аналогично базовому сценарию. После 2035 года – смещение сроков в соответствии с планами по приведению объектов в конечное состояние, определенными в Сценарии 2 направления 1.	До 2035 года аналогично базовому сценарию. После 2035 года – смещение сроков в соответствии с планами по приведению объектов в конечное состояние, определенными в Сценарии 3 направления 1.

Направление работ	Сценарий		
	(1) – Базовый	(2) – Консервативный	(3) – Сбалансированный
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	До 2035 года состав объектов и сроки нахождения в состоянии заполненном состоянии соответствуют планам реализации ФЦП ЯРБ-2. После 2035 года эти параметры определены в соответствии с данными отчетности по МСФО или экспертно (синхронизированы с направлением 1). Ограничения финансирования нет.	До 2035 года – аналогично базовому сценарию. После 2035 года – смещение сроков в соответствии с планами по ликвидации пунктов хранения удаляемых радиоактивных отходов и консервации пунктов размещения особых радиоактивных отходов, определенными в Сценарии 2 направления 1.	До 2035 года – аналогично базовому сценарию. После 2035 года – смещение сроков в соответствии с планами по ликвидации пунктов хранения удаляемых радиоактивных отходов и консервации пунктов размещения особых радиоактивных отходов, определенными в Сценарии 3 Направления 1.

Источник: составлено автором

Оценка результативности и эффективности рассматриваемых сценариев учитывает количество объектов ядерного наследия, которые будут приведены в конечное состояние, объем накопленных радиоактивных отходов, приведенных к критериям приемлемости, и размер соответствующих издержек.

В базовом сценарии оценка совокупных издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия с горизонтом планирования до 2100 года составляет более 3,5 трлн руб. (в ценах 2023 года). При этом будет приведено в конечное состояние 94% объектов и захоронено 99% накопленных отходов. Прогноз размера годовых издержек достигает пикового значения к 2050 году, далее характеризуется отрицательным трендом. Наибольший объем издержек (около 70%) приходится на приведение в конечное состояние – ликвидацию объектов и консервацию пунктов размещения особых радиоактивных отходов.

Рисунок 3.5 демонстрирует, что в базовом сценарии большая часть издержек на приведение объектов в конечное состояние и обращение с радиоактивными

отходами относится к периоду с 2035 по 2055 годы, после чего к 2100 году плавно сокращаются до значений, близких к нулю (остается долгосрочный мониторинг законсервированных пунктов размещения особых радиоактивных отходов).

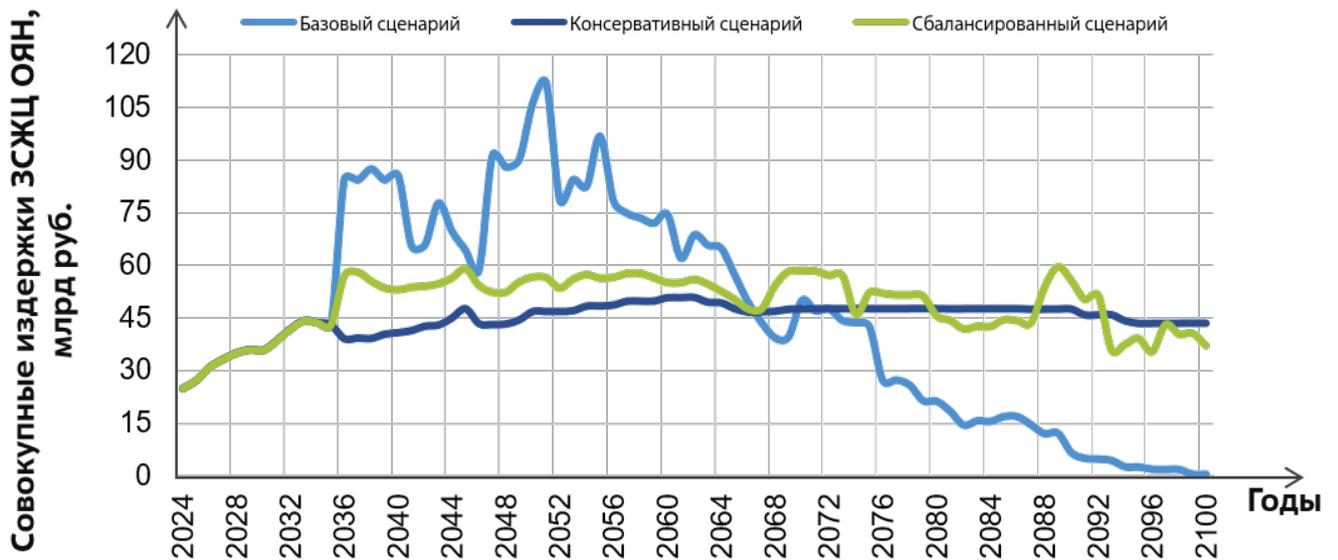


Рисунок 3.5 – Прогноз совокупных издержек на обеспечение заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия в рассмотренных сценариях за период 2024-2100 годов (млрд руб., в ценах 2023 года)

Источник: составлено автором

Издержки, связанные с поддержанием в безопасном остановленном состоянии объектов ядерного наследия и пунктов хранения, в базовом сценарии растут до 2050 года (20 млрд руб./год), после чего наблюдается отрицательный тренд, а к 2100 году сокращаются до 0. Первые пиковые значения издержек приходятся на 2036 год (84 млрд руб.), после чего наблюдается отрицательный тренд до 2046 года (59 млрд руб.), далее затраты растут и достигают 112 млрд руб. к 2050 году. Следующие пиковые значения приходятся на 2055 год (97 млрд руб.) и 2060 год (75 млрд руб.).

Полученная «пилообразная» картина издержек заключительной стадии жизненного цикла всей совокупности объектов ядерного наследия, соответствующая базовому сценарию (Рисунок 3.5, синяя линия),

трудновыполнима на практике, поскольку требует неравномерного (с кратным изменением годовых издержек) привлечения финансовых и иных материальных ресурсов.

Это еще раз демонстрирует несбалансированность параметров существующей системы управления выводом из эксплуатации объектов ядерного наследия и актуальность внедрения инструментов оптимизации затрат и централизации управления [105]. Полученные интегральные финансовые оценки издержек на основе Модели для базового сценария представлены в приложении В.

Оценки на основе Модели для консервативного сценария показывают, что суммарные издержки, связанные с приведением объектов ядерного наследия в конечное состояние, составят около 3 431,70 млрд руб. к 2100 году. При условии увеличения ежегодных затрат на приведение объектов в конечное состояние с 5 млрд руб. (консервативный сценарий) до 20 млрд руб. (сбалансированный сценарий) размеры совокупных издержек до 2100 года будут сопоставимы: 3,4 трлн руб. и 3,8 трлн руб. соответственно. При этом показатели результативности этих сценариев к 2100 году существенно различаются. В консервативном сценарии только 56 наиболее крупных объектов, прежде всего, блоков АЭС (3% от общего числа) будет приведено в конечное состояние, а работы на остальных объектах остаются за рамками периода моделирования. В сбалансированном сценарии в конечное состояние за этот период будет переведено 1249 объектов (70% от общего числа).

Суммарные затраты на поддержание объектов в безопасном остановленном состоянии в консервативном сценарии составят 2,6 трлн руб., что в почти в 2 раза больше, чем в сбалансированном сценарии (1,2 трлн руб.). В консервативном сценарии ежегодно выделяется меньше средств на приведение объектов в конечное состояние, что приводит к сдвигу сроков этих работ на более поздние периоды. В результате происходит накопление затрат, связанных с поддержанием объектов в безопасном состоянии, а также потерь от неиспользования территорий. Таким образом, увеличение финансирования до 20 млрд руб. в год и, как следствие, ускорение темпов приведения объектов ядерного наследия в конечное состояние,

позволиткратно сократить расходы на поддержание объектов в безопасном остановленном состоянии объектов ядерного наследия и потери от неиспользования территорий.

Полученные интегральные оценки издержек на основе Модели для консервативного и сбалансированного сценариев представлены в приложении Г и Д соответственно.

Анализ расчетных модельных данных таблицы 3.4, наглядно иллюстрирует, что решение накопленных проблем, связанных с ядерным наследием – длительный и ресурсоемкий процесс. Ожидается, что потребуется порядка 100 лет при условии, что финансирование будет увеличено в 3-4 раза по сравнению с текущим уровнем. Для реализации таких масштабных задач активное участие государства, которое должно взять на себя ведущую роль в этом процессе.

Таблица 3.4 – Сравнение показателей моделирования сценариев приведения в безопасное конечное состояние всех объектов ядерного наследия до 2100 года

Показатель	Сценарий		
	Базовый	Консервативный	Сбалансированный
Совокупные издержки			
Издержки вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, включая рисковые издержки, млрд руб.	3 366,2	3 156,8	3 566,3
в том числе:			
издержки государства, млрд руб.	1 875,1	1 899,1	2 020,9
издержки эксплуатирующих организаций, млрд руб.	1 284,5	1 257,2	1 338,8
затраты на обращение с накопленными радиоактивными отходами, млрд руб.	206,6	0,5	206,6
Потери от неиспользования территорий, млрд руб.	157,7	274,9	205,2
Всего, млрд руб.	3 523,9	3 431,7	3 771,5
Результативность			
Приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия, шт.	1 700	56	1 249
Передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов, тыс. м ³	614	2	614

Источник: составлено автором

В целях оценки достаточности средств эксплуатирующих организаций, направленных на обеспечение достижения конечного состояния объектов ядерного наследия (включая блоки АЭС), выполнен прогноз накопления средств в соответствующих специальных резервных фондах Госкорпорации «Росатом» и АО «Концерн Росэнергоатом» (далее – СРФ) с учетом имеющейся информации о выручке этих организаций, нормативах предельного размера отчислений и размерах ежегодных отчислений в эти резервы (создания резервов) [63].

Перечень организаций, отчисляющих средства в указанные специальные резервные фонды, утверждается Правительством Российской Федерации на основании Распоряжения от 14.09.2009 № 1311-р «О перечне организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты». В сложившейся системе финансирования деятельности по обращению с рассматриваемыми объектами из внебюджетных источников около 85% общих отраслевых резервов на эти цели формируются за счет процента от выручки АО «Концерн Росэнергоатом» и АО «ТВЭЛ». В связи с этим при прогнозировании размера накоплений специального резервного фонда с горизонтом планирования до 2100 года в рамках допущений Модели анализируется динамика фактических значений отчислений АО «ТВЭЛ» по данным публичной бухгалтерской отчетности по российским стандартам бухгалтерской отчетности (РСБУ) за 5 лет (за период 2016-2020 годов¹⁾) [154]. По АО «Концерн Росэнергоатом» прогнозная оценка отчислений в резервы, относящаяся к энергоблокам ядерного наследия, включая уже накопленную часть, известна и составляет 216 млрд руб. [152]. Согласно пояснениям к бухгалтерской (финансовой) отчетности АО «ТВЭЛ» в таблице 3.5 отражено значение показателя «Создание резерва»: резерв на вывод из эксплуатации (№3).

¹⁾ После 2020 года бухгалтерская отчетность АО «ТВЭЛ» по РСБУ не публиковалась в открытом доступе

Таблица 3.5 – Движение сумм отраслевых резервов по направлению вывода из эксплуатации за период 5 лет, млрд руб. в ценах 2023 года

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее значение в год	Накоплено на конец периода
создание резерва, млрд руб.	1,1	1,2	1,2	1,2	1,4	-	-	-	1,2	0,1

Источник: [154]

На рисунке 3.6 отражен прогноз динамики накопления средств в специальном резервном фонде в сравнении с величиной совокупных затрат, связанных с приведением объектов ядерного наследия в безопасное конечное состояние, для рассмотренных сценариев моделирования. Накопленные за рассматриваемый период моделирования средства резервных фондов при сохранении текущих темпов накопления не покроют все потребности, связанные с выводом из эксплуатации всей совокупности объектов ядерного наследия ни в одном из рассматриваемых сценариев. Для устранения данного дефицита при отсутствии государственной поддержки будет необходимо не только увеличить темпы накопления резервов, но и повысить предельные размеры отчислений эксплуатирующих организаций в резервный фонд, направленный на вывод из эксплуатации существующих объектов, установленные Постановлениями Правительства России [93, 94].

При сохранении текущей выручки организации и в предположении, что оценки затрат на приведение существующих объектов в конечное состояние не возрастут, размер этих отчислений для наиболее оптимального сбалансированного сценария, в случае отсутствия разделения обязательств между государством и эксплуатирующими организациями должен составить не менее 4% от выручки в области использования атомной энергии, что негативно скажется на тарифе на электроэнергию и себестоимости выпускаемой продукции.

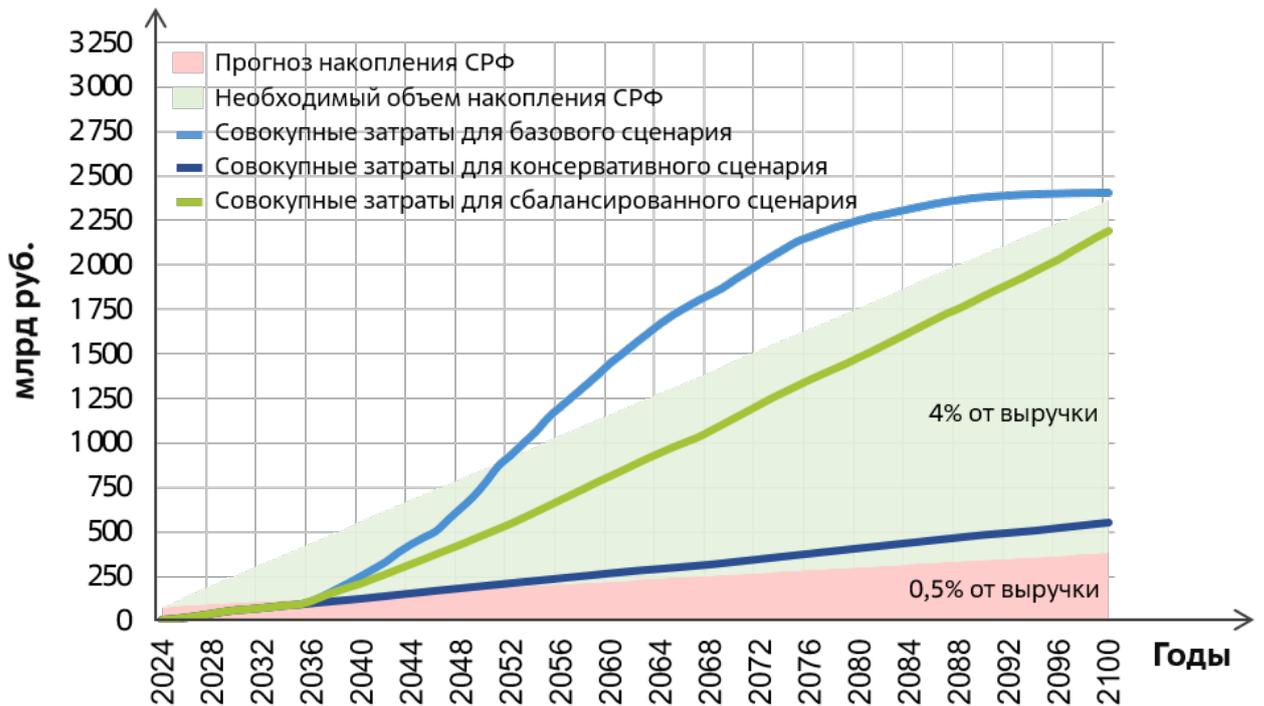


Рисунок 3.6 – Прогноз объемов отчислений организаций Госкорпорации «Росатом» в специальный резервный фонд и совокупных затрат на приведение объектов ядерного наследия в конечное состояние нарастающим итогом (млрд руб., в ценах 2023 года)

Источник: составлено автором

На рисунке 3.7 отражено аналогичное сравнение совокупных затрат рассмотренных сценариев и накопленных резервов на их финансирование при условии разделения финансовых обязательств между государством и организациями в соответствии с предложенным в параграфе 3.1 подходом.

Формирование оптимальной очередности объектов для приведения в конечное состояние (сбалансированный сценарий), разделение обязательств между государством и организациями в соответствии с предложенным в параграфе 3.1 подходом и отчисление средств в специальные резервные фонды в размере 1,4% от выручки в области использования атомной энергии (примерно в три раза выше текущих отчислений), что не превышает действующие нормативные пределы, полностью покрывает финансовые потребности вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия.

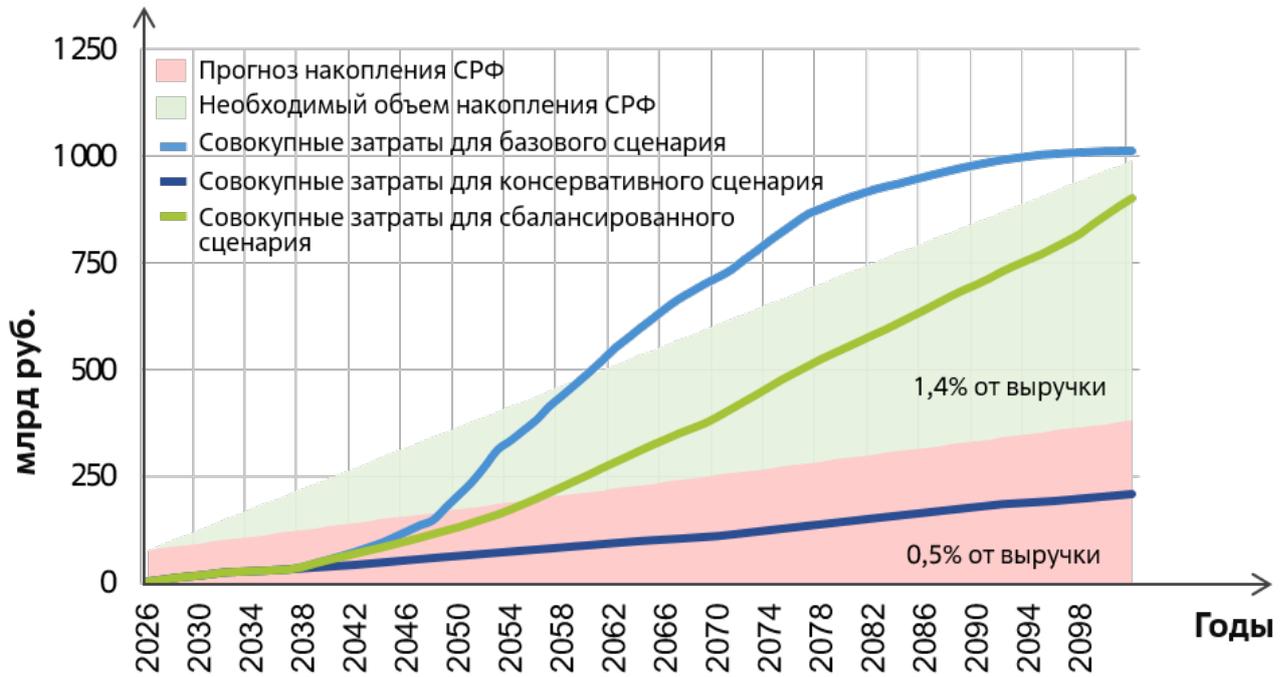


Рисунок 3.7 – Прогноз объемов отчислений организаций Госкорпорации «Росатом» в специальный резервный фонд и затрат на приведение объектов ядерного наследия в конечное состояние (только обязательства эксплуатирующих организаций) нарастающим итогом (млрд руб., в ценах 2023 года)

Источник: составлено автором

Таким образом, разработанная Модель позволяет выполнять прогнозные оценки совокупных издержек вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, обусловленные с их поддержанием в безопасном состоянии, переводом в конечное состояние и потерями от неиспользования территорий, а также принимать на базе полученных оценок необходимые управленческие решения, направленные на повышение эффективности деятельности по решению накопленных проблем ядерного наследия.

Данные, полученные при формировании и использовании Модели, легли в основу разработки методов оценки результативности и эффективности по всему комплексу работ и в отношении всех компонент ядерного наследия, описание которых представлено в параграфе 3.3.

3.3 Методы оценки результативности и эффективности деятельности по приведению ядерного наследия в экологически безопасное состояние

В Российской Федерации целевые индикаторы и показатели являются неотъемлемой частью федеральных и ведомственных целевых программ, что обусловлено внедрением методологии бюджетирования, ориентированного на результаты. Однако при определении этих индикаторов и показателей возникают методологические сложности: необходимо учитывать различные аспекты реализации проекта, такие как социальные, политические, финансовые и экологические. Использование разных критериев может привести к искажению результатов оценки и изменению стимулов для повышения эффективности работы государственных органов [155].

При разработке системы показателей результативности в области вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия необходимо учитывать описанные в настоящей работе особенности классификации, планирования, финансирования и возможностей учета полученных результатов. Для текущей (оперативной) оценки результативности и эффективности работ в настоящее время используется система натуральных целевых показателей мероприятий ФЦП ЯРБ-2 и государственной программы «Развитие атомного энергопромышленного комплекса» (далее – РАЭПК) (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Показатели результативности действующих программ в разрезе направлений работ по приведению компонент ядерного наследия в экологически безопасное состояние

Направление работ	Показатель результативности
1) Приведение объектов в конечное состояние, в том числе консервация пунктов	Целевой показатель ФЦП ЯРБ-2 «Вывод из эксплуатации и ликвидация ядерно- и радиационно- опасных объектов, единиц»

Направление работ	Показатель результативности
размещения особых радиоактивных отходов	
2) приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов	Целевой показатель ФЦП ЯРБ-2 «Объем приведенных к критериям приемлемости и переданных на захоронение радиоактивных отходов, тыс. куб. м»
3) поддержание в безопасном состоянии объектов ядерного наследия	Показатель РАЭПК «Количество остановленных ядерно- и радиационно- опасных объектов наследия, содержащихся в безопасном состоянии, штук»
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	Показатель РАЭПК «Объем хранящихся накопленных федеральных радиоактивных отходов, тыс. куб. м»
5) реабилитация радиационно загрязненных территорий	Целевой показатель ФЦП ЯРБ-2 «Реабилитация радиационно загрязненных территорий, тыс. кв. м»
6) транспортировка на централизованное хранение сборок отработанного ядерного топлива	Целевой показатель ФЦП ЯРБ-2 «Количество вывезенных на централизованное хранение облученных тепловыделяющих сборок, штук»
7) переработка отработанного ядерного топлива	Целевой показатель ФЦП ЯРБ-2 «Количество переработанного отработавшего ядерного топлива, тонн»

Источник: составлено автором на основе [156]

Целевые показатели, указанные в таблице 3.6, отражают количественную оценку результативности в течение ограниченного временного интервала – срока действия программы – и не позволяют оценить прогресс в решении всех накопленных проблем ядерного наследия. Чтобы учесть этот аспект, целесообразно ввести сводный экологический индикатор, агрегирующий целевые показатели по рассматриваемым направлениям деятельности, указанным в таблице 3.6, который будет определять долю выполненных работ по решению проблем ядерного наследия в рамках каждого направления работ с учетом весовых коэффициентов (далее – Индикатор) [105]. Примером подобной практики и подходов является система индикаторов устойчивого развития и, в частности, индикатор «Обращение

с радиоактивными отходами» [157]. Тем не менее в [18] отмечается, что экологические индикаторы для целей устойчивого развития являются наименее проработанными, как в мире в целом, так и в России, а первостепенной является задача определения адекватных доступных количественных статистических показателей.

Индикатор и методика его расчета должны соответствовать установленным нормативным требованиям [158, 159]. Кроме того, до начала 2023 года действовали дополнительные требования, которые необходимо было учитывать при разработке подобных индикаторов [160, 161].

Общий алгоритм разработки Индикатора включал в себя 5 основных этапов:

- 1) подбор количественного показателя, характеризующего «масштаб» каждого направления, отмеченного в таблице 3.6;
- 2) оценка объема выполненных работ (плановых/фактических) согласно имеющимся данным в рамках каждого направления;
- 3) оценка прогресса, который рассчитывается как отношение накопленного итога выполненных работ на конкретный год к совокупному «масштабу» в рамках каждого направления;
- 4) оценка вклада каждого частного показателя по направлениям (п.3) в совокупное решение проблемы приведения всех компонент ядерного наследия в экологически безопасное состояние – весовые коэффициенты;
- 5) расчет Индикатора как суммы произведений весовых коэффициентов каждого частного показателя по направлениям (п.4 алгоритма) на долю «решения» (плановую или фактическую) по каждому направлению (п.3 алгоритма).

В качестве точки отсчета измерения Индикатора целесообразно определить начало реализации действующей масштабной программы в области приведения ядерного наследия в безопасное состояние – ФЦП ЯРБ-2 – 01.01.2016.

Оценка степени прогресса работ или «решения проблемы» по каждому направлению, указанному в таблице 3.6 (далее – Показатель по направлению) – выражается как отношение объема выполненных работ в конкретном году, начиная с 2016 года, к общему масштабу проблемы на момент начала 2016 года. Оценка

общего масштаба ядерного наследия по каждому из направлений производится на основе установленной меры, которая определяется с учетом специфики объектов и доступной информации о них. Влияние каждого направления на значение Индикатора рассчитывается с учетом совокупной опасности объектов ядерного наследия, относящихся к данному направлению, а также сложности задач, связанных с приведением этих объектов в окончательное экологически безопасное состояние [105].

При разработке Индикатора основной задачей было выработать подходы к определению «масштаба проблемы» и «объема выполненных работ» — ключевых показателей по каждому направлению таблицы 3.6. Индикатор должен учитывать особенности каждой группы объектов, обеспечивая баланс между объективностью показателя и его способностью отражать уровень опасности каждой компоненты ядерного наследия, которые являются разномасштабными и разноплановыми, имеющими различные единицы измерения (куб. м, кв. м, шт., м, т). При этом физические параметры, такие как: объем, площадь, длина, ширина, глубина, масса, количество, несмотря на высокую объективность оценки, не отражают уровень опасности объектов исследования. «Количество» ядерного наследия внутри укрупненных групп (объекты, накопленные радиоактивные отходы, накопленное отработавшее ядерное топливо, радиационно загрязненные территории) в совокупности составляет 100% проблемы. Эти факторы затрудняют расчет совокупного «масштаба проблемы» путем суммирования (усреднения) процентов выполнения работ по направлениям.

Наиболее простой в реализации подход оценки объема выполненных работ основывается на подсчете количества приведенных безопасное конечное состояние объектов ядерного наследия (в штуках/единицах) — по аналогии с соответствующим целевым показателем ФЦП ЯРБ-2. Этот подход отражает только факт выполнения работ и достижения результата (например, ликвидирован 1 объект), не учитывая при этом ни сложность применяемых технологий, ни опасность объекта, ни стоимость выполненных работ. В такой ситуации фактически вывод из эксплуатации крупного здания (например, здание 804

АО «АЭХК» строительным объемом более 1 млн куб. м) по «объему» выполненных работ приравнивается к ликвидации небольшого склада (например, склада баллонов АО «НЗХК» около 4 тыс. куб. м) при условии, что объекты сопоставимы по уровню радиационной опасности. Поскольку данный подход не чувствителен к уровню опасности объектов и их размеру, то его следует применять только в тех случаях, когда объекты сопоставимы между собой по опасности и сложности приведения в экологически безопасное конечное состояние (например, сборки отработавшего ядерного топлива одного типа).

Данную проблему решает альтернативный подход, при котором в расчете «объема» выполненных работ учитываются физические параметры объектов (масса, размер, объем и т.п.). Однако в нем содержатся определенные некорректности. Так, ликвидация крупного по объему здания по уровню опасности не эквивалентна приведению в конечное состояние энергоблока АЭС. Поскольку данный подход не чувствителен к уровню опасности объектов ядерного наследия, его следует применять только в тех случаях, когда объекты по опасности сопоставимы между собой (например, радиоактивные отходы одного класса, морфологического состава и схожих радиационных характеристик).

Подходы к оценке результатов реализации мероприятий через суммарную активность радиоактивных веществ на объекте и комплексного показателя его опасности наиболее точно отражают уровень опасности объектов ядерного наследия, однако существует проблема объективности их оценки исходя из имеющейся полноты исходных данных. В связи с этим, использовать данный показатель без математических преобразований при планировании и оценке результативности работ в рамках рассматриваемых направлений представляется некорректным.

Таким образом, с учетом анализа обозначенных преимуществ и недостатков каждого из вариантов для каждого направления работ должна быть определена своя мера оценки масштаба и прогресса в выполнении требуемых работ.

Предлагаемый расчет Индикатора определяется следующей формулой [105]:

$$Leg_t = \sum_{n=1}^7 K_n \cdot P_n^t \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где Leg_t – значение Индикатора в год t , %;

K_n – весовой коэффициент, характеризующий вклад направления n в достижение значения Индикатора (n – номер направления в области решения проблем ядерного наследия: 1 – приведение в объектов ядерного наследия в безопасное конечное состояние, 2 – приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных удаляемых радиоактивных отходов, 3 – поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов ядерного наследия, 4 – обеспечение безопасного хранения накопленных радиоактивных отходов, 5 – реабилитация радиационно загрязненных территорий, 6 – транспортировка на централизованное хранение облученных тепловыделяющих сборок, 7 – переработка отработавшего ядерного топлива), безразм.;

P_n^t – значение показателя результативности по n -му направлению в год t безразм.

Весовые коэффициенты K_n , характеризующие вклад результатов по соответствующим направлениям в достижение значения Индикатора, определены с учетом типов и опасности объектов, рассматриваемых в рамках каждого направления, сложности и стоимости выполняемых работ по приведению компонент ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние [105].

Поскольку основной целью решения проблем ядерного наследия является снижение потенциальной опасности для человека и окружающей среды, а в общем понимании уровень опасности объекта пропорционален совокупной радиоактивности, сосредоточенной в нем, предлагается множители, характеризующие совокупную опасность направления n – VA_n определять на основании нормирования совокупной радиационной активности элементов ядерного наследия в рамках каждого направления по суммарной активности всех

компонент (элементов) ядерного наследия:

$$VA_n = \frac{A_n}{\sum_n A_n}, \quad (3.4)$$

где A_n – совокупная активность элементов ядерного наследия, требующих перевода в экологически безопасное состояние в рамках направления n (по состоянию на 01.01.2016), Бк:

A_1 – оценочная суммарная активность объектов ядерного наследия, включая пункты хранения радиоактивных отходов, Бк;

A_2 – суммарная активность накопленных удаляемых радиоактивных отходов (не приведенных к критериям безопасности на начало 2016 года), согласно актам первичной регистрации радиоактивных отходов, Бк;

A_3 – усреднённая за период 2016-2027 годов суммарная годовая активность остановленных объектов ядерного наследия, которые необходимо поддерживать в безопасном состоянии, Бк;

A_4 – усреднённая за период 2016-2027 годов суммарная годовая активность накопленных радиоактивных отходов, которые необходимо поддерживать в безопасном состоянии, Бк;

A_5 – оценочная суммарная активность радиационно загрязнённых территорий, Бк;

A_6 – оценочная суммарная активность отработавшего ядерного топлива, находящегося в федеральной собственности (накопленного к 01.01.2008), требующего вывоз на централизованное долгосрочное хранение (кондиционные РБМК- 1000), Бк;

A_7 – оценочная суммарная активность отработавшего ядерного топлива, находящегося в федеральной собственности (накопленного к 01.01.2008), подлежащего переработке, Бк.

Чтобы дать более объективную оценку вкладу каждого показателя в рамках определенного направления, необходимо также учитывать сложность и стоимость

технологий, которые будут использоваться для безопасного обращения с ядерным наследием. Необходимость этого обуславливается тем, что в некоторых направлениях процесс приведения в безопасное состояние (при сопоставимых уровнях активности объектов между направлениями) технологически легче и, соответственно, дешевле. На основании полученного опыта в области приведения ядерного наследия в безопасное состояние в рамках ФЦП ЯРБ и ФЦП ЯРБ-2 и данных Модели оценена «стоимость» ликвидации 1% наследия в рамках каждого направления. Нормируя данные значения, были получены множители, характеризующие сложность и стоимость применяемых технологий:

$$VC_n = \frac{C_n}{\sum_n C_n}, \quad (3.5)$$

где C_n – стоимость решения 1% проблемы в рамках направления n (аналогично выражению 3.4), руб.

Определение весовых коэффициентов K_n представляет собой нормированное значение средней геометрической множителей, связанных с опасностью объектов (VA_n) и стоимостью выполнения работ (VC_n) [105]:

$$K_n = \frac{\sqrt{VA_n \cdot VC_n}}{\sum_n \sqrt{VA_n \cdot VC_n}}, \quad (3.6)$$

Полученные в соответствии с выражением (3.6) значения весовых коэффициентов K_n приведены в таблице 3.7.

Далее приведено описание особенностей и алгоритм расчета значений Показателей по рассматриваемым направлениям.

Таблица 3.7 – Значения весовых коэффициентов по направлениям для оценки Индикатора

Весовой коэффициент направления	Наименование направления	Значение (K_n)
K_1	Приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия, в том числе консервация пунктов размещения особых радиоактивных отходов	0,261
K_2	Приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов	0,308
K_3	Поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов ядерного наследия	0,003
K_4	Поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	0,035
K_5	Реабилитация радиационно загрязненных территорий	0,002
K_6	Транспортировка на централизованное хранение сборок отработавшего ядерного топлива	0,160
K_7	Переработка отработавшего ядерного топлива	0,231

Источник: составлено автором

Направление №1. Приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия.

На основе анализа доступных источников информации об объектах, их специфики и особенностей, включая оценки их опасности и сложности технологий приведения в конечное состояние было решено напрямую присвоить каждому объекту ядерного наследия числовое значение, характеризующее его «вклад» в масштабах рассматриваемого направления.

В качестве исходных данных о масштабе и результативности работ по направлению №1 использованы данные отчетности по МСФО, учтенные в описанной в параграфе 3.2 БД ОЯН:

– для пунктов размещения особых радиоактивных отходов – активность отходов из актов первичной регистрации радиоактивных отходов;

– для прочих объектов ядерного наследия – прогнозная активность радиоактивных отходов, образующихся в результате приведения объекта в конечное состояние.

В рамках каждого типа объектов ядерного наследия введенной в параграфе 2.3 классификации (таблица 2.8) выполнено усреднение активностей с целью нивелирования возможных погрешностей при их оценке и определена средняя удельная активность. На основе полученных данных для каждого рассматриваемого объекта определен «вклад» в направление №1.

Таким образом, показатель по направлению №1 определяется значением вкладов конкретных объектов ядерного наследия, приведенных в конечное состояние, отражающих долю их потенциальной опасности в совокупности всех объектов. Сумма вкладов по всем объектам ядерного наследия равна 1 (100% масштаба проблемы по направлению №1).

Значение Показателя по направлению №1 в год t (нарастающим итогом с 2016 года) определяется по формуле:

$$P_1^t = \sum_{\tau=2016}^t \sum_i W_{i\tau}, \quad (3.7)$$

где $W_{i\tau}$ – вклад в Показатель по направлению №1 при приведении в экологически безопасное состояние конечное состояние i -го объекта ядерного наследия в τ -ом году, безразм.

Значение вклада W_i устанавливается для каждого объекта.

Направление №2. Приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов.

В качестве меры масштаба проблемы и объема выполненных работ в рамках направления предлагается применять показатель объема накопленных удаляемых радиоактивных отходов (в куб. м, источник данных – первичная регистрация радиоактивных отходов). От показателя «активность накопленных радиоактивных

отходов» было решено отказаться по причинам:

- по результатам актов первичной регистрации во многих пунктах хранения установить категорию и тип радиоактивных отходов не представляется возможным, а, следовательно, отнести отходы к конкретному классу проблематично и при определении суммарной активности радиоактивных отходов в конкретном пункте может быть допущена существенная ошибка;

- между активностью радиоактивных отходов и стоимостью обращения с отходами существует связь, однако она не линейная, то есть стоимость обращения с радиоактивных отходов активностью 10^9 Бк дороже обращения с радиоактивными отходами активностью 10^6 , но не в 1000 раз; до 2040 года захоронение радиоактивных отходов класса 1 и 2 не представляется возможным, ввиду отсутствия функционирующего пункта захоронения радиоактивных отходов для данных классов, а объем таких отходов не превышает 1% от общего количества удаляемых накопленных радиоактивных отходов.

Общий объем накопленных удаляемых радиоактивных отходов, находящихся в организациях в соответствии с актами первичной регистрации радиоактивных отходов, предлагается принять за 100% по направлению №2.

Значение Показателя по направлению №2 в год t (нарастающим итогом с 2016 года) определяется по формуле:

$$P_2^t = \frac{\sum_{\tau=2016}^t V_{\tau}}{V_{100\%}^{2016}}, \quad (3.8)$$

где V_{τ} – объем накопленных удаляемых радиоактивных отходов, приведенных к критериям приемлемости и переданных на захоронение ФГУП «НО РАО» в τ -ом году, куб. м;

$V_{100\%}^{2016}$ – совокупный объем накопленных удаляемых радиоактивных отходов на начало 2016 года, которые необходимо привести к критериям приемлемости и передать на захоронение, куб. м.

Направление №3. Поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов ядерного наследия.

С учетом аргументов, определивших выбор меры масштаба и результативности работ для направления №1, предлагается напрямую оценивать долю (процент) объектов ядерного наследия, поддержание в безопасном остановленном состоянии которых финансируется за счет средств федерального бюджета из всего перечня объектов, находящихся в режиме окончательного останова в конкретный год, которые необходимо поддерживать в безопасном состоянии. Аналогично выбрана мера масштаба и результативности работ для направления № 4 «Поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов». Значение Показателя по направлению №3 в год t определяется по формуле:

$$P_3^t = \frac{\sum_i W_{it}^{\text{ПБС}^+}}{\sum_i W_{it}^{\text{ПБС}^+} + \sum_i W_{it}^{\text{ПБС}^-}}, \quad (3.9)$$

где $W_{it}^{\text{ПБС}^+}$ – значение вклада i -го объекта ядерного наследия в Показатель по направлению №1, эксплуатация которого по проектному назначению прекращена и поддержание в безопасном состоянии которого финансируется за счет средств федерального бюджета в t -ом году, безразм.;

$W_{it}^{\text{ПБС}^-}$ – значение вклада i -го объекта ядерного наследия в Показатель по направлению №1, эксплуатация которого по проектному назначению прекращена, но поддержание в безопасном состоянии которого не финансируется за счет средств федерального бюджета в t -ом году, безразм.

Направление №4. Поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов.

Значение Показателя по направлению №4 в год t определяется по формуле:

$$P_4^t = \frac{\sum_i V_{it}^{\text{ПБС}^+}}{\sum_i V_{it}^{\text{ПБС}^+} + \sum_i V_{it}^{\text{ПБС}^-}}, \quad (3.10)$$

где $V_{it}^{\text{ПБС}^+}$ – объем накопленных радиоактивных отходов, размещенных в году t в i -ом пункте хранения, обеспечение безопасного хранения которых финансируется за счет средств федерального бюджета в t -ом году, куб. м;

$V_{it}^{\text{ПБС}^-}$ – объем накопленных радиоактивных отходов, размещенных в году t в i -ом пункте хранения, обеспечение безопасного хранения которых не финансируется за счет средств федерального бюджета в t -ом году, куб. м.

Направление №5. Реабилитация радиационно загрязненных территорий.

В качестве меры масштаба проблемы и объема выполненных работ предлагается применять значение площади радиационно загрязненных территорий (кв. м). В качестве альтернативных вариантов рассматривались объем загрязненного грунта (куб. м) и активность образующихся в результате реабилитации территории отходов (Бк), однако от данных показателей было решено отказаться, так как оценить эти характеристики объективно до начала выполнения работ по реабилитации не представляется возможным.

Значение Показателя по направлению №5 в год t (нарастающим итогом с 2016 года) определяется по формуле:

$$P_5^t = \frac{\sum_{\tau=2016}^t D_{\tau}}{D_{100\%}^{2016}}, \quad (3.11)$$

где D_{τ} – площадь радиационно загрязненных территорий, реабилитированных в τ -ом году, кв. м;

$D_{100\%}^{2016}$ – совокупная площадь радиационно загрязненных территорий на начало 2016 года, которые необходимо реабилитировать, кв. м.

Направление №6. Транспортировка на централизованное хранение сборок отработавшего ядерного топлива.

В качестве меры масштаба проблемы и объема выполненных работ предлагается применять показатель, характеризующий количество сборок отработавшего ядерного топлива (в шт.), подлежащих вывозу на долгосрочное централизованное хранения (в соответствии с выбранной для данного типа топлива стратегией обращения). Сборки сопоставимы между собой по характеристикам, в результате чего целесообразно использовать штучную меру.

Значение Показателя по направлению №6 в год t (нарастающим итогом с 2016 года) определяется по формуле:

$$P_6^t = \frac{\sum_{\tau=2016}^t R_{\tau}}{R_{100\%}^{2016}}, \quad (3.12)$$

где R_{τ} – количество сборок отработавшего ядерного топлива типа РБМК-1000, вывезенных на централизованное хранение в τ -ом году, шт.;

$R_{100\%}^{2016}$ – количество сборок отработавшего ядерного топлива типа РБМК-1000 на начало 2016 года, которые необходимо транспортировать на централизованное хранение, шт.

Направление №7. Переработка отработавшего ядерного топлива.

В качестве меры масштаба проблемы и объема выполненных работ предлагается применять показатель, характеризующий массу отработавшего ядерного топлива (тонны тяжелого металла, ттм). Так как в данном направлении рассматриваются различные типы топлива (всего 6 типов), обладающие различными физическими характеристиками, то в качестве индикатора «проблемы» было целесообразно применять физический параметр – массу.

Значение Показателя по направлению №7 в год t (нарастающим итогом с 2016 года) определяется по формуле:

$$P_7^t = \frac{\sum_{\tau=2016}^t H_{\tau}}{H_{100\%}^{2016}}, \quad (3.13)$$

где H_{τ} – масса отработавшего ядерного топлива, переработанного в τ -ом году, т;

$H_{100\%}^{2016}$ – масса всего отработавшего ядерного топлива, подлежащего переработке, накопленного к 01.01.2008, по состоянию на 01.01.2016, т.

Значимые для расчета Индикатора сценарные параметры и условия, характеризующие направления №3 – №7 и не учтенные в таблице 3.3, представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Параметры сценариев при расчете Индикатора решения проблем ядерного наследия по направлениям №3-№7

Направление работ	Сценарные условия (едины для всех трех сценариев)
3) поддержание в безопасном состоянии объектов ядерного наследия	До 2027 года состав остановленных объектов, обеспечение безопасности которых осуществляется из средств федерального бюджета, соответствует планам реализации РАЭПК. Далее экстраполяция размера среднего годового финансирования в период 2019-2022 годов на период 2028-2100 годов и определение состава остановленных объектов, обеспечение безопасности которых осуществляется из средств федерального бюджета, по критерию максимально возможного суммарного вклада в общий показатель направления.
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	До 2027 года объемы отходов, безопасное хранение которых обеспечивается из средств федерального бюджета, соответствует планам реализации РАЭПК. Далее экстраполяция средних годовых объемов отходов, безопасное хранение которых обеспечивается из средств федерального бюджета в период 2019-2022 годов, на период 2028-2100 годов.
5) реабилитация радиационно загрязненных территорий	До 2035 года план-график реабилитации загрязненных территорий соответствует планам реализации ФЦП ЯРБ-2 (перечень объектов и плановые сроки завершения работ по реабилитации). В период 2036-2100 годов состав территорий и плановые сроки по их реабилитации определены в соответствии с данными отчетности по МСФО или экспертно.
6) транспортировка на централизованное	До 2035 года план-график транспортировки сборок отработанного ядерного топлива соответствует планам реализации ФЦП ЯРБ-2.

Направление работ	Сценарные условия (едины для всех трех сценариев)
3) поддержание в безопасном состоянии объектов ядерного наследия	До 2027 года состав остановленных объектов, обеспечение безопасности которых осуществляется из средств федерального бюджета, соответствует планам реализации РАЭПК. Далее экстраполяция размера среднего годового финансирования в период 2019-2022 годов на период 2028-2100 годов и определение состава остановленных объектов, обеспечение безопасности которых осуществляется из средств федерального бюджета, по критерию максимально возможного суммарного вклада в общий показатель направления.
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	До 2027 года объемы отходов, безопасное хранение которых обеспечивается из средств федерального бюджета, соответствует планам реализации РАЭПК. Далее экстраполяция средних годовых объемов отходов, безопасное хранение которых обеспечивается из средств федерального бюджета в период 2019-2022 годов, на период 2028-2100 годов.
хранение сборок отработавшего ядерного топлива	Далее экстраполяция среднего годового количества транспортированных сборок в период 2030-2035 годов на период 2036-2100 годов, до момента полного решения проблемы по данному направлению.
7) переработка отработавшего ядерного топлива	До 2035 года план-график переработки отработанного ядерного топлива соответствует планам реализации ФЦП ЯРБ-2. Далее экстраполяция среднего годового объема перерабатываемого топлива в период 2030-2035 годов на период 2036-2100 годов, до момента полного решения проблемы по данному направлению.

Источник: составлено автором

Аналогично оценкам издержек вывода из эксплуатации, приведенным в параграфе 3.2, при расчете Индикатора было рассмотрено три сценария – базовый, консервативный и сбалансированный. По рассматриваемым направлениям №1 – №4, указанным в таблице 3.6, параметры рассматриваемых для моделирования сценариев, касающиеся приведения объектов ядерного наследия в безопасное конечное состояние, соответствуют данным, представленным в таблице 3.3. По направлениям работ №5 – №7, указанным в таблице 3.6, варьируемые сценарные параметры не оказывают влияния на изменение расчетных значений показателей и Индикатора.

Динамика значений показателя по направлению № 1 «Приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия» для рассмотренных сценариев приведена на рисунке 3.8.

В базовом сценарии к 2100 году доля «решения проблемы» по направлению составит 89%. Средний прирост этого показателя в год составляет 1,06%. При этом самый стремительный рост приходится на период 2040-2060 годов, когда будут завершаться масштабные работы по приведению в конечное состояние наиболее сложных и потенциально опасных объектов: бассейнов-хранилищ радиоактивных отходов, промышленных уран-графитовых реакторов, некоторых реакторных блоков АЭС. В консервативном сценарии к 2100 году достигается только 46% показателя по приведению объектов в конечное состояние, то есть решение проблемы по этому направлению затягивается почти в 2 раза. В случае обеспечения относительно высокого уровня финансирования (при сбалансированном сценарии) к 2100 году работы по этому направлению ожидается завершить на 86%. Средний прирост показателя в консервативном сценарии составляет 0,55% в год, в сбалансированном – 1,02%.

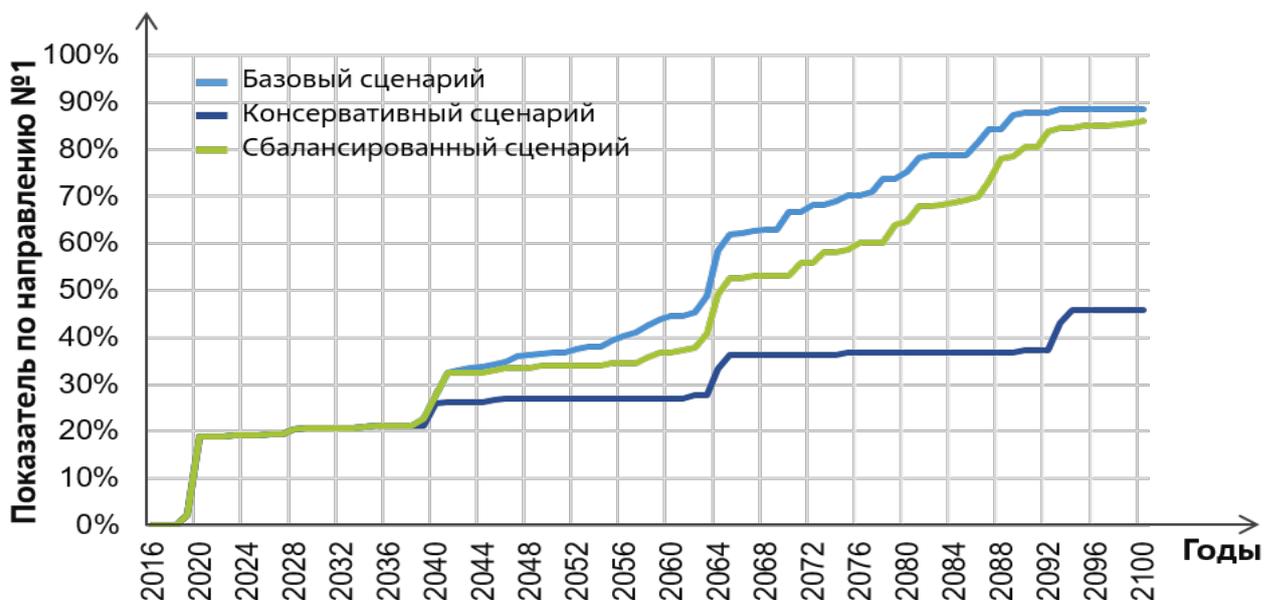


Рисунок 3.8 – Динамика достижения показателя по направлению №1 «Приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия» для трёх сценариев

Источник: составлено автором

Динамика значений показателя по направлению №2 «Приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов» для рассматриваемых сценариев приведена на рисунке 3.9. В базовом и сбалансированном сценарии 100% результат достигается одновременно к 2100 году. В консервативном сценарии к концу рассматриваемого периода будет решено только 12% от общего масштаба проблемы. Относительно «операционных» затрат (направление №3 «Поддержание в безопасном состоянии объектов ядерного наследия» и направление №4 «Обеспечение безопасного хранения накопленных радиоактивных отходов»), при принятых сценарных условиях о сохранении размера соответствующего финансирования из федерального бюджета на текущих уровнях, несмотря на количество остановленных отходов и объемы накопленных отходов, достижение 100% значения показателей в базовом сценарии прогнозируется в 2069 и 2054 годах соответственно, в консервативном – к 2100 году достигается только 29% и 94%, в сбалансированном 100% ожидается в 2080 и 2092 годах. Низкий темп роста значения показателя в консервативном сценарии обусловлен сдвигом сроков приведения объектов ядерного наследия в конечное состояние и извлечения накопленных радиоактивных отходов из хранилищ, и тем самым увеличению количества объектов, которых необходимо ежегодно содержать в безопасном состоянии с учетом графика их останова.

Динамика значений показателя по направлениям №5-№7, не зависящих от сценарных условий, приведена на рисунке 3.10. По направлению №5 «Реабилитация радиационно загрязненных территорий» полное решение проблемы ожидается к 2094 году, при этом наиболее интенсивный прирост, в среднем 2,1% в год, приходится на период после завершения ФЦП ЯРБ-2 и до 2065 года, когда показатель достигает 85%, затем темпы постепенно снижаются.

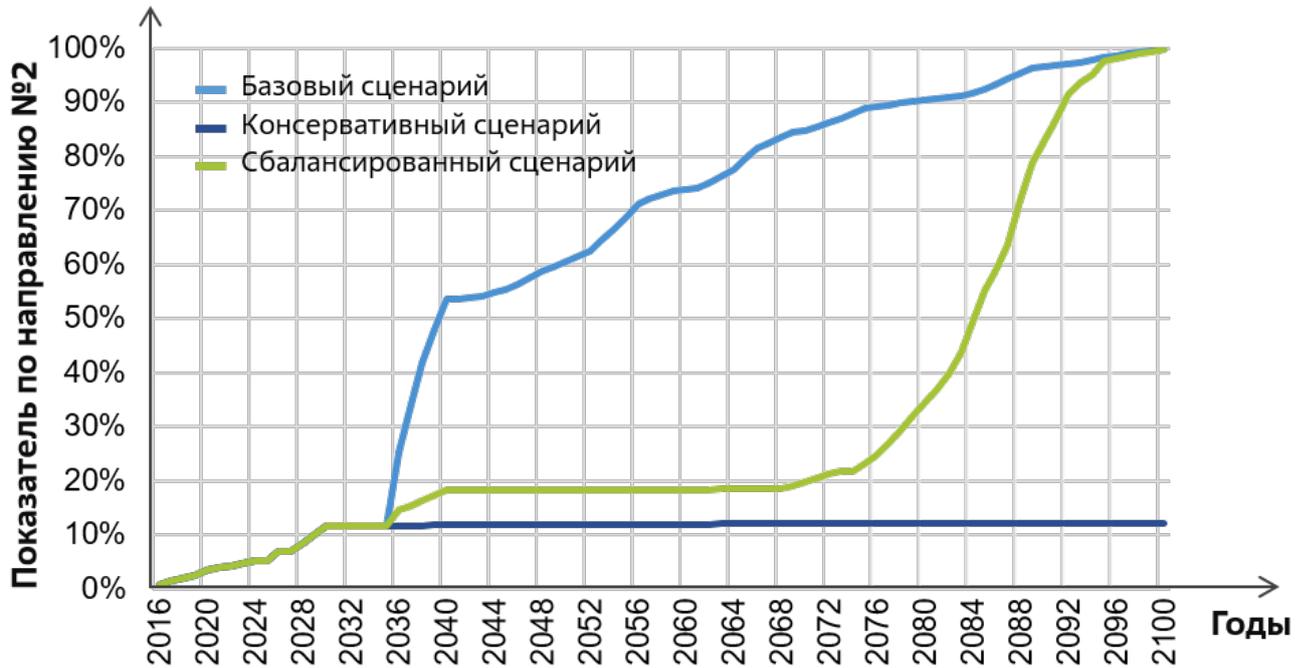


Рисунок 3.9 – Достижение показателя по направлению №2 «Приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных радиоактивных отходов» в разрезе трёх сценариев

Источник: составлено автором

Прогнозные расчеты показывают, что при сохранении заданных в рамках ФЦП ЯРБ-2 темпов вывоза сборок отработавшего ядерного топлива на хранение и переработку (с учетом выбранной стратегии обращения с разными видами топлива), Показатели по направлению №6 «Транспортировка на централизованное хранение облученных тепловыделяющих сборок» и №7 «Переработка отработавшего ядерного топлива» достигнут 100% значения к 2050 и 2045 годам соответственно.

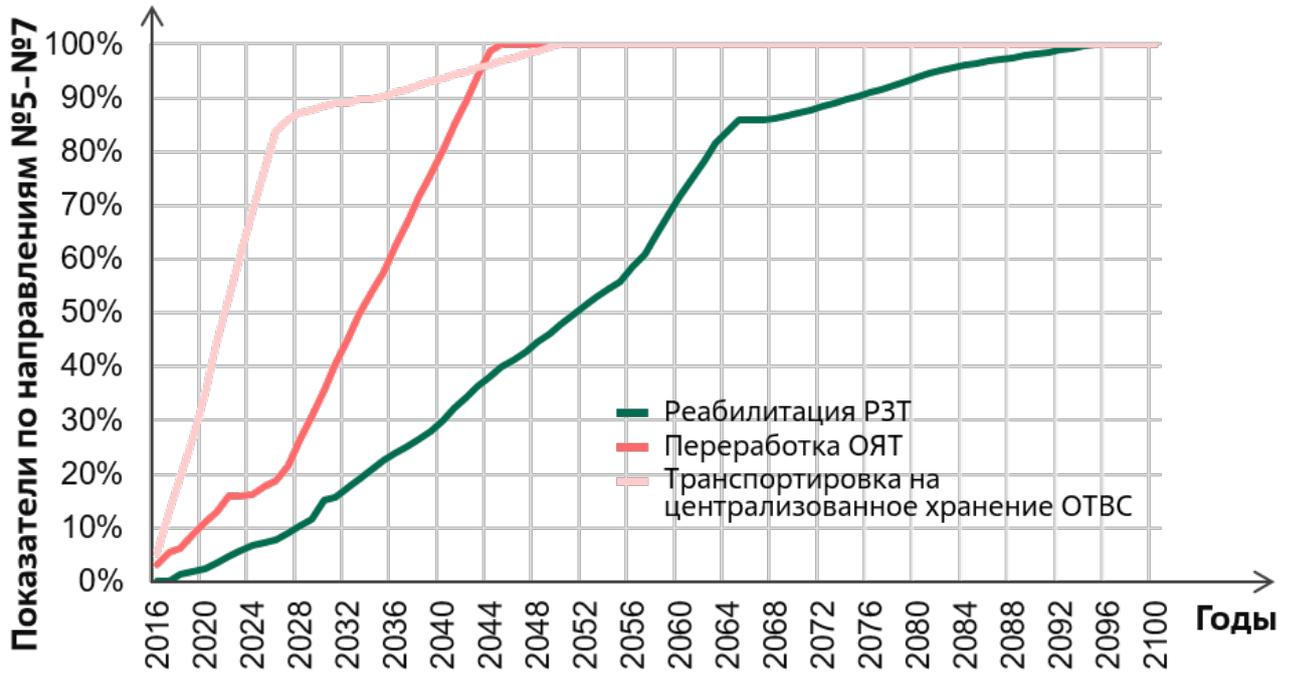


Рисунок 3.10 – Достижение показателей по направлениям №5-№7

Источник: составлено автором

Расчёт сводного индикатора ликвидации ядерного наследия.

Расчёт прогнозных значений Индикатора осуществлен на основе полученных показателей по каждому направлению работ с учетом полученных весовых коэффициентов, указанных в таблице 3.7.

В базовом сценарии к 2035 году ожидается достижение результата – 39% ликвидации ядерного наследия, а к 2100 – 97%. При этом наибольший прирост индикатора приходится на период 2036-2042 годов, когда будет завершена транспортировка и переработка всего накопленного отработавшего ядерного топлива. В консервативном сценарии к 2100 году ожидается ликвидация только 59% ядерного наследия, в сбалансированном – 96% (таблица 3.9).

Динамика значений Индикатора для рассмотренных сценариев приведена на рисунке 3.11.

Отложенные решения и «медленное» финансирование, как в случае консервативного сценария, отражают наименее эффективную стратегию в долгосрочной перспективе. При этом стоимость приведения в экологически

безопасное конечное состояние 1% ядерного наследия составит более 64 млрд руб., что в 1,5 раза больше, чем в базовом или сбалансированном сценарии (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Показатели результативности (значение Индикатора, совокупные издержки) и эффективности (стоимость приведения в конечное состояние 1% ядерного наследия) сценариев по приведению компонент ядерного наследия в экологически безопасное состояние

Показатель	Сценарий		
	Базовый	Консервативный	Сбалансированный
Значение Индикатора в 2100 году	97%	59%	96%
Издержки (всего) ¹⁾ , млрд руб.	3 889,4	3 797,2	4 137,0
Стоимость приведения в КС 1% ядерного наследия, млрд руб.	40,10	64,36	43,09

Источник: составлено автором

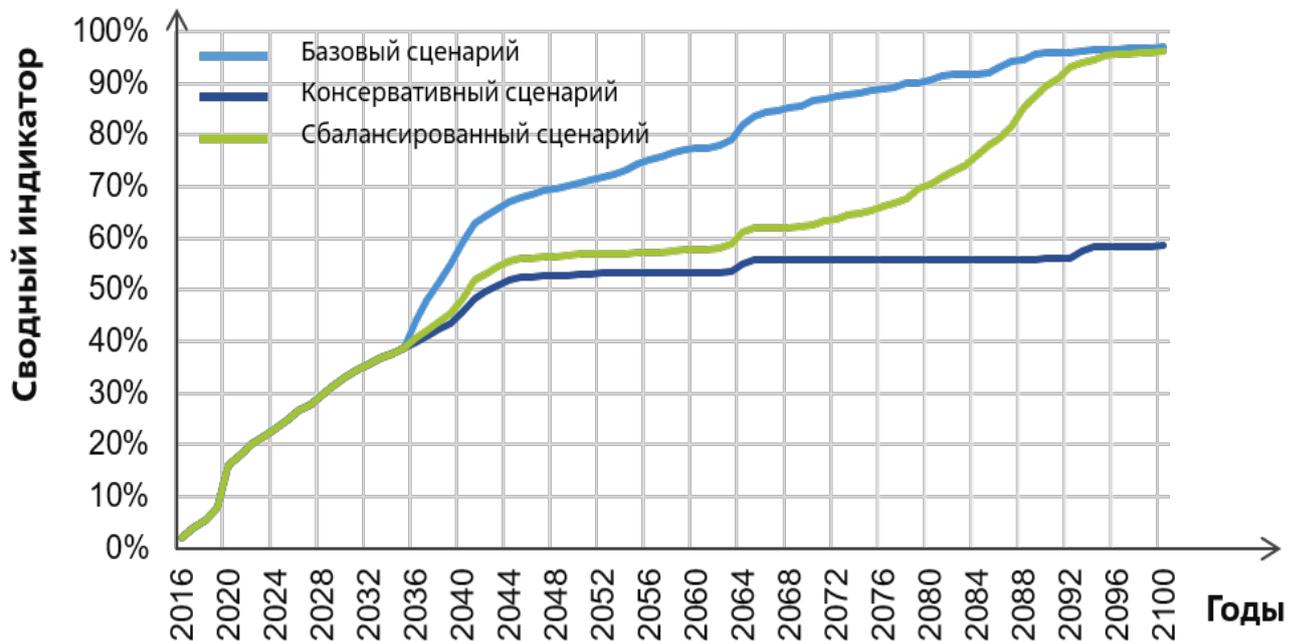


Рисунок 3.11 – Динамика значений сводного индикатора ликвидации ядерного наследия по трем рассмотренным сценариям

Источник: составлено автором

¹⁾ С учетом затрат на обращение с отработавшим ядерным топливом

При оценке эффективности работ в области ликвидации ядерного наследия также необходимо принимать во внимание социальный фактор, который всегда играл важную роль в развитии атомной энергетики. Вопросы устойчивой общественной приемлемости создания и развития объектов использования атомной энергии в последние десятилетия являются предметом изучения и дискуссий [162, 163]. Для учета этого обстоятельства целесообразно ввести систему корректирующих коэффициентов, характеризующих социальную значимость работ, связанных с ликвидацией ядерного наследия: географическое расположение объекта, репутацию эксплуатирующей или управляющей организации, наличие полноценной информации об объекте в свободном доступе [112]. Это приводит к дополнительной приоритизации объектов для задач их ликвидации с уклоном на социальный фактор и «ценность» территории размещения объекта.

Выводы по главе 3.

1. Построение эффективного экономического механизма, обеспечивающего экологически безопасное приведение всех объектов ядерного наследия в оптимальное конечное состояние требует разработки и внедрения специальных взаимосвязанных организационно-технических, нормативных и финансово-экономических инструментов в этой сфере, включающих разделение и ресурсное обеспечение обязательств государства и собственников (эксплуатирующих организаций) за вывод из эксплуатации объектов, принципы и методы долгосрочного планирования с учетом оценок совокупных издержек рассматриваемой деятельности, оценок ее результативности и эффективности, а также централизованную систему учета и управления рассматриваемыми объектами (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Структура экономического механизма обеспечения экологически безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия

Источник: составлено автором

2. Обоснование принимаемых управленческих решений в области планирования деятельности по выводу из эксплуатации всех объектов ядерного наследия требует комплексного финансово-экономического анализа с учетом технических аспектов, а также имеющихся ресурсных, технологических и инфраструктурных ограничений. Эта задача успешно решается с использованием современных цифровых методов сбора, обработки хранения данных, а также информационного моделирования на основе агрегированной информации по всей совокупности объектов, которая требует регулярной актуализации по мере уточнения их характеристик, планов приведения объектов в конечное состояние и будущего использования территории их размещения. Разработанная впервые в исследовании база данных объектов ядерного наследия направлена на информационное обеспечение задач учета объектов и обоснования планирования их вывода из эксплуатации с учетом предложенных и разработанных в исследовании инструментов.

3. Рассмотренный в главе 3 подход позволяет прогнозировать и оценивать результативность каждого из направлений работ в области ликвидации всех компонент ядерного наследия на долгосрочный период. Сравнение различных долгосрочных сценариев управления заключительной стадией жизненного цикла ядерного наследия по набору критериев результативности (размер совокупных

издержек, количество ликвидированных объектов, размер территорий, возвращенных в хозяйственный оборот) в сопоставлении со значениями разработанного Индикатора позволяет определить наиболее оптимальный и эффективный сценарий.

Заключение

Проведенное исследование позволило сформировать методологическую основу и разработать комплекс практических решений, направленных на формирование эффективного комплексного экономического механизма, обеспечивающего экологически безопасный вывод из эксплуатации объектов ядерного наследия в условиях дефицита финансирования, включая методы оценки совокупных издержек, результативности и эффективности этой деятельности, а также определения оптимальной очередности объектов для приведения в обоснованное конечное состояние.

В рамках проведенного диссертационного исследования получены результаты, на основании которых обоснованы предложения по решению рассмотренной проблемы ликвидации ядерного наследия в России:

1. Осуществлен анализ российской и зарубежной практики решения проблем ядерного наследия, включающих необходимость вывода из эксплуатации ядерно- и радиационно- опасных объектов, не используемых по своему проектному назначению. Выявлены особенности и обоснованы различия в управлении деятельностью по приведению объектов в экологически безопасное конечное состояние в России, США и Великобритании, связанные с формированием нормативной базы, организационных и финансовых инструментов.

Специфика текущей ситуации с ядерным наследием в России заключается в ряде ключевых факторов:

- периметр ядерного наследия в России, в отличие от зарубежных стран, требует уточнения и фиксации. Ключевой вопрос – необходимость разделения обязательств за поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов и их приведение в конечное состояние, а также закрепление на законодательном уровне ведущей роли государства в этом процессе;

- действующая система предполагает децентрализованное управление эксплуатирующими организациями выводом из эксплуатации объектов ядерного наследия. При этом у организаций нет правовых и экономических стимулов для скорейшего приведения старых объектов в конечное состояние, а также достаточных финансовых ресурсов на эти цели. Во многих зарубежных странах для этих целей созданы специальные организации-операторы, основной деятельностью которых является эффективное управление ликвидацией существующих объектов;
- в России текущие оценки финансовых обязательств по приведению объектов ядерного наследия в безопасное конечное состояние являются неполными и на порядок ниже оценок аналогичных обязательств в США при сопоставимом масштабе оборонных программ. Рост оценок обязательств в России крайне вероятен в будущем;
- отсутствует достаточный опыт управления масштабными работами по приведению крупных производств, относящихся к ядерному наследию, в конечное состояние на уровне отдельных проектов и отрасли в целом;
- отсутствует долгосрочное планирование решения полного комплекса накопленных проблем ядерного наследия: реализуемые в этой сфере федеральные целевые программы, рассчитаны до 2035 года и покрывают менее 10% всех объектов. При этом отсутствует нормативное требование продолжения финансирования этой деятельности государством в дальнейшем. В США и в Великобритании разработаны и реализуются долгосрочные программы по всему комплексу ядерного наследия, финансируемые в основном за счет бюджетных средств.

Выявленные недостатки и различия в подходах к организации и безопасному обеспечению вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, анализ нормативных пробелов и масштаб накопленных проблем позволили сформулировать предложения по финансово-экономическим, нормативным и организационно-техническим инструментам, направленным на повышение эффективности этой деятельности в России.

2. Разработаны предложения по организационно-техническим, нормативным и финансово-экономическим инструментам вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в России. В качестве комплексного предложения по модификации существующей системы выступает идея освобождения эксплуатирующих организаций от непрофильной для них деятельности по содержанию остановленных, но не приведенных в конечное состояние объектов и повышение темпов их ликвидации за счёт концентрации компетенций, финансовых ресурсов отрасли и средств в рамках одной специализированной организации – Оператора, что соответствует лучшим мировым практикам. Централизация управления позволит системно оптимизировать решения, направленные на комплексное решение проблем ядерного наследия и снижать нагрузку на бюджет, обеспечит консолидацию ответственности за использование финансовых средств, позволит сконцентрировать усилия предприятий на решении основных для них задач производства и развития. Реализация этой идеи возможна за счет принятия специального федерального закона, в рамках которого должны быть установлены нормы, предусматривающие определение понятия «объект ядерного наследия» и критериев (принципов) отнесения к таким объектам, зафиксированы предлагаемые принципы и механизмы эффективного обеспечения обращения с объектами ядерного наследия, порядок соответствующего финансирования со стороны государства и эксплуатирующих организаций с конечной целью приведения объектов в экологически безопасное состояние наиболее эффективным способом.

Понятие «объекты ядерного наследия» предлагается определить как объекты использования атомной энергии в мирных и оборонных целях, которые были созданы до 1 января 2008 года (т.е. до окончания структурных преобразований в атомном энергопромышленном комплексе и образования Госкорпорации «Росатом») и показатель потенциальной опасности которых превышает установленную величину.

Финансовое обеспечение вывода из эксплуатации переданных Оператору объектов ядерного наследия предлагается распределить между государством и

прежними собственниками исходя из долевого принципа пропорционально времени использования объекта по проектному назначению относительно даты раздела обязательств – 01.01.2018. Для обеспечения сбалансированного и прозрачного финансирования этой деятельности с учетом утвержденных размеров (долей) обязательств участвующих субъектов целесообразно образовать отдельный специальный резервный фонд, наполнение которого будет осуществляться за счет ежегодных отчислений эксплуатирующих организаций и трансферов из федерального бюджета. Управление фондом стоит поручить Оператору в соответствии с утвержденными программами вывода из эксплуатации объектов, наделив его правом инвестирования средств в низкорисковые финансовые инструменты под контролем регулятора.

3. Впервые разработан и обоснован критерий ранжирования объектов ядерного наследия по срокам начала их приведения в конечное состояние, исходя из минимума совокупных издержек вывода из эксплуатации. Эффективность деятельности по управлению заключительной стадией жизненного цикла объектов во многом определяется выбранной стратегией вывода из эксплуатации («немедленный» или «отложенный демонтаж» или «захоронение на месте») и конечным состоянием объекта («зеленая» или «коричневая лужайка» или «пункт захоронения»). Оптимальное конечное состояние должно быть обосновано набором критериев, учитывающих оценки рисков вывода из эксплуатации, технико-экономические параметры, социально-экономический потенциал и имеющиеся планы по дальнейшему использованию площадки. Очередность объектов для начала работ по приведению в конечное состояние в условиях ограниченных финансовых, трудовых, технических ресурсов должна быть определена с помощью набора критериев. В России имеется лишь ограниченная практика ранжирования объектов для целей приведения в конечное состояние исходя из их потенциальной опасности или аварийного состояния. В качестве основного критерия в исследовании предложен минимум совокупных издержек, которые в общем случае определяются как сумма затрат на поддержание в

безопасном остановленном состоянии объекта и приведение его в обоснованное конечное состояние, связанных с этой деятельностью радиационных рисков и затрат, предпринятых с целью их снижения (рискоснижающих затрат), а также потерь от неиспользования территории размещения объекта до момента снятия ограничений.

4. Обоснована структура и предложены методы оценки составляющих издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов на основе нормативов, специфических для объектов разных типов, конечного состояния объекта, зависимостей между уровнями затрат и рисков, доходов от использования рекультивированной площадки и продолжительностью стадий вывода из эксплуатации и другими показателями.

Размер издержек вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия зависит от типа объекта, поэтому в исследовании их оценки определяются на основе введенной детализированной классификации, учитывающей технические, радиационные, проектные, стоимостные параметры рассматриваемых объектов. Введенная классификация объектов включает 6 укрупненных типов (промышленный реактор, реакторный блок, исследовательская ядерная установка, судно с ядерными энергетическими установками, ядерно- и радиационно- опасный объект, пункт хранения радиоактивных отходов), и соответствующие им 20 подтипов.

Наиболее методологически сложным для оценки являются затраты, связанные с поддержанием объектов в безопасном остановленном состоянии, ввиду разнородности объектов и отсутствия на практике стандартизированного и обособленного учета затрат. Размер таких затрат определяется, в первую очередь, требованиями обеспечения безопасности. Эти затраты складываются из прямых и косвенных, возникновение которых не имеет непосредственной связи с каким-либо объектом, но, тем не менее, их реализация объективно необходима. Задача определения размера таких затрат для остановленных объектов является нетривиальной и решена в исследовании с помощью стандартизации (нормирования) удельных годовых затрат, базирующейся на данных о затратах

более 150 эталонных объектов различных типов в соответствии с введенной классификацией, расположенных на 16 площадках.

Размер затрат, связанных с приведением объекта в конечное состояние, определяется непосредственно вариантом конечного состояния, выбор которого должен базироваться на эколого-экономическом обосновании с учетом законодательных, инженерно-технических, социальных, инфраструктурных и прочих факторов. Стоимость приведения объекта в конечное состояние представляет декомпозицию затрат, направленных на проведение подготовительных мероприятий и создание необходимой инфраструктуры, перевод объекта в радиационно-безопасное состояние (удаление отходов, дезактивация и демонтаж оборудования и инженерных сетей, дезактивация помещений, строительных конструкций), создание барьеров безопасности для локализации радиационных загрязнений, демонтаж здания, реабилитацию территории. Эти элементы соответствуют Международной структуре затрат на вывод из эксплуатации ядерных установок (ISDC), разработанной под эгидой АЯЭ ОЭСР. Оценка их величины определяется аналогично методу, примененному для затрат на поддержание в остановленном безопасном состоянии, с учетом типа объекта, удельных нормативов затрат (федеральных единичных расценок, характерных для атомной отрасли) и обоснованного варианта конечного состояния.

Предложенные методы позволяют не только выделить величину указанных видов затрат для остановленных объектов, но и оценить аналогичные затраты для сопоставимых объектов, которые только будут остановлены в будущем. Предложенный в исследовании подход позволяет выполнять моделирование финансовых потоков при долгосрочном планировании вывода из эксплуатации всей совокупности объектов.

Структура рисков заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия также определяется типом объекта и выбранным вариантом его конечного состояния. Она характеризуется различными закономерностями изменчивости во времени для объектов разных типов. В ее составе рассмотрены риски потенциального облучения персонала и населения и загрязнения

окружающей среды, обусловленные нахождением объекта в режиме окончательного останова либо под наблюдением или деятельностью по приведению в конечное состояние, в том числе риски аварийного облучения, вследствие нарушения установленных режимов и требований. Величина этих рисков принимается пропорциональной активности радиационных веществ, находящихся на объекте, определяющих уровни нормального и аварийного облучения. Сумма рискованных потерь (то есть ухудшения результатов деятельности предприятия или территории его размещения, утраты ресурсов, имущества и других убытков, выражаемых стоимостными показателями) и затрат, понесенных с целью снижения рисков (в том числе в случае аварий – затрат на ликвидацию их последствий) с учетом вероятности возникновения таких событий рассматривается как издержки управления рисками.

В течение всего срока вывода из эксплуатации объекта (до снятия ограничений по радиационному фактору) территория его расположения не может быть использована для иных видов деятельности. При этом выводимые из эксплуатации объекты и площадки часто снабжены необходимой разветвленной инфраструктурой, а некоторые из них расположены на территории или в непосредственной близости к границам крупных населенных пунктов и имеют значимый социально-экономический потенциал для последующего использования. Потери от неиспользования территорий размещения объектов ядерного наследия в работе предложено оценивать по величине выгод от формирования на них комфортной среды для жизни или использования их ресурсного потенциала на основе значений валового регионального продукта региона размещения объекта пропорционально площади территории объекта относительно площади региона его размещения.

5. На основании предложенных методов оценки издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия и предложенной классификации объектов разработана финансово-экономическая модель, позволяющая проводить соответствующие оценки издержек по всей совокупности объектов на долгосрочный период планирования с учетом ресурсных

ограничений. В модель внедрен расчетный модуль по оценке финансовых обязательств государства и эксплуатирующих организаций за обеспечение поддержания объектов ядерного наследия в безопасном остановленном состоянии и приведение в конечное состояние в соответствии с предложенным подходом. Также в модели реализовано ранжирование объектов по срокам начала их приведения в конечное состояние в соответствии с разработанным в работе критерием минимума совокупных издержек вывода из эксплуатации.

Модель включает в себя уникальный массив данных, состоящий из перечня объектов с исчерпывающей информацией о них. Такая база данных может являться прообразом будущей государственной системы учета объектов ядерного наследия и использоваться органами управления в области использования атомной энергии и прежде всего, Госкорпорацией «Росатом», при оценках экономических, технологических, экологических и прочих аспектов, необходимость которой отмечена в Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации.

Анализ полученных результатов моделирования трех рассмотренных долгосрочных сценариев вывода из эксплуатации всей совокупности объектов ядерного наследия демонстрирует разбалансированность существующей системы, недостаточность финансового обеспечения в долгосрочном периоде и большой потенциал для оптимизации. В частности, сравнение данных о наполнении существующих специальных резервных фондов и оценок потребностей финансирования на основе разработанной модели показывает, что ни один сценарий невозможно успешно реализовать без участия государства и разделения обязательств в соответствии с предложенными принципом. Также выявлен высокий потенциал снижения совокупных издержек вывода из эксплуатации за счет рациональной очередности приведения объектов в конечное состояние и установления оптимального размера годового финансирования этой деятельности: при сопоставимых размерах совокупных издержек до 2100 года результативность рассмотренных сценариев существенно отличается.

6. Для комплексной оценки результативности и эффективности

деятельности по приведению всех компонент ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние, в том числе в рамках долгосрочного планирования, предложен обобщенный экологический индикатор, характеризующий степень решения накопленных проблем с учетом показателей опасности объектов, сложности и стоимости необходимых работ. В России имеется практика оценки эффективности работ по ядерному наследию только в узком временном интервале, ограниченном сроком действия соответствующей программы или проекта.

Предложенный в исследовании Индикатор является агрегированным показателем, определяющим долю выполненных работ по решению проблем ядерного наследия в рамках каждого направления работ с учетом весовых коэффициентов. Отложенные решения и «медленное» финансирование (консервативный сценарий) демонстрируют наименее эффективную стратегию в долгосрочной перспективе и существенно затягивают решение накопленных проблем, что наряду с ростом реальных затрат ведет к существенному росту радиационных рисков в части нерешенных проблем ядерного наследия.

Сравнение долгосрочных сценариев вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия по набору критериев результативности (размер издержек, количество ликвидированных объектов, размер территорий, возвращенных в хозяйственный оборот) в сопоставлении со значениями Индикатора позволяет определить наиболее оптимальный и эффективный сценарий будущей деятельности по выводу из эксплуатации ядерного наследия.

Таким образом, результаты исследования направлены на формирование устойчивой и эффективной системы, обеспечивающей экологически безопасный вывод из эксплуатации всех объектов ядерного наследия в Российской Федерации. Предложенный экономический механизм и входящие в него инструменты полностью укладываются и соответствуют государственной политике в области обеспечения безопасности. Данные результаты обосновывают целесообразность комплексного и централизованного подхода к управлению заключительной стадии

жизненного цикла объектов ядерного наследия, как на этапах планирования, так и реализации. Выполненные модельные расчеты составляющих издержек и показателей результативности и эффективности для различных долгосрочных стратегий вывода из эксплуатации демонстрируют высокий потенциал для снижения затрат и, при определенных условиях, возможность гарантированного решения накопленных проблем ядерного наследия с возвратом территорий в хозяйственный оборот и минимизацией бремени, возлагаемого на будущие поколения, что соответствует целям устойчивого развития и рационального природопользования.

Список сокращений и условных обозначений

DOE-EM	Department of Energy Office of Environmental Management – Экологическое управление Министерства энергетики США
EPA	Environmental Protection Agency – Агентство по охране окружающей среды США
NDA	Nuclear Decommissioning Authority – Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании
NPL	National Priorities List – Национальный приоритетный перечень объектов США
BNFL	British Nuclear Fuels Ltd
АЭС	Атомная электростанция
АЯЭ ОЭСР	Агентство по ядерной энергии Организации экономического содружества и развития
БД	База данных
ВЭ	Вывод из эксплуатации
Госкорпорация «Росатом»	Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
ЗСЖЦ	Заключительная стадия жизненного цикла
ИР	Исследовательский реактор
КС	Конечное состояние
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
МСФО	Международные стандарты финансовой отчетности
ОЯН	Объект ядерного наследия
ОЯТ	Отработавшее ядерное топливо
ПУГР	Промышленный уран-графитовый реактор
РАО	Радиоактивные отходы

РАЭПК	Государственная программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»
РБ	Реакторный блок АЭС
РЗТ	Радиационно загрязненная территория
РИД	Результат интеллектуальной деятельности
СГУК	Система государственного учета и контроля
ФЗ-13	Федеральный закон от 5 февраля 2007 № 13-ФЗ. «Об особенностях управления и распоряжения имуществом и акциями организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
ФЗ-29	Федеральный закон от 3 апреля 1996 года № 29-ФЗ «О финансировании особо радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов»
ФЗ-170	Федеральный закон от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»
ФЗ-190	Федеральный закон от 11 июля 2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
ФЗ-317	Федеральный закон от 1 декабря 2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии „Росатом“»
ФОИВ	Федеральный орган исполнительной власти
ФЗП ЯРБ	Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»
ФЗП ЯРБ-2	Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года»
ЦИМ	Цифровая информационная модель
ЯРБ	Ядерная и радиационная безопасность
ЯРОО	Ядерно- и радиационно- опасный объект

Список литературы

1. Иванов, А. Ю. Развитие подходов к приоритизации вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии / А. Ю. Иванов, Д. Ф. Ильясов, Е. Г. Мамчиц. – Текст : непосредственный // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2023. – Т. 20, № 4(130). – С. 31-43. – ISSN: 2413-2829. – eISSN: 2587-9251.
2. United States. Congress. Office of Technology Assessment. Complex cleanup: the environmental legacy of nuclear weapons production. – Office of Technology Assessment, 1991. – URL: <https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1991/9113/911301.PDF> (дата обращения: 15.01.2023). – Текст : электронный.
3. Ядерная энергетика. Проблемы и перспективы. Экспертные оценки. Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова. Москва, 1989. – 489 стр.
4. Challenges in Nuclear and Radiological Legacy Site Management: Towards a Common Regulatory Framework. — Текст : электронный // Nuclear Energy Agency : [сайт]. — URL: <https://oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2020-09/7419-eglm.pdf> (дата обращения: 22.06.2020).
5. Организация Объединённых Наций. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию: декларация — Текст : электронный // Конференция Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, Бразилия, 3–14 июня 1992 г. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (дата обращения: 15.03.2022).
6. Организация Объединённых Наций. Повестка дня на XXI век: доклад — Текст : электронный // Конференция Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, Бразилия, 3–14 июня 1992 г. — [место издания]: ООН, 1992. — URL:

https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21.shtml (дата обращения: 15.03.2022).

7. Генеральная Ассамблея Организации Объединённых Наций. Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года : резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей ООН от 25.09.2015 — Текст : электронный // A/RES/70/1 — URL: <http://undocs.org/ru/A/RES/70/1> (дата обращения: 15.03.2022).

8. Бобылев, С. Н. Экономика устойчивого развития : учебник / С. Н. Бобылев. — Москва : КНОРУС, 2021. — 672 с. — (Бакалавриат и магистратура). ISBN 978-5-406-01850-7. — Текст : непосредственный.

9. Тагаева, Т. О. Проблемы экологической безопасности Российской Федерации / Т. О. Тагаева, Л. К. Казанцева, К. А. Кулькова — Текст : непосредственный // Экономическая безопасность. — 2022. — Т. 5, № 3. — С. 967-988. — DOI 10.18334/ecsec.5.3.114824.

10. Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий : в 2 т. Т. 1 монография / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, А. Ю. Иванов [и др.] под общей ред. И. И. Линге — Москва : Комтехпринт, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-9907220-4-0. — Текст : непосредственный.

11. Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий : в 2 т. Т. 2 монография / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, А. Ю. Иванов [и др.] под общей ред. И. И. Линге — Москва : Комтехпринт, 2017. — 187 с. — ISBN 978-5-9907220-4-0. — Текст : непосредственный.

12. Курбатова, М. В. Низкоуглеродная экономика как институциональный проект: проблема и цели / М. В. Курбатова, А. И. Пыжев — Текст : непосредственный // Журнал институциональных исследований. — 2023. — Т. 15, № 2. — С. 6-23. — DOI 10.17835/2076-6297.2023.15.2.006-023.

13. Устойчивое развитие: Новые вызовы / под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна, Н. А. Пискуловой. — М.: Аспект Пресс, 2015. — 335 с.

14. Robert, Alvarez. Military Nuclear Wastes in the United States / Alvarez Robert. — Текст : электронный // Friends of the Earth : [сайт]. — URL: https://foe.org/wp-content/uploads/wpallimport/files/archive/Alvarez_military_nuclear_Wastes_12-01-2012_rev._1.pdf (дата обращения: 20.06.2020).
15. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, И. В. Капырин [и др.], под редакцией И. И. Линге и Ю. Д. Полякова. — М.: Комтехпринт, 2015. — 208 с. — Текст : непосредственный.
16. Managing the Nuclear Legacy: A Strategy for Action [Текст] / NDA White Paper : Stationery Office Books, 2002 — 78 с.
17. Президент Российской Федерации. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию : Указ // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1996. — № 15. — Ст. 1572.
18. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год / под ред. С. Н. Бобылева и Л. М. Григорьева. — Москва : Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2017. — С. 189–211. — Текст : непосредственный.
19. Закон Российской Федерации «Об использовании атомной энергии» от 21.11.1995 № 170-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1995 г. — № 48. — Ст. 4552 с изм. и допол. в ред. от 28.06.2022.
20. Правительство Российской Федерации. О принятии Конвенции о ядерной безопасности : Постановление Правительства Российской Федерации от 3 апреля 1996 г. № 377 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1996. — № 15. — Ст. 1627.
21. Конвенция о ядерной безопасности (INFCIRC/449 от 05.07.1994). — Текст : электронный // Международное агентство по атомной энергии : [сайт]. — URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc449_rus.pdf (дата обращения: 06.06.2020).
22. Президент Российской Федерации. О финансировании особо радиационно- и ядерноопасных производств и объектов : указ Президента

Российской Федерации от 23 декабря 1994 г. № 2209 // Российская газета. — 28.12.1994.

23. Федеральный закон от 3 апреля 1996 г. № 29-ФЗ «О финансировании особо радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1996. — № 15. — Ст. 1556.

24. Проблемы ядерного наследия и пути их решения : монография / под общей редакцией Е. В. Евстратова, А. М. Агапова, Н. П. Лаверова, Л. А. Большова, И. И. Линге. Т1. — Москва : Энергопроманистика, 2012. — 356 с. — Текст : непосредственный.

25. Президент Российской Федерации. Поручение от 11 декабря 1996 г. № Пр-2214 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1996. — № 51. — Ст. 5803.

26. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиоэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей : монография / А. А. Саркисов, Ю. В. Сивинцев, В. Л. Высоцкий, В. С. Никитин ; Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М., 2015. — 699 с. : ил. — ISBN 978-5-9907220-0-2 — Текст : непосредственный.

27. Глаголенко, Ю. В. Основные направления деятельности ФГУП «ПО «Маяк» по решению экологических проблем, связанных с прошлой и текущей деятельностью ФГУП «ПО «Маяк» / Ю. В. Глаголенко, Е. Г. Дрожко, С. И. Ровный — Текст : непосредственный // Вопросы радиационной безопасности. — 2006. — №. 1. — С. 23-34.

28. Уткин, С. С. Обоснование решений по долговременной безопасности крупных хранилищ жидких радиоактивных отходов : специальность 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» : Диссертация на соискание доктора технических наук / Уткин, С. С. ; ИБРАЭ РАН. — Москва, 2016. — 230 с.

29. Волков, В. Г. Проект «Реабилитация»: состояние и проблемы / В. Г. Волков, Ю. А. Зверков, С. Г. Семенов [и др.] — Текст : непосредственный //

Сборник: 6-я Межд. конф. «Радиационная безопасность: транспортирование радиоактивных материалов (Атомтранс-2003)». Санкт-Петербург. – 2003. – С. 22-26.

30. Правительство Российской Федерации. О Федеральной целевой программе «Ядерная и радиационная безопасность России» на 2000—2006 годы : Постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2000 г. № 149 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2000. — № 9. — Ст. 1037.

31. Федеральная целевая программа "Ядерная и радиационная безопасность России" на 2000-2006 годы. — Текст : электронный // Федеральные целевые программы России : [сайт]. — URL: <https://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2006/82/> (дата обращения: 24.08.2022).

32. Большов, Л. А. Стратегия развития работ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности / А.М. Агапов, А.Б. Малышев, Л.А. Большов [и др.] — Текст : непосредственный // Ядерная и радиационная безопасность России : Информационный бюллетень. – Москва : ФГУП "ЦНИИАТОМИНФОРМ", 2006. – С. 39-58.

33. Президент Российской Федерации. Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу : указ Президента Российской Федерации от 4 дек. 2003 г. № Пр-2196 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2003. — № 49. — Ст. 4755.

34. Федеральный закон от 4 октября 2005 № 139-ФЗ «О ратификации Объединённой конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2005. — № 45. — Ст. 4587.

35. Федеральный закон от 21 марта 2005 г. № 23-ФЗ «О ратификации Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2005. — № 13. — Ст. 1081.

36. Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами (INFCIRC/546

от 21.06.2001г.). — Текст : электронный // Международное агентство по атомной энергии : [сайт]. — URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc546_rus.pdf (дата обращения: 05.06.2020).

37. Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (INFCIRC/500). — Текст : электронный // Международное агентство по атомной энергии : [сайт]. — URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc500_rus.pdf (дата обращения: 05.06.2020).

38. Правительство Российской Федерации. О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» : Постановление Правительства Российской Федерации от 13 июля 2007 г. № 444 (для служебного пользования).

39. Правительство Российской Федерации. О внесении изменений в федеральную целевую программу «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» : Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 1536 (для служебного пользования).

40. Правительство Российской Федерации. Об утверждении Концепции федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» : распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2007 г. № 484-р (для служебного пользования).

41. Большов, Л. А. Практика и задачи научного обеспечения работ по ядерному наследию – Текст : непосредственный / Л.А. Большов, И.И. Линге, А.А. Саркисов, С.С. Уткин // Атомная энергия. – 2016. – Т. 120, № 4. – С. 201-208.

42. Абрамов, А. А. К вопросу оценки объема ядерного наследия в атомной промышленности и на иных объектах мирного использования атомной энергии в России/ А. А. Абрамов, А. Н. Дорофеев, Е. А. Комаров [и др.] – Текст : непосредственный // Ядерная и радиационная безопасность, №3 (73), 2014. с. 1-11.

43. Правительство Российской Федерации. О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016—2020 годы и на период до 2030 года» : Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2015 г. № 1248 (для служебного пользования).

44. Правительство Российской Федерации. Концепция федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2015–2020 годы и на период до 2030 года» : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.04.2015 г. №760-р // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2015. — № 18. Ст. 2750.

45. Госкорпорация «Росатом». Об утверждении Концепции вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения / Приказ Госкорпорации «Росатом» от 15.07.2014 №1/645-П // Текст: электронный. — Официальный сайт Госкорпорации «Росатом». — URL: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/a8d/a8de9c3b9f0e83c82299a2892c7b6c6f.pdf> (дата обращения: 15.04.2022).

46. Президент Российской Федерации. Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу : Указ Президента Российской Федерации от 13.10.2018 № 585 // Официальный интернет-портал правовой информации. — 15.10.2018 г. — Ст. 0001201810150001.

47. Мкртчян, Г. М. Анализ и прогноз экологической нагрузки в России / Г. М. Мкртчян, Т. О. Тагаева, Ю. О. Цвелодуб — Текст : непосредственный // Мир экономики и управления. — 2017. — Т. 17, № 1. — С. 57-69.

48. Конвенция об оперативном оповещении о ядерной аварии (INFCIRC/335 18.11.1986). — Текст : электронный // Международное агентство по атомной энергии : [сайт]. — URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1986/infcirc335_rus.pdf (дата обращения: 17.10.2024).

49. Кудрявцева, О. В. Атомная энергетика в контексте устойчивого развития / О. В. Кудрявцева, А. С. Деркач, С. В. Манушко [и др.] — Текст : непосредственный // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. — 2018. — Т. 10, № 4(30). — С. 33-49.

50. Иванцова, Е. Д. Экономические аспекты участия атомной энергетики в решении проблемы глобального изменения климата / Е. Д. Иванцова, Ю. С. Цыро, А. И. Пыжев – Текст : непосредственный // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 9(366). – С. 1632-1648. – DOI 10.24891/ni.14.9.1632.

51. Тулупов, А. С. Обеспечение национальной безопасности с учетом эколого-экономических критериев / А. С. Тулупов, А. Д. Витухин, М. М. Исмадинов – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2019. – № 48. – С. 50-56. – DOI 10.17223/1998864.

52. Вывод из эксплуатации установок. Общие требования безопасности. Часть 6 (GSR Part 6 Decommissioning of Facilities). — Текст : электронный // Международное агентство по атомной энергии: [сайт]. — URL: https://nucleus-apps.iaea.org/nss-oui/Content/Index?CollectionId=m_fdfbc892-74a3-4654-a9ca-df41de556ee4&type=PublishedCollection (дата обращения: 24.08.2024).

53. Ростехнадзор. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Общие положения» (НП-091-14) : Приказ Ростехнадзора от 20 мая 2014 года № 216 .

54. Процедура: 0773100000321000104. — Текст : электронный // Электронная площадка Росэлторг : [сайт]. — URL: <https://www.roseltorg.ru/procedure/0773100000321000104> (дата обращения: 15.03.2022).

55. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. №190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2011. — № 29. Ст. 4281.

56. Особые радиоактивные отходы : монография / А. А. Абрамов, А. Н. Дорофеев, Ж. В. Тяжкороб [и др.] — Под общей редакцией И. И. Линге. Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Сам Полиграфист", 2015. — 240 с. — ISBN 978-5-00077-364-2.

57. Ликвидация ядерного наследия: 2008-2015 годы : монография / О. В. Крюков, А. А. Абрамов, И. И. Линге [и др.]. // – Москва : Энергопроманистика, 2015. – 182 с. – Текст : непосредственный.

58. Сводный информационно-аналитический материал «Итоги реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016—2020 годы и на период до 2030 года» в 2016—2020 гг.». М.: Госкорпорация «Росатом». 2021. — 134 с. : ил. Текст -электронный // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года» : [сайт]. — URL: <https://фцп-яроб.рф/upload/iblock/877/87733599bc530ca14b747e50e6f2c834.pdf>.

59. Международная комиссия по радиологической защите. Публикация 103 МКРЗ, пер. с англ., под общей ред. М. Ф. Киселева и Н. К. Шандалы, изд. ООО ПКФ «Алана» //Труды МКРЗ, Москва. – 2009. – Текст : непосредственный.

60. Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 3 / М. В. Ведерникова, С. В. Панченко, А. Ю. Иванов [и др.] // М.: ИБРАЭ РАН, 2022 г. – 200 с. ISBN 978-5-907375-03-1. 343 с. – Текст : непосредственный.

61. Чернов, Д. Конверсия с индивидуальным подходом / Чернов Д. – Текст : непосредственный // Вестник АТОМПРОМа №11, ноябрь 2011.

62. Ростехнадзор. Рекомендации по обоснованию выбора варианта вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии (РБ-153-18) : утверждены Приказом Ростехнадзора от 29.12.2018 №666 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2019. — № 1. Ст. 47.

63. Ильясов, Д. Ф. Экономика и цифровизация вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия : монография / Д. Ф. Ильясов, А. Ю. Иванов ; под общей редакцией И. И. Линге ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова" (ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова»). —

Москва : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2024. — 219 с. — ISBN 978-5-7307-2149-4. — Текст : непосредственный.

64. Ведерникова, М. В. О создании интегральной информационной модели для определения стратегии развития промышленного комплекса по обращению с радиоактивными отходами ФГУП «РАДОН» / А. В. Лужецкий, Ю. В. Невров, М. В. Ведерникова [и др.] — Текст : непосредственный // Радиоактивные отходы. 2020. № 1 (10). С. 101—112. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-1-101-112.

65. Правительство Российской Федерации. О проведении первичной регистрации радиоактивных отходов: Постановление от 25 июля 2012 г. №767 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2012. — № 31. Ст. 4378.

66. Научно-техническое пособие по подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам. Версия 2.0 – Текст : непосредственный / И. Л. Абалкина, В. Г. Барчуков, В. В. Бочкарев [и др.]. – Москва : ИБРАЭ РАН, 2014.

67. Оценка объемов образования РАО от вывода из эксплуатации с использованием информационных моделей / Т. А. Александрова, А. Ю. Иванов, И. И. Линге [и др.]. – Текст : непосредственный // Радиоактивные отходы. – 2020. – № 3(12). – С. 19–31. – ISSN: 2587-9707. – eISSN: 2949-1118. DOI:10.25283/2587-9707-2020-3-19-31.

68. На площадке Московского филиала ФГУП «РАДОН» состоялся технический тур, посвященный реализации мероприятий ФЦП ЯРБ-2. — Текст : электронный // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года» : [сайт]. — URL: <https://xn----btb4bfrm9d.xn--p1ai/society/news/na-ploshchadke-moskovskogo-filiala-fgup-radon-sostoyalsya-tekhnicheskiy-tur-posvyashchennyu-realizats/> (дата обращения: 24.09.2023).

69. Росатом представил общественности текущие результаты по выводу из эксплуатации объекта ядерного наследия в Москве. — Текст : электронный // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года» : [сайт]. — URL:

<https://xn----btb4bfrm9d.xn--p1ai/society/news/na-ploshchadke-moskovskogo-filiala-fgup-radon-sostoyalsya-tekhnicheskiy-tur-posvyashchennyu-realizats/> (дата обращения: 06.10.2023).

70. Абалкина, И. Л. Концептуальная модель площадки как пример лучших практик в области реабилитации. — /И. Л. Абалкина, С. В. Панченко – Текст : непосредственный //Препринт / Ин-т проблем безопас. развития атом.энергетики РАН, № ИБРАЭ-2020-02 — М.: ИБРАЭ РАН, 2020. — 49 с. ISBN 978-5-6041296-7-8.

71. Van Liedekerke M, Prokop G, Rabl-Berger S, Kibblewhite M, Louwagie G. Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe / Van Liedekerke M, Prokop G, Rabl-Berger S, Kibblewhite M, Louwagie G. — Текст : электронный // JRC Publications Repository : [сайт]. — URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/5173/improving-the-environment-an-evaluation-of-the-does-environmental-management> (дата обращения: 17.09.2021).

72. Environmental Protection Agency. Fortieth Update of the Federal Agency Hazardous Waste Compliance Docket / P. A. Environmental. — Текст : электронный // Federal Register : [сайт]. — URL: <https://www.federalregister.gov/documents/2021/10/27/2021-23357/fortieth-update-of-the-federal-agency-hazardous-waste-compliance-docket> (дата обращения: 04.02.2021).

73. Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA) and Federal Facilities. — Текст : электронный // Environmental Protection Agency : [сайт]. — URL: <https://www.epa.gov/enforcement/comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act-cercla-and-federal> (дата обращения: 04.02.2021).

74. National Priorities List (NPL) Sites. — Текст : электронный // Environmental Protection Agency : [сайт]. — URL: <https://www.epa.gov/superfund/national-priorities-list-npl-sites-site-name> (дата обращения: 04.02.2021).

75. Cleaning up the Department of Energy's Nuclear Weapons Complex — Текст : электронный // Congressional Budget Office : [сайт]. — URL:

<https://www.cbo.gov/sites/default/files/103rd-congress-1993-1994/reports/doc26.pdf>
(дата обращения: 09.10.2021).

76. Linking Legacies: Connecting the Cold War Nuclear Weapons Production Processes to Their Environmental Consequences — Текст : электронный // Office of Environmental Management : [сайт]. — URL: https://www.energy.gov/sites/default/files/2014/03/f8/Linking_Legacies.pdf (дата обращения: 17.10.2021).

77. Improving the Environment An Evaluation of the DOE's Environmental Management Program — Текст : электронный // National Academies Press : [сайт]. — URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/5173/improving-the-environment-an-evaluation-of-the-does-environmental-management> (дата обращения: 17.10.2024).

78. Лебедев, В. М. Ядерный топливный цикл : технологии, безопасность, экономика / В. М. Лебедев ; В. М. Лебедев. — Москва : Энергоатомиздат, 2005. — 316 с. — ISBN 5-283-00796-0. — Текст : непосредственный.

79. Jackson D. England and Wales: experience of radioactive waste (RAW) management and contaminated site clean-up //Radioactive Waste Management and Contaminated Site Clean-Up. — Woodhead Publishing, 2013. — С. 509-538.

80. Nuclear Decommissioning Authority Strategy effective from March 2021 — Текст : электронный // GOV.UK : [сайт]. — URL: <https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-decommissioning-authority-strategy-effective-from-march-2021/nuclear-decommissioning-authority-strategy-effective-from-march-2021> (дата обращения: 15.10.2021).

81. Corporate report NDA Business Plan 2021 to 2024 — Текст : электронный // GOV.UK : [сайт]. — URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6051fcbcd3bf7f0458afe2a4/NDA_Business_Plan_2021-2024_170321.pdf (дата обращения: 15.10.2024).

82. Radiation Contamination Data Base # 0245 — Текст : электронный // International Science and Technology Center : [сайт]. — URL: <https://www.istc.int/en/project/326B351D8CB2B803C3256C8C003EC694> (дата обращения: 19.03.2019).

83. Radiation legacy of the 20th century: Environmental restoration IAEA-TECDOC-1280 — Текст : электронный // International Atomic Energy Agency : [сайт].

— URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1280_prn/t1280_part1.pdf (дата обращения: 17.10.2024).

84. Egorov, Nikolai N., The Radiation Legacy of the Soviet Nuclear Complex. An Analytical Overview [Текст] / Nikolai N. Egorov, Vladimir M. Novikov, Frank L. Parker, and Victor K. Popov — Abingdon: Earthscan, 2013 — 236 с., ISBN 1-85383-658-3.

85. Абалкина, И. Л. Инвентаризация ядерно и радиационно опасных объектов: ожидаемые результаты и перспективы их использования / И. Л. Абалкина, А. А. Абрамов, Д. В. Бирюков [и др.] — Текст : непосредственный // Препринт ИБРАЭ РАН № IBRAE-2014-05. — Москва: ИБРАЭ РАН, 2014.

86. Ведерникова, М. В. Практические потребности развития методологии анализа риска для заключительной стадии жизненного цикла / Д. В. Бирюков, М. В. Ведерникова. [и др.] — Текст : непосредственный // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). — 2015. — Т. 24. — №. 2.

87. Правительство Российской Федерации. Рекомендации по включению мероприятий в состав ФЦП ЯРБ. Приложение 4 к концепции федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2015–2020 годы и на период до 2030 года» : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.04.2015 г. №760-р // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2015. — № 18. Ст. 2750.

88. Общие сведения. — Текст : электронный // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2035 года» : [сайт]. — URL: <https://xn----btb4bfrm9d.xn--p1ai/about/overview/> (дата обращения: 22.03.2024).

89. Иванов, А. Ю. Информационное обеспечение управления работами по обращению с РАО в рамках ФЦП ЯРБ-2 / Е. В. Гиневец, А. А. Тихонова,

А. Н. Дорофеев [и др.] – Текст : непосредственный // Радиоактивные отходы. – 2019. – № 3(8). – С. 28-35. – DOI 10.25283/2587-9707-2019-3-28-35.

90. Тихонова, А. А. Информационно-аналитическое сопровождение федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года». Опыт сопровождения и пути совершенствования / Тихонова А. А., Толстых С. Д., Арефинкина С. Е. [и др.] – Текст : непосредственный // Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2016-01. Москва: ИБРАЭ РАН, 2016. — 19 с. — Библиогр.: 16 назв. — 68 экз.

91. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621916 Российская Федерация. База данных для экспертной поддержки реализации программных мероприятий на основе комплексного анализа результатов выполнения Программы и оценки текущего и перспективного состояния промышленных площадок размещения ядерно и радиационно опасных объектов : № 2022621659 : заявл. 07.07.2022 : опубл. 02.08.2022 / А. А. Федьков, А. Ю. Иванов, А. И. Илюшкин [и др.] ; заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». – 1 с. – Текст : непосредственный.

92. Разработка программного обеспечения для оценки стоимости проектов по ликвидации ядерно и радиационно опасных объектов с применением цифрового моделирования / Д. Ф. Ильясов, А. Ю. Иванов, Н. П. Агафонов [и др.]. – Текст : непосредственный // Теоретическая и прикладная экономика. – 2022. – № 4. – С. 67-79. – eISSN: 2409-8647. DOI: 10.25136/2409-8647.2022.4.38996.

93. Правительство Российской Федерации. Об утверждении Правил отчисления предприятиями и организациями, эксплуатирующими особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты (атомные станции), средств для формирования резервов, предназначенных для обеспечения безопасности атомных станций на всех стадиях их жизненного цикла и развития : Постановление Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. №68 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 6. Ст. 584.

94. Правительство Российской Федерации. Об утверждении Правил отчисления организациями, эксплуатирующими особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты (кроме атомных станций), средств для формирования резервов, предназначенных для обеспечения безопасности указанных производств и объектов на всех стадиях их жизненного цикла и развития : Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2005 г. № 576 (с изменениями и дополнениями от: 7 ноября 2008 г., 19 ноября 2012 г., 30 декабря 2013 г., 28 января 2015 г., 11 сентября 2019 г., 9 декабря 2020 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2005. — № 39. Ст. 3958.

95. Федеральный закон от 10 января 2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 2. Ст. 133.

96. Федеральный закон от 5 февраля 2007 № 13-ФЗ «Об особенностях управления и распоряжения имуществом и акциями организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2007. — № 7. Ст. 834.

97. Президент Российской Федерации. О реструктуризации атомного энергопромышленного комплекса Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 27.04.2007 № 556 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2007. — № 18. Ст. 2185.

98. Федеральный закон от 1 декабря 2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии „Росатом“» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2007. — № 49. Ст. 6078.

99. Консолидированная финансовая отчетность АО "Атомэнергпром" за год, закончившийся 31.12.2023 года и аудиторское заключение независимых аудиторов // Официальный сайт АО «Атомэнергпром» URL: https://atomenergoprom.ru/u/file/2024_/fin_otchet_2023.pdf. (дата обращения: 30.06.2021).

100. Правительство Российской Федерации. Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий на возмещение затрат на поддержание остановленных ядерно и радиационно опасных объектов ядерного наследия в безопасном состоянии : Постановление Правительства Российской Федерации от 11 октября 2019 г. №1315 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2019. — № 42. Ст. 5826.

101. Тихонова, А. А. Особенности процесса поиска и внедрения новых технологических решений по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия и обращению с образующимися при этом радиоактивными отходами / А. А. Тихонова, А. А. Самойлов, А. Ю. Иванов [и др.] – Текст : непосредственный // Радиоактивные отходы. – 2022. – № 4(21). – С. 90-102. – DOI 10.25283/2587-9707-2022-4-90-102.

102. Крюков, О. В. Ликвидация ядерного наследия как ключевой фактор обеспечения радиационной и экологической безопасности в Российской Федерации: По итогам реализации ФЦП ЯРБ-2 за 2016—2021 гг. / О. В. Крюков, А. А. Абрамов – Текст : непосредственный // Радиоактивные отходы. — 2022. — № 1(18). — С. 6—15. DOI: 10.25283/2587-9707-2022-1-6-15.

103. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России : монография / Под общей ред. Л. А. Большова, О. В. Крюкова, Н. П. Лаверова, И. И. Линге – М.: Энергопроманистика, 2013.— Т.2 – 392 с. – Текст : непосредственный.

104. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Вывод из эксплуатации: монография / Под общей редакцией Л. А. Большова, Н. П. Лаверова, И. И. Линге. – Москва: 2015. – Т.3.—316 с. – Текст : непосредственный.

105. Иванов, А. Ю. Инструменты эффективного планирования и оценки результативности мероприятий в области ликвидации ядерного наследия в России / А. Ю. Иванов. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024, № 9. – С. 85–94. – ISSN: 2072-0858.

106. Основы вывода из эксплуатации блоков атомных электрических станций : учебно-методическое пособие / Б. К. Былкин, И. А. Енговатов,

Ю. А. Зверков [и др.] ; под общей ред. П. Л. Ипатова [и др.]. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. – ISBN 978-5-383-01384-4. – Текст : непосредственный.

107. The NDA Value Framework August 2021 / NEA. — Текст : электронный // Nuclear Decommissioning Authority : [сайт]. — URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6155a8be8fa8f5297a62a046/The_NDA_Value_Framework_Aug21.pdf (дата обращения: 21.11.2021).

108. Ильясов, Д. Ф. Методы прогнозирования затрат на поддержание в безопасном состоянии объектов ядерного наследия / Д. Ф. Ильясов, А. Ю. Иванов, Е. О. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Статистика и Экономика. – 2023. – Т. 20, № 6. – С. 70–80. – ISSN: 2500-3925. – DOI 10.21686/2500-3925-2023-6-70-80.

109. Линге, И. И., Обращение с особыми радиоактивными отходами: прогресс практической деятельности и актуальные задачи / И. И. Линге, М.Н. Савкин, М. Н. Ведерникова. – Текст : непосредственный // Радиационная гигиена. — 2014. — № 3. — С. 5–19.

110. Иванов, А. Ю. К вопросу влияния положений действующих нормативных правовых актов на уровень операционных и эксплуатационных затрат на остановленных ядерно и радиационно опасных объектах наследия / А. Ю. Иванов, Д. Ф. Ильясов, А. В. Приходько // Экономика природопользования. – 2019. – № 5. – С. 104-118. – DOI 10.36535/1994-8336-2019-05-5.

111. NEA OECD, Selecting Strategies for the Decommissioning of Nuclear Facilities. A Status Report / NEA. — Текст : электронный // NUCLEAR ENERGY AGENCY : [сайт]. — URL: <https://oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/nea6038-decommissioning.pdf> (дата обращения: 05.12.2022).

112. Иванов, А. Ю. Метод оценки социально-экономической эффективности мероприятий целевых программ в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности / А. Ю. Иванов. – Текст : непосредственный // Арктика: экология и экономика. – 2024. – Т. 14, № 3(55). – С. 417–426. – ISSN: 2223-4594. – eISSN: 2949-110X.

113. Ростехнадзор. Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ) НП-016-05 : Постановление Ростехнадзора от 2 декабря 2005 г. №11 // Ядерная и радиационная безопасность России. — 2006.

114. От производства по разделению изотопов урана до зелёной лужайки // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2035 года» URL: <https://xn----btb4bfrm9d.xn--plai/society/news/ot-proizvodstva-po-razdeleniyu-izotopov-urana-do-zelyenoy-luzhayki/> (дата обращения: 30.06.2021).

115. International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations // Nuclear Energy Agency URL: <https://oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/isdc-nuclear-installations.pdf> (дата обращения: 30.06.2022) ISBN 978-92-64-99173-6.

116. Ростехнадзор. Требования к обеспечению безопасности пунктов размещения особых радиоактивных отходов и пунктов консервации особых радиоактивных отходов (НП-103-17) : Приказ Ростехнадзора от 10.10.2017 №418 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2018.

117. Измestьев, А.М. Вывод из эксплуатации промышленного уран-графитового ядерного реактора – Презентация / А.М. Измestьев // АтомЭко-2015. 9-11 ноября 2015 г. Москва.

118. Возняк, В. Я. Чернобыль: возвращение к жизни: реабилитация радиоактивно загрязненных территорий. МП «Москомплекс», 1993. — Текст : непосредственный.

119. Иванов, В. К. Минимизация радиационных рисков персонала в ситуациях планируемого облучения на примере выполнения работ по ликвидации объектов ядерного наследия / В. К. Иванов, А. И. Горский, А. М. Корело [и др.]. — Текст : непосредственный // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). — 2017. — № 4. — С. 7-21.

120. Тихомиров, Н. П. Теория риска : учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Н. П. Тихомиров, Т. М. Тихомирова. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2020. – 308 с. – ISBN 978-5-238-03413-3. — Текст : непосредственный.

121. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН СП 2.6.1.2523-09 : Постановление главного санитарного врача Российской Федерации от 07 июля 2009 года №47 // М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора России, 2009. – 100 с.

122. Тихомиров, Н. П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками : Учебное пособие / Н. П. Тихомиров, И. М. Потравный, Т. М. Тихомирова. – Москва : Юнити-Дана, 2012. – 351 с. – ISBN 5-238-00489-3. — Текст : непосредственный.

123. Management of Project Risks in Decommissioning. — Текст : электронный // International Atomic Energy Agency : [сайт]. — URL: <https://www.iaea.org/publications/12328/management-of-project-risks-in-decommissioning> (дата обращения: 05.11.2022).

124. Крышев, И. И. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России / И. И. Крышев, Е. П. Рязанцев ; И. И. Крышев, Е. П. Рязанцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИздАТ, 2010. – ISBN 978-5-86656-243-5. — Текст : непосредственный.

125. Гусев Н. Г. Радиоактивные выбросы в биосфере Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1991. — 256 с. ил.; 21. — ISBN 5-283-03025-3. — Текст : непосредственный.

126. Арон, Д. В. Методы оценки эффективности стратегий реабилитации радиационно загрязненных территорий : специальность 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки)» : Диссертация на соискание кандидата экономических наук / Д. В. Арон ; ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». — Москва, 2020. — 165 с.

127. Президент Российской Федерации. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 года : Указ

Президента Российской Федерации от 07.05.2018 №204 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2018. — № 20. Ст. 2817.

128. Президент Российской Федерации. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2030 года : Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 №474 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2020. — № 30. Ст. 4884.

129. Президент Российской Федерации. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2024 г. — № 20. — Ст. 2584.

130. Дерябин, С. А. Современные подходы к планированию работ по ВЭ в рамках ФЦП ЯРБ-2 / С. А. Дерябин — Текст : непосредственный // Сборник материалов XI Российской научной конференции, Москва, 26–29 октября 2021 г. Том 4. — Москва: ИБРАЭ РАН, 2022. — С. 7-15.

131. Вывод из эксплуатации установки У-5, участка радиоактивного загрязнения № 9 и исследовательских корпусов АО «ВНИИНМ». — Текст : электронный // Федеральная целевая программа "Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 203 года" : [сайт]. — URL: <https://xn----btb4bfrm9d.xn--p1ai/about/events-program/direction2event54/> (дата обращения: 14.02.2024).

132. Кузнецов, А. Ю. Основные результаты вывода из эксплуатации исследовательского корпуса Б АО «ВНИИНМ»/ А. Ю. Кузнецов и др. — Текст : непосредственный //Атомная энергия. — 2017. — Т. 123. — №. 4. — С. 210-215.

133. Правительство Российской Федерации. О внесении изменений в федеральную целевую программу «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» : Постановление Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2012 г №1268 (для служебного пользования).

134. Правительство Российской Федерации. О внесении изменений в федеральную целевую программу «Обеспечение ядерной и радиационной

безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» : Постановление Правительства Российской Федерации от 16 октября 2013 №926 (для служебного пользования).

135. Правительство Российской Федерации. О внесении изменений в федеральную целевую программу «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» : Постановление Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2019 №1838 (для служебного пользования).

136. Минстрой России. Об утверждении методики определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации : Приказ Министра России от 4 августа 2020 г. № 421/пр (Зарегистрировано в Минюсте России 23 сентября 2020 г. N 59986) // Официальный сайт Министра России – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/74853/> (дата обращения: 12.04.2023). – Текст : электронный.

137. Минстрой России. Об утверждении методики применения сметных норм : Приказ Министра России от 14 июля 2022 г. № 571/пр // Официальный сайт Министра России – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/226721/> (дата обращения: 12.04.2023). – Текст : электронный.

138. Минстрой России. Об утверждении Методики определения сметной стоимости строительства с применением федеральных единичных расценок и их отдельных составляющих : Приказ Минсроя России от 8 августа 2022 года N 648/пр // Официальный сайт Министра России – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/274810/> (дата обращения: 12.04.2023). – Текст : электронный.

139. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023610167 Российская Федерация. Программа для финансово-экономического планирования работ по выводу из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов («Decommissioning Smart Manager») : № 2022685337 : заявл. 20.12.2022 : опубл. 09.01.2023 / Н. П. Агафонов, А. Ю. Иванов, Д. Ф. Ильясов [и др.] ; заявитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. – 1 с. – Текст : непосредственный.

140. Отчёты о выполнении федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года». — Текст : электронный // Федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 203 года» : [сайт]. — URL: <https://xn----btb4bfrm9d.xn--p1ai/about/reports/> (дата обращения: 18.05.2024).

141. Ильясов, Д. Ф. Сравнительный анализ стоимости операций по обращению с РАО на российском и международном рынках / Д. Ф. Ильясов, А. Ю. Иванов А. Ю., Е. О. Кузнецова [и др.] – Текст : непосредственный; // Радиоактивные отходы. 2020. № 4 (13). С. 14—21. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-4-14-21.

142. Экономика и управление природопользованием. Ресурсосбережение : учебник и практикум для вузов / А. Л. Новоселов, И. Ю. Новоселова, И. М. Потравный, Е. С. Мелехин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд. Юрайт, 2023. – 390 с. ISBN 978-5-534-12355-5.

143. Гусев, А. А. Современные экономические проблемы природопользования [Текст] : научное издание / А. А. Гусев. – Москва : Международные отношения, 2004. – 202 с. – ISBN 5-7133-1219-4.

144. Ильясов, Д. Ф. Оценка эффективности мероприятий по повышению безопасности объектов использования атомной энергии / Д. Ф. Ильясов, Е. О. Кузнецова – Текст : непосредственный // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2019. – № 5. – С. 111-121. – DOI 10.1134/S0002331019050078.

145. МЧС России. Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций : Приказ МЧС России от 1 сентября 2020 г. № 631 (с изменениями на 24.07.2022) // Официальный сайт МЧС России – URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/5065/> (дата обращения: 12.04.2023). – Текст : электронный.

146. Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency. — Текст : электронный // International Atomic Energy Agency : [сайт]. — URL: <https://www.iaea.org/publications/5159/intervention-criteria-in-a-nuclear-or-radiation-emergency> (дата обращения: 05.12.2024).

147. Crick M.J. Derived Intervention Levels for Invoking Countermeasures in the Management of contaminated Agricultural Environments. /Division of Nuclear Safety, IAEA, Vienna, 1991.

148. Hasemann I. Model description of the late economics modelling //RODOS (WG3)-TN (99)-62. – 2000.

149. Федеральная служба государственной статистики : Регионы России. Социально-экономические показатели. Основные социально-экономические показатели в 2022 году : официальный сайт : [Сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts#> (дата обращения: 23.11.2023).

150. Хамаза, А. А. О возможности применения комплексного показателя потенциальной опасности в качестве основы дифференцированного подхода к регулированию безопасности объектов «ядерного наследия» / А. А. Хамаза, В. В. Бочкарев А. В. Курьиндин [и др.] – Текст : непосредственный //Ядерная и радиационная безопасность. – 2016. – №. 1(79). – С.1-9.

151. Блок вопросов: сколько времени, сил и средств займет вывод АЭС из эксплуатации // Страна Росатом : сайт. – URL: <https://strana-rosatom.ru/2023/12/07/blok-voprosov-skolko-vremeni-sil-i-s/> (дата обращения: 20 02 2024).

152. Архангельская, А. И. «Нормативно-правовая база и механизмы гарантированного финансирования вывода из эксплуатации остановленных энергоблоков атомных электростанций ядерного наследия – путь к экотрансформации объектов наследия // Форум "Атомэкспо-2024" 25 03 2024 : сайт. – URL: <https://www.atomexpo2024.ru/broadcast/49> (дата обращения: 28 03 2024).

153. Правительство Российской Федерации. О проведении первичной регистрации радиоактивных отходов : Постановление Правительства Российской Федерации от 14.03.2024 № 247-П.

Федерации от 25 июля 2012 г. №767 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2012. — № 31. Ст. 4382.

154. Финансовая информация. — Текст : электронный // Официальный сайт АО «ТВЭЛ» : [сайт]. — URL: <https://www.tvel.ru/about-company/financial-and-legal-information> (дата обращения: 04.11.2023).

155. Добролюбова, Е. И. Методические проблемы оценки эффективности государственных программ – Текст : непосредственный / Е. И. Добролюбова // Региональная экономика. Юг России. – 2017. – № 1(15). – С. 95-105. – DOI 10.15688/re.volsu.2017.1.10.

156. Особенности управления федеральными целевыми программами на современном этапе / А. Ю. Иванов, Е. О. Кузнецова, В. В. Дроздов, А. Н. Ободинский. – Текст : непосредственный // Прикладные экономические исследования. – 2023. – № 2. – С. 8–16. – ISSN: 2313-2086. – eISSN: 2949-1908. https://doi.org/10.47576/2949-1908_2023_2_8.

157. Indicators of Sustainable Development. Guidelines and Methodologies // UN. — Текст : электронный // UN-ilibrary : [сайт]. — URL: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210558402> (дата обращения: 24.09.2024).

158. Правительство Российской Федерации. О системе управления государственными программами Российской Федерации : Постановление Правительства Российской Федерации от 26 мая 2021 г. № 786 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2021. — № 22. Ст. 3954.

159. Правительство Российской Федерации. Об организации проектной деятельности в Правительстве Российской Федерации : Постановление Правительства Российской Федерации от 31 октября 2018 г. № 1288 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2018. — № 45. Ст. 6947.

160. Правительство Российской Федерации. Об утверждении Порядка разработки, реализации и оценки эффективности государственных программ Российской Федерации : Постановление Правительства Российской Федерации от 2 августа 2010 г. № 588 // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2010. — № 32. Ст. 4329.

161. Минэкономразвития России. Об утверждении Методических указаний по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации : Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 16.09.2016 № 582 (в редакции от 07.04.2023) // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201610110041> (дата обращения: 04.03.2024).

162. Мелихова, Е. М. Анализ проблем коммуникации радиационного риска в контексте развития общественного диалога – Текст : непосредственный / Е. М. Мелихова, И. Л. Абалкина // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т. 66. № 5. С.105–112. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-105-112.

163. Мелихова, Е. М. К вопросу об общественной приемлемости проектов по захоронению РАО – Текст : непосредственный / Е. М. Мелихова, Е. О. Кузнецова // Радиоактивные отходы. 2023. № 4 (25). С. 23—34. DOI: 10.25283/2587-9707-2023-4-23-34.

Приложение А

(обязательное)

Нормативы удельных годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов ядерного наследия (в ценах на конец 2023 года)

Таблица А.1 – Значения нормативов удельных годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии для различных типов остановленных объектов ядерного наследия

Тип объекта	Подтип	Тариф, тыс. руб./единица измерения показателя	Показатель (фактор)
Промышленный реактор	Промышленный уран-графитовый реактор	21	масса графитовой кладки, тонн
	Промышленный реактор	21	масса графитовой кладки, тонн
Реакторный блок	-	1035	мощность блока, МВт
Исследовательский ядерный реактор	-	1 585	мощность установки, МВт
Суда	Ледоколы	0,4	водоизмещение, тонн
Ядерно- и радиационно-опасный объект	1 степень опасности	4,6	строительный объем, куб. м
	2 степень опасности	1,4	
	3 степень опасности	0,4	
	4 степень опасности	0,1	
	Холодная консервация	0,01	
	Площадки	0,04	общая площадь, кв. м

Источник: составлено автором на основе [108]

Приложение Б

(обязательное)

Нормативы удельных годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов (в ценах на конец 2023 года)

Таблица Б.1 – Значения нормативов удельных годовых затрат на поддержание в безопасном состоянии для различных типов пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов (в ценах 2023 года)

Тип пункта хранения	Тариф, тыс. руб./единица измерения показателя	Показатель (фактор)
Водоемы-хранилища	0,075	Общая площадь, кв. м
Здания и сооружения прочие	0,318	Строительный объем, куб. м
Здания специализированные	1,6	Строительный объем, куб. м
Контейнеры и емкости	49,1	Объем радиоактивных отходов, куб. м
Площадки, отвалы	0,047	Общая площадь, кв. м
Сооружения с инженерными защитными барьерами	0,253	Объем радиоактивных отходов, куб. м
Полости	0,09	Объем радиоактивных отходов, куб. м
Плавблоки	92	Объем радиоактивных отходов, куб. м
Пункты глубинного захоронения ЖРО (Северск, Железногорск)	0,005	Общая площадь, кв. м

Источник: составлено автором на основе [108]

Приложение В

(обязательное)

Издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия при базовом сценарии

Таблица В.1 – Результативность и сводные издержки деятельности по обращению с объектами ядерного наследия в разрезе собственника обязательств для *базового* сценария (в ценах 2023 года)

Направление издержек	Количественный показатель к 2100 году	Издержки государства, млрд руб.	Издержки эксплуатирующих организаций, млрд руб.	Всего, млрд руб.
1. Затраты на реализацию процессов поддержания в безопасном остановленном состоянии и приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия, включая затраты на управления рисками, в том числе:				3 366,17
1) Приведение в конечное состояние, в том числе консервация пунктов хранения особых радиоактивных отходов	1700 объектов	1 394,97	1 012,96	2 407,94
2) приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных удаляемых радиоактивных отходов	613 916 м ³ радиоактивных отходов	206,63	-	206,63
3) поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов ядерного наследия	-	466,72	263,65	730,37
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	-	13,40	7,84	21,24
2. Потери от неиспользования территорий, млрд руб.				157,70
ВСЕГО, млрд руб.				3523,87

Источник: составлено автором

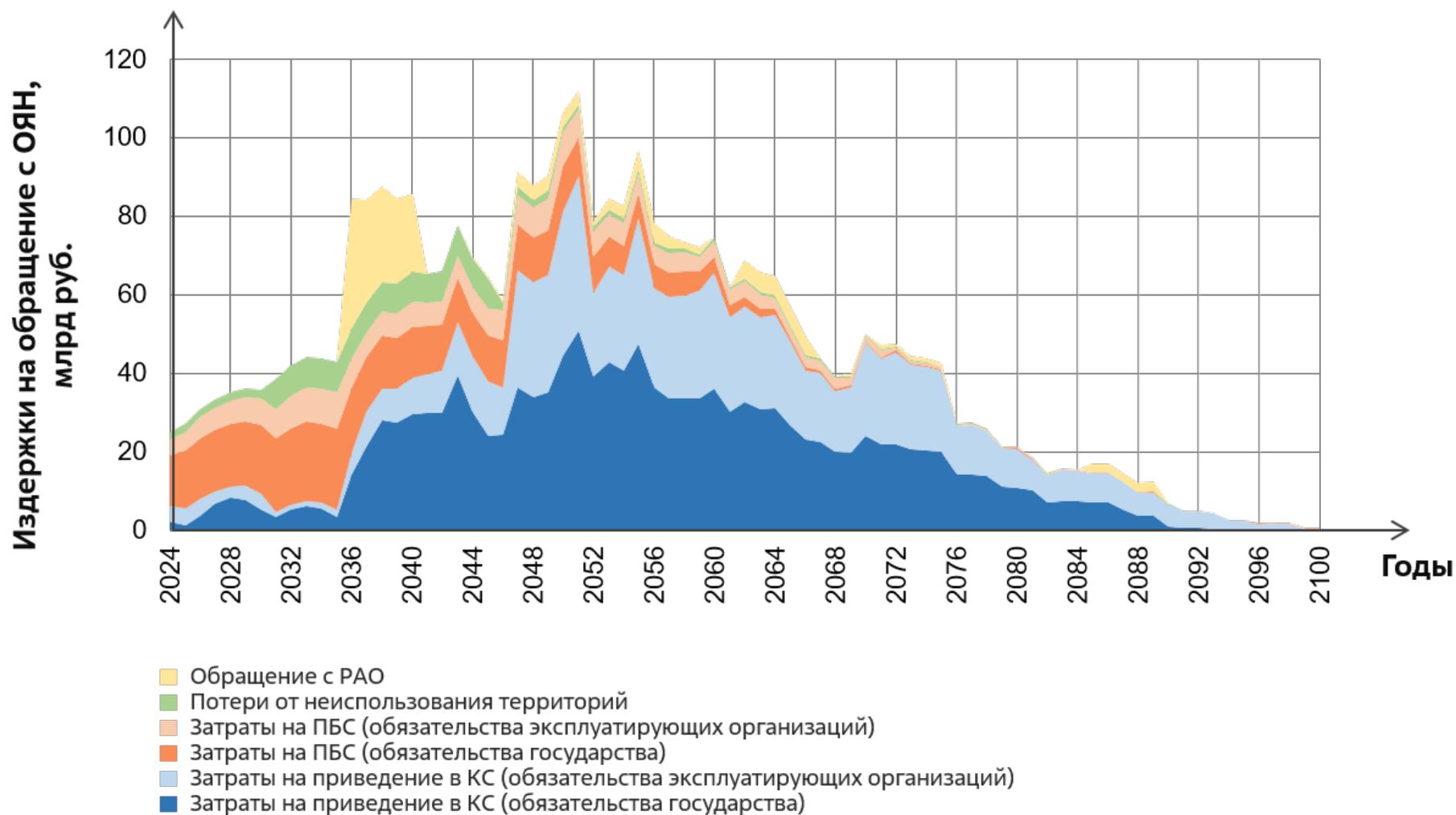


Рисунок В.1 – Значения годовых издержек деятельности по обращению с ядерным наследием в разрезе направлений для базового сценария (в ценах 2023 года)

Источник: составлено автором

Приложение Г

(обязательное)

Издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия при консервативном сценарии

Таблица Г.1 – Результативность и сводные издержки деятельности по обращению с объектами ядерного наследия в разрезе собственника обязательств для консервативного сценария (в ценах 2023 года)

Направление издержек	Количественный показатель к 2100 году	Издержки государства, млрд руб.	Издержки эксплуатирующих организаций, млрд руб.	Всего, млрд руб.
1. Затраты на реализацию процессов поддержания в безопасном остановленном состоянии и приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия, включая затраты на управления рисками, в том числе:				3156,77
1) Приведение в конечное состояние, в том числе консервация пунктов хранения особых радиоактивных отходов	56 объектов	346,57	208,61	555,18
2) приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных удаляемых радиоактивных отходов	2 077,1 м ³ радиоактивных отходов	0,46	-	0,46
3) поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов ядерного наследия	-	1 493,82	1 007,94	2 501,76
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	-	58,70	40,67	99,38
2. Потери от неиспользования территорий, млрд руб.				274,93
ВСЕГО, млрд руб.				3 431,7

Источник: составлено автором

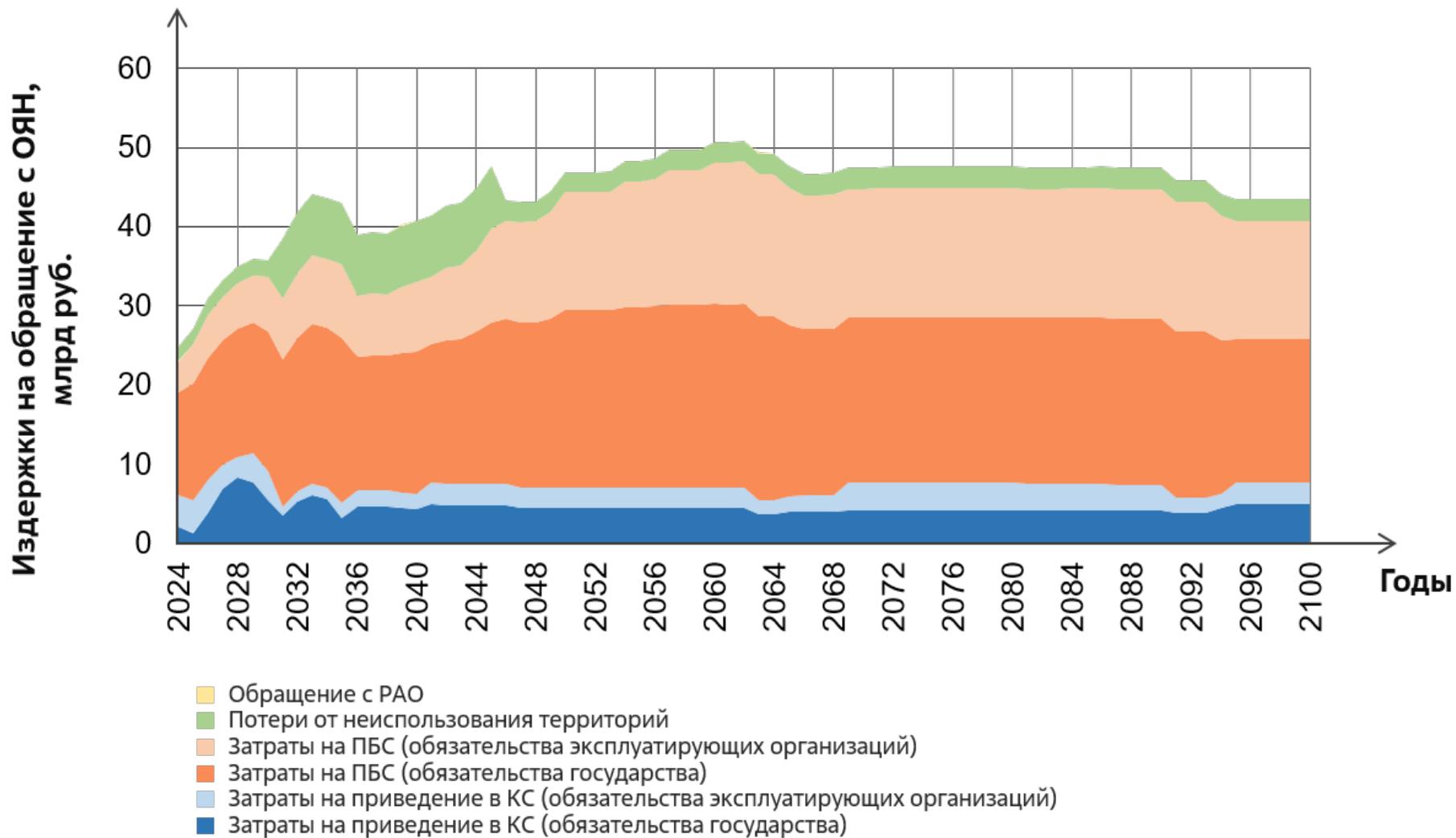


Рисунок Г.1 – Значения годовых издержек деятельности по обращению с ядерным наследием в разрезе направлений для консервативного сценария (в ценах 2023 года)

Источник: составлено автором

Приложение Д
(обязательное)

Издержки заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия при сбалансированном сценарии

Таблица Д.1 – Результативность и сводные издержки деятельности по обращению с объектами ядерного наследия в разрезе собственника обязательств для сбалансированного сценария (в ценах 2023 года)

Направление издержек	Количественный показатель к 2100 году	Издержки государства, млрд руб.	Издержки эксплуатирующих организаций, млрд руб.	Всего, млрд руб.
1. Затраты на реализацию процессов поддержания в безопасном остановленном состоянии и приведение в конечное состояние объектов ядерного наследия, включая затраты на управления рисками, в том числе:				3566,31
1) Приведение в конечное состояние, в том числе консервация пунктов хранения особых радиоактивных отходов	1249 объектов	1 289,26	901,59	2190,85
2) приведение к критериям приемлемости и передача на захоронение накопленных удаляемых радиоактивных отходов	613 852,9 м ³ радиоактивных отходов	206,62	-	206,62
3) поддержание в безопасном состоянии остановленных объектов ядерного наследия	-	697,97	415,41	1113,38
4) поддержание в безопасном состоянии пунктов хранения накопленных радиоактивных отходов	-	33,70	21,76	55,46
2. Потери от неиспользования территорий, млрд руб.				205,22
ВСЕГО, млрд руб.				3 771,5

Источник: составлено автором

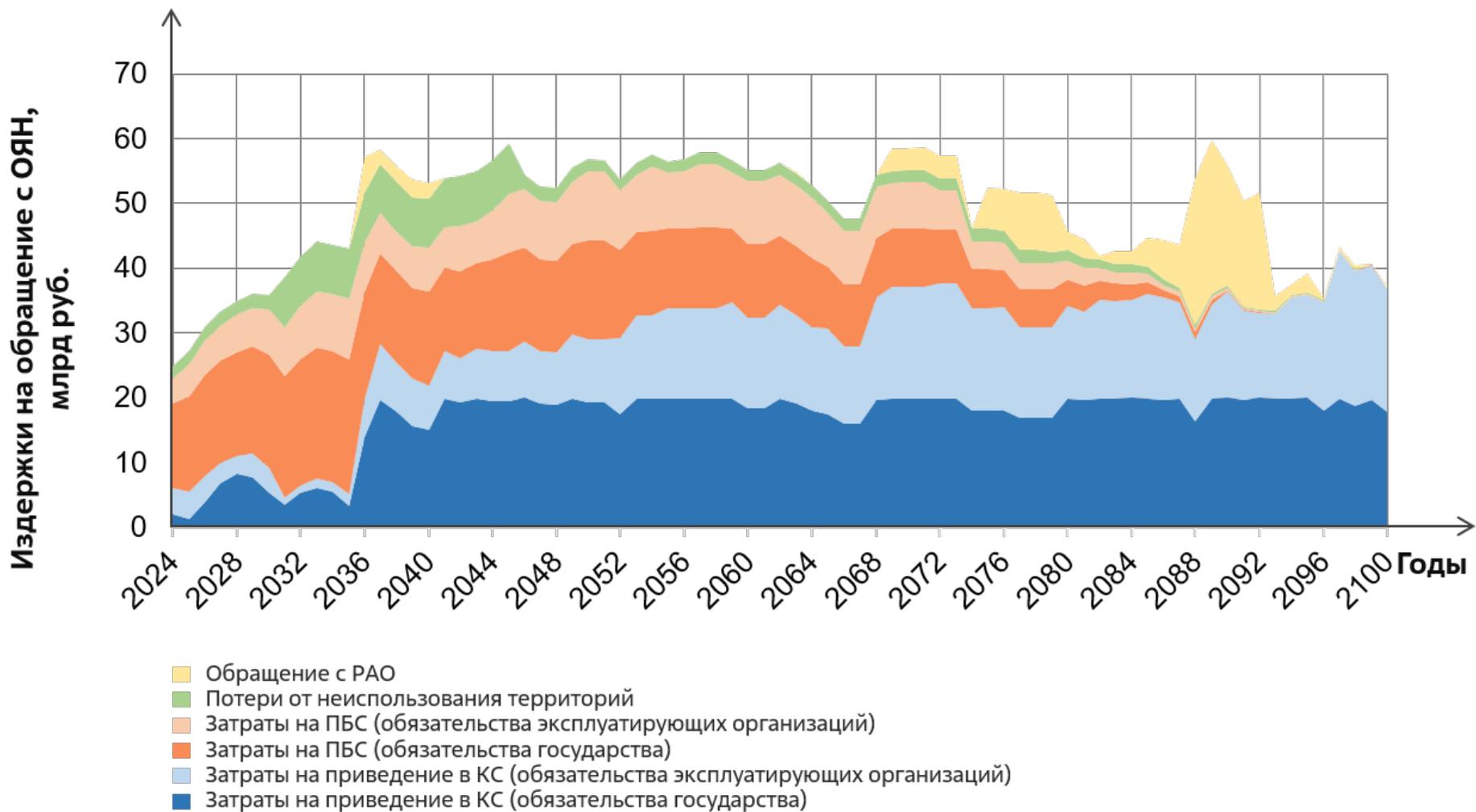


Рисунок Д.1 – Значения годовых издержек деятельности по обращению с ядерным наследием в разрезе направлений для сбалансированного сценария (в ценах 2023 года)

Источник: составлено автором

Приложение Е
(справочное)

Динамика достижения значений индикатора приведения ядерного наследия
в экологически безопасное конечное состояние в разрезе направлений работ
для рассматриваемых сценариев

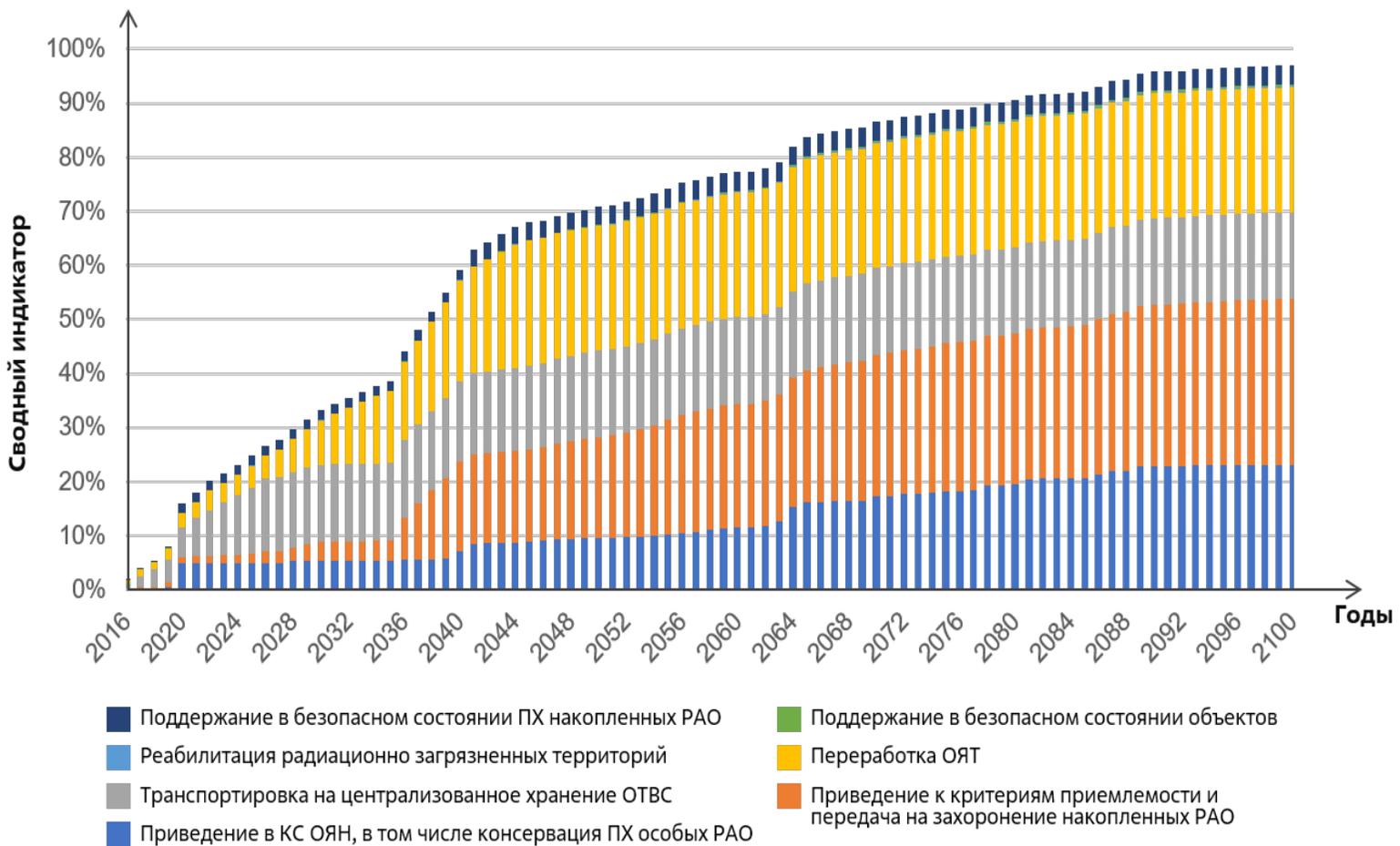


Рисунок Е.1 Динамика достижения значений составных элементов индикатора приведения ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние в разрезе направлений работ для базового сценария

Источник: составлено автором

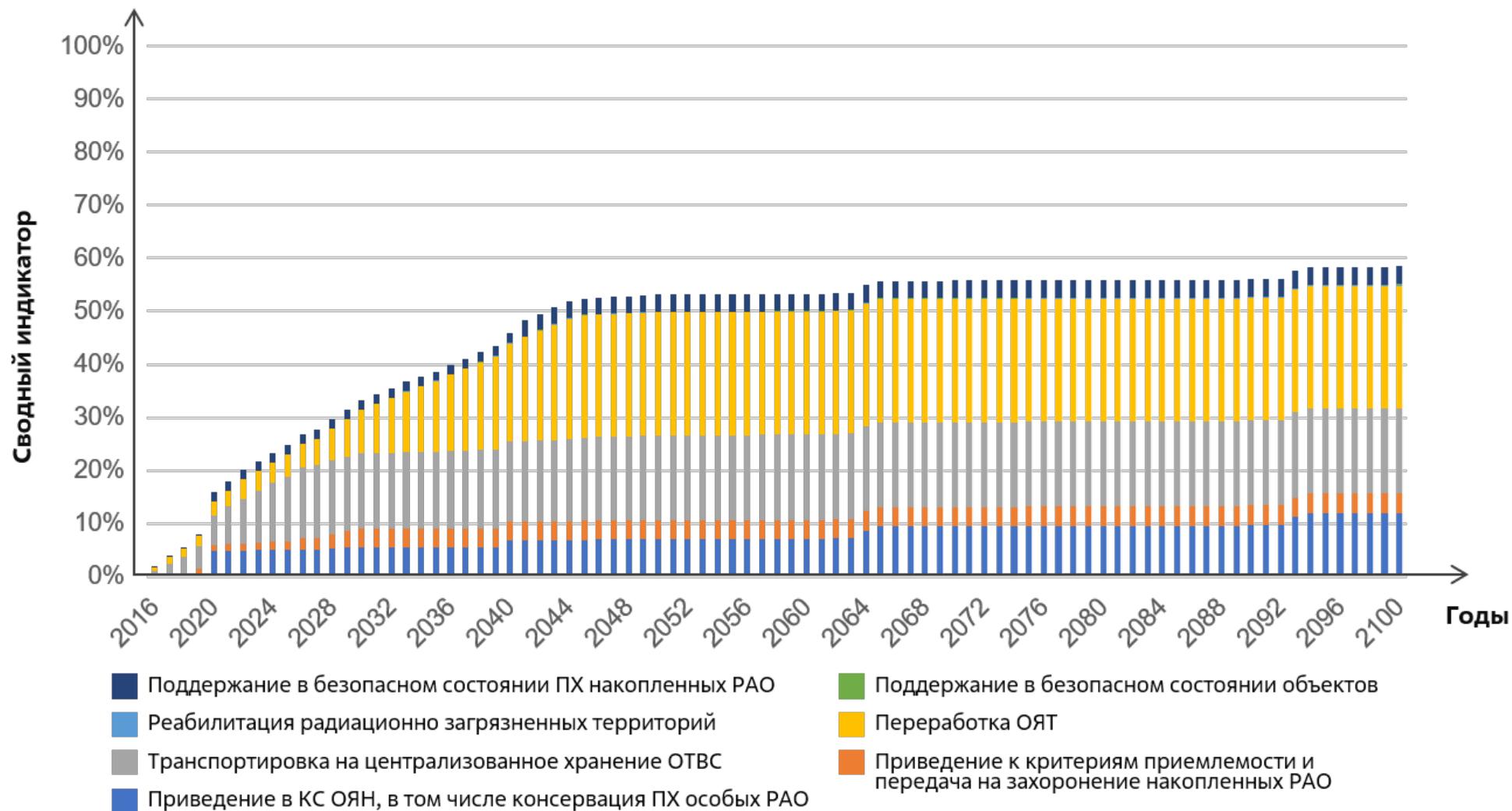


Рисунок Е.2 Динамика достижения значений составных элементов индикатора приведения ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние в разрезе направлений работ для консервативного сценария

Источник: составлено автором

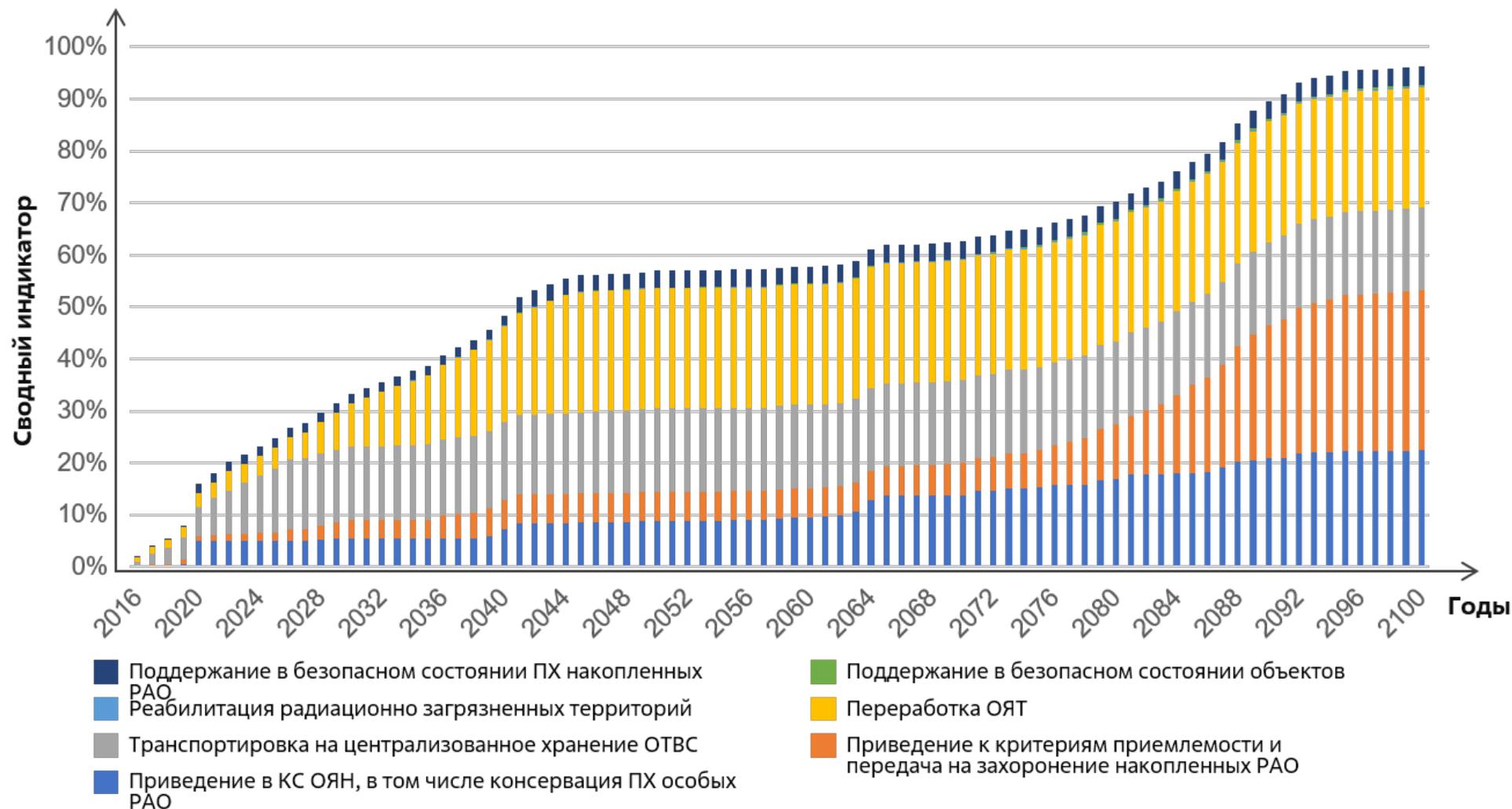


Рисунок Е.3 Динамика достижения значений составных элементов индикатора приведения ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние в разрезе направлений работ для *сбалансированного* сценария

Источник: составлено автором