

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

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата экономических наук

Москва – 2025

Работа выполнена на базовой кафедре «Управление проектами и программами Капитал Групп» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», г. Москва.

Научный руководитель доктор экономических наук, профессор
Тихомиров Николай Петрович

Официальные оппоненты: **Бобылев Сергей Николаевич**
доктор экономических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»,
заведующий кафедрой экономики
природопользования экономического факультета

Тагаева Татьяна Олеговна

доктор экономических наук, доцент,
федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт экономики и
организации промышленного производства
Сибирского отделения Российской академии наук,
ведущий научный сотрудник отдела темпов и
пропорций промышленного производства

Ведущая организация федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Сибирский федеральный
университет»

Защита состоится 22 мая 2025 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета 24.2.372.08 на базе ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 115054, г. Москва, Стремянный пер., д. 36, корп. 3, ауд. 353.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Научно-информационном библиотечном центре им. академика Л.И. Абалкина ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 115054, г. Москва, ул. Зацепа, д. 43 и на сайте организации: <http://ords.rea.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.372.08
кандидат экономических наук, доцент

Галина Юрьевна Каллаур

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последние десятилетия практически все страны с развитой атомной промышленностью, включая Россию, столкнулись с необходимостью комплексного решения экологических и финансовых проблем заключительной стадии жизненного цикла отслуживших свой срок ядерно и радиационно опасных объектов, созданных в период гонки вооружений, становления и развития атомных энергетических технологий. Такие объекты принято обобщенно называть объектами ядерного наследия (ОЯН). Заключительная стадия их жизненного цикла включает 2 основных этапа: поддержание в безопасном состоянии (ПБС) после прекращения эксплуатации и достижение конечного состояния (КС) объектов. В специальной литературе эти этапы обозначают терминами «эксплуатация в режиме окончательного останова» и «вывод из эксплуатации» соответственно. В научной литературе эти составляющие в совокупности обычно обозначают обобщенным термином «вывод из эксплуатации», который используется в данной работе.

К настоящему времени ряд стран существенно продвинулись в решении проблем ядерного наследия за счет разработки специальных экономических механизмов планирования и обеспечения программ вывода из эксплуатации, базирующихся на современном законодательстве в области ядерной и радиационной безопасности¹⁾. 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 объектов ядерного наследия только начинает набирать обороты, в том числе в части формирования экономического механизма, включая финансовые, нормативные и организационно-управленческие инструменты, обеспечивающие ее эффективную реализацию. В настоящее время в организациях Госкорпорации «Росатом», консолидирующих более 90 % всех ядерно и радиационно опасных объектов в 40 регионах страны, в режиме останова находится порядка 400 объектов, а к 2030 году планируется увеличение их количества в 2,5 раза. 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. В настоящее время эта деятельность финансируется преимущественно государством. Сложившаяся практика формирования и исполнения федерального бюджета диктует необходимость влияния ее результатов на достижение национальных целей развития страны, определенных Указами Президента РФ 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

¹⁾ Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, А. Ю. Иванов [и др.]. Том 1. – Москва : Комтехпринт, 2017. – 336 с. – ISBN 978-5-9907220-4-0. – Текст : непосредственный.

эффективности этой деятельности, в том числе за счет рационального использования природных ресурсов и социально-экономического потенциала территорий объектов для создания комфортной и безопасной среды.

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 предопределяют необходимость рационализации этой деятельности на основе разработки комплексного экономического механизма, обеспечивающего оптимальное использование ресурсов, соблюдение нормативных требований и применяющего корректные инструменты оценки эффективности и результативности выполняемых и планируемых работ в этой области.

Степень разработанности темы исследования. Проблематика ядерного наследия в России и за рубежом получила широкое освещение в научной литературе, а также материалах ведомств и организаций. В документах международных организаций (МАГАТЭ, АЯЭ ОСЭР, НКДАР ООН), связанных с использованием атомной энергии, описаны проблемы и подходы к управлению безопасным и рациональным выводом из эксплуатации объектов ядерного наследия, однако эти документы носят обобщенный и рекомендательный характер ввиду существенных различий национальных законодательств в части категорирования накопленного вреда, обусловленного функционированием таких объектов, и определения ответственности за его ликвидацию.

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 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 Ростехнадзора, ФБУ «НТЦ ЯРБ» и ИБРАЭ РАН.

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. Познизова и других – рассматриваются концептуальные вопросы 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.

Общие вопросы, связанные с накопленным экологическим вредом во взаимосвязи с принципами устойчивого развития, рассмотрены учеными в сфере экономики природопользования – К. В. Папеновым, С. Н. Бобылевым, А. С. Тулуповым, О. В. Кудрявцевой, Т. О. Тагаевой, Е. В. Зандер, А. И. Пыжевым и другими. В то же время экономические аспекты вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, включая 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 вывода из эксплуатации рассматриваемых объектов, а также их приоритизации при долгосрочном планировании этой деятельности.

Необходимость комплексного рассмотрения проблематики экономического механизма и инструментов приведения объектов ядерного наследия 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, формирование рациональной очередности приведения объектов в обоснованное конечное состояние и минимизацию издержек этого процесса, представленных как совокупность затрат на его реализацию и потерь, обусловленных радиационным фактором.

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

- выявление особенностей действующей системы вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в России в сопоставлении с зарубежными подходами и практиками;
- разработка предложений по экономическим инструментам планирования и обеспечения экологически безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, способствующим повышению эффективности этой деятельности и гарантирующим ликвидацию ядерного наследия в России;
- формирование структуры издержек деятельности по поддержанию в безопасном остановленном состоянии и достижению конечного состояния 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 России, 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 всех объектов с использованием разработанных экономических инструментов и проведение сценарных расчетов совокупных издержек на основе модели.

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

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.

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 специальности Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (9. Экономика природопользования и землеустройства) 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 упущенные выгоды 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 вывода из эксплуатации, предложены и разработаны методы оценки их составляющих на

основе нормативов, определенных для объектов разных типов, с учетом их текущего и конечного состояния, зависимостей между уровнями затрат и рисков, а также доходов от альтернативного использования рекультивированной площадки.

4. Разработаны сценарные модели оценки издержек вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия с учетом критерия 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 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 и внедрении 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.

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).

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 гг.).

База данных для экспертной поддержки реализации мероприятий 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 и внедрены в практическую деятельность 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 литературы (163 источника, в том числе 48 интернет-сайтов), список сокращений и условных обозначений и 6 приложений. Общий объем работы – 242 машинописных листа. Основной текст включает 21 таблицу, 18 рисунков, 24 формулы.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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.

Ядерное наследие в России рассматривается в работе с учетом истории его формирования, сложившихся подходов и практики как совокупность следующих элементов:

- объекты ядерной техники, введенные в эксплуатацию до 2008 года (включая пункты хранения радиоактивных отходов) – около 2,5 тыс. объектов;
- накопленные (находящиеся в федеральной собственности) твердые и жидкие радиоактивные отходы (РАО): около 700 тыс. куб. м удаляемых РАО, размещенных в пунктах хранения, и более 540 млн куб. м особых РАО, представляющих собой, прежде всего, открытые бассейны-хранилища и промышленные водоемы;
- накопленное отработавшее ядерное топливо – около 17 тыс. т;
- радиационно загрязненные территории – порядка 500 тыс. кв. м, расположенные преимущественно в границах промышленных площадок эксплуатирующих организаций.

В исследовании проанализирован релевантный опыт, нормативные, организационные и финансовые особенности ликвидации объектов ядерного наследия США, имеющих сопоставимый с Россией масштаб оборонных программ, а также Великобритании, столкнувшейся с драматичной ситуацией существенной недооценки финансовых обязательств по выводу из эксплуатации существующих объектов и нехваткой накопленных резервов (таблица 1).

Таблица 1 – Особенности систем вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в России, США и Великобритании

Компоненты системы вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия	Российская Федерация	США	Великобритания
Границы ядерного наследия (в соответствии с нормативными правовыми актами)	Определены только в отношении накопленных радиоактивных отходов (образованных до 11.07.2011)	Радиоактивные отходы, установки, площадки, материалы, которые в прошлом использовались для производства ядерного оружия	Часть ядерных реакторов и установок гражданского назначения, все объекты двойного назначения, все площадки и установки государственных НИОКР, образовавшиеся при этом материалы и отходы
Оценки финансовых затрат	Проведены в ограниченном объеме. Риск кратного роста	520 млрд долларов (120 млрд уже освоено ¹⁾). Рост в 3 раза относительно первоначальных оценок	124 млрд фунтов ²⁾ . Рост в 30 раз относительно первоначальных оценок, банкротство оператора АЭС из-за некорректной оценки и недостаточности резервов
Разграничение ответственности государства и эксплуатирующих организаций	На уровне закона – только в отношении радиоактивных отходов	Проведено	
Наличие долгосрочных программ / источники финансирования	До 2035 года по ограниченному перечню объектов / федеральный бюджет и средства организаций	До 2070 года, определены этапы принятия решений и ведения работ по всем объектам и площадкам / бюджет	До 2120 года определены этапы принятия решений и ведения работ по всем объектам и площадкам / бюджет и доходы от коммерческой деятельности
Ранжирование (приоритизация) объектов	Частично – по показателю потенциальной опасности	Гибкая система ранжирования и приоритизации с учетом нормативных, финансово-экономических, технологических, социальных, политических факторов	
Оператор по ядерному наследию (централизованное управление)	ФГУП «РАДОН» – для нескольких пилотных площадок	Управление в составе Министерства энергетики (DOE-EM) – для всех объектов	Агентство по выводу из эксплуатации (NDA) – для всех объектов

Источник: составлено автором

Российскую систему вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, в отличие от систем других рассматриваемых стран, нельзя охарактеризовать как комплексную, сбалансированную и эффективную, поскольку:

– отсутствует законодательно закрепленное определение понятия «объекты ядерного наследия», критерии отнесения к таким объектам;

¹⁾ По состоянию на 2023 год

²⁾ По состоянию на 2019 год

- эксплуатирующие организации, будучи ответственными за обеспечение безопасности объектов на всех стадиях жизненного цикла, самостоятельно планируют их вывод из эксплуатации, не имея правовых и экономических стимулов для скорейшего приведения старых объектов в конечное состояние, а также достаточных финансовых ресурсов на эти цели;
- отсутствует нормативное требование полноценного финансирования этой деятельности государством;
- современные финансовые оценки вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия в России на порядки ниже аналогичных зарубежных оценок, вероятен их рост по мере уточнения характеристик объектов.

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

- недостаточная проработанность критериев эффективности этого процесса;
- отсутствие 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;
- ограничения ресурсного, технологического, инфраструктурного и информационного характера.

Ключевым требованием эффективного вывода из эксплуатации, в том числе устранения выявленных недостатков, является разработка и внедрение специального экологического законодательства, формирующего соответствующий экономический механизм и инструменты, закрепляющие основополагающую роль государства, как гаранта обеспечения безопасности, заказчика становления атомной отрасли и основного потребителя ее продукции.

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.

Для построения эффективной системы безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, учитывающей лучшие российские и зарубежные практики, предлагается обеспечить внедрение следующих инициатив и инструментов (рисунок 1):

- зафиксировать понятие «объекты ядерного наследия» как объекты использования атомной энергии в мирных и оборонных целях, которые были созданы до 01.01.2008 (т. е. до окончания структурных преобразований в атомном энергопромышленном комплексе и образования Госкорпорации «Росатом») и показатель потенциальной опасности которых превышает установленную в нормативных актах пороговую величину;
- разделить финансовые обязательства между государством и эксплуатирующими организациями исходя из долевого принципа

пропорционально времени использования объекта по проектному назначению относительно даты разделения обязательств (01.01.2008) – в соответствии с выражениями (1) и (2):

$$L_S = \begin{cases} L \frac{2007 - t_0}{t_* - t_0}, & \text{если } t_* \geq 2008, \\ L, & \text{если } t_* < 2008 \end{cases}, \quad (1)$$

$$L_O = \begin{cases} L \frac{t_* - 2007}{t_* - t_0}, & \text{если } t_* \geq 2008, \\ 0, & \text{если } t_* < 2008 \end{cases}, \quad (2)$$

где L_S – финансовые обязательства государства за вывод из эксплуатации объекта ядерного наследия, руб.;

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

L – совокупные финансовые обязательства по выводу из эксплуатации объекта ядерного наследия, руб.;

t_* – год останова объекта;

t_0 – год ввода в эксплуатацию объекта;

– образовать специальный резервный фонд для обеспечения прозрачного и сбалансированного финансирования вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, наполнение которого будет осуществляться за счет отчислений эксплуатирующих организаций и трансферов из федерального бюджета;

– консолидировать управление объектами в рамках одного хозяйствующего субъекта – Оператора, предоставив ему полномочия для наиболее эффективного вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия, включая управление специальным резервным фондом.

Описанные инициативы и инструменты предлагается реализовать в рамках специального федерального закона и подзаконных актов, по аналогии с федеральным законом от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами...», который заложил основу для прекращения накопления проблем одного из элементов ядерного наследия – радиоактивных отходов – за счет создания соответствующей единой государственной системы, разделения собственности на отходы между государством и организациями, а также определения обязанности собственников обеспечивать безопасность на всех этапах обращения с отходами.

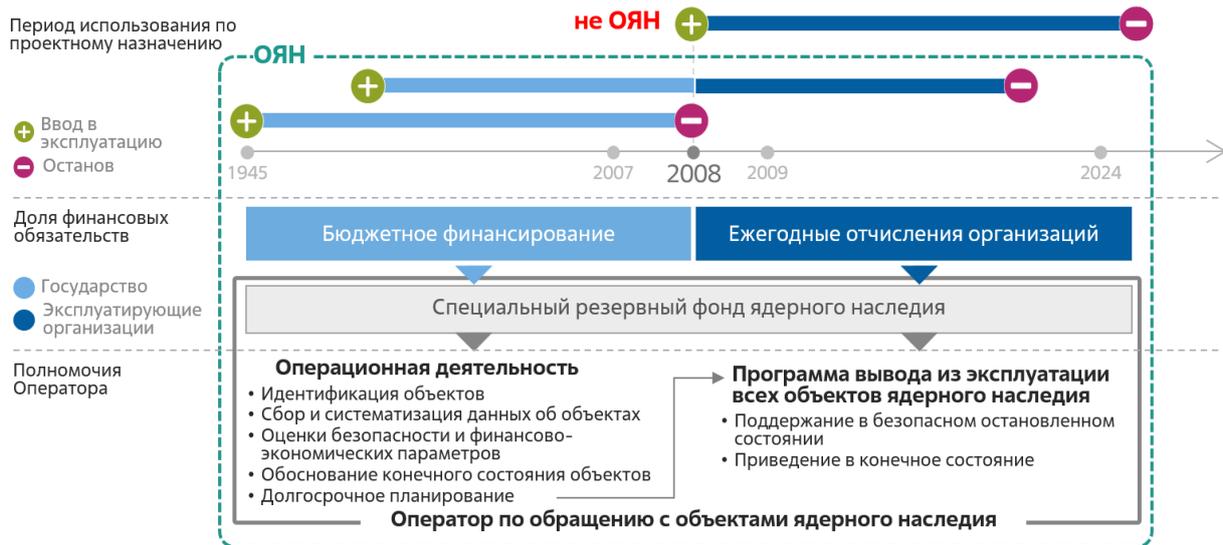


Рисунок 1 – Механизм разделения финансовых обязательств по выводу из эксплуатации объектов ядерного наследия

Источник: составлено автором

Разработанная методология финансового обеспечения вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в соответствии с правилом разделения обязательств государства и эксплуатирующих организаций учтена в исследовании при рассмотрении долгосрочных сценариев этой деятельности.

3. Предложен показатель совокупных издержек вывода из эксплуатации в качестве критерия определения очередности приведения объектов в конечное состояние. Обоснована структура издержек вывода из эксплуатации, предложены и разработаны методы оценки их составляющих на основе нормативов, определенных для объектов разных типов, с учетом их текущего и конечного состояния, зависимостей между уровнями затрат и рисков, а также доходов от альтернативного использования рекультивированной площадки.

Невозможность одновременного приведения в безопасное конечное состояние всех объектов ядерного наследия и ограниченность доступных финансовых ресурсов определяют необходимость разработки действенных инструментов приоритизации объектов. В качестве критерия определения очередности объектов для начала работ по приведению их в конечное состояние в исследовании предложен минимум совокупных издержек заключительной стадии жизненного цикла, которые 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 (т.е. рискоснижающих затрат), а также потерь (упущенной выгоды) от неиспользования территории размещения объекта до момента снятия ограничений (рисунок 2). Ранее в российской практике для этих целей использовался только показатель потенциальной опасности объектов.

Формирование обоснованной стратегии вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в соответствии с предложенным критерием предполагает

необходимость достоверной оценки составляющих издержек этой деятельности, а также потребностей совокупного и ежегодного финансового обеспечения.

В работе размер издержек поставлен в зависимость от типа объекта с учетом введенной классификации объектов, основанной на их радиационных, проектных, стоимостных параметрах, и включающей 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 объектов. Для каждого подтипа определен параметр (драйвер), влияющий на размер затрат (например, строительный объем, площадь застройки, мощность реакторного блока и т. д.).

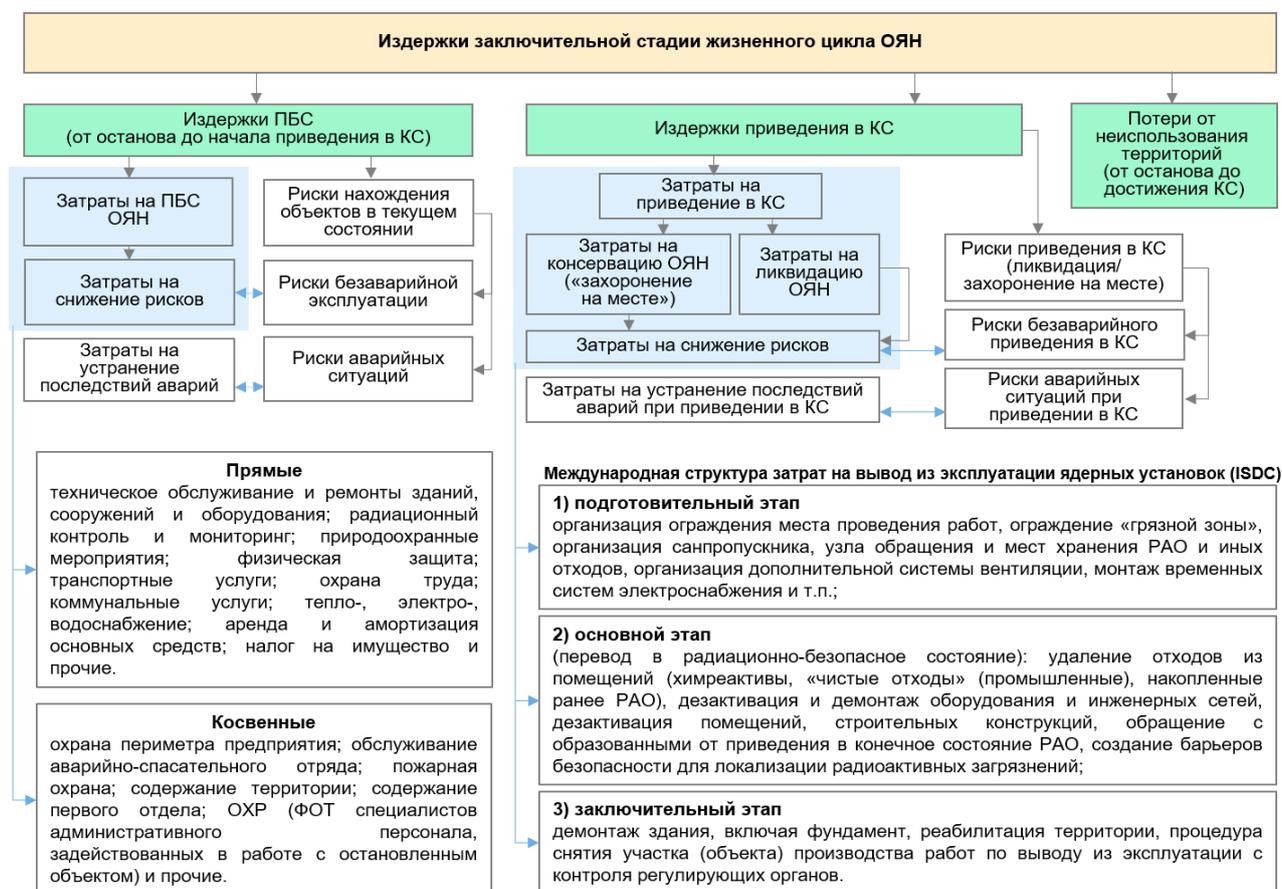


Рисунок 2 – Структура издержек вывода из эксплуатации

Источник: составлено автором

Размеры совокупных издержек, связанных с поддержанием в безопасном остановленном состоянии объекта и приведением его в обоснованное конечное состояние, в работе определяются суммой соответствующих значений годовых издержек за рассматриваемый период и описываются выражениями (3) и (4) соответственно.

$$I_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}}) = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} i_{\text{ПБС}}^t = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} (z_{\text{ПБС}}^t + R_{\text{ПБС}}^t + z_{R_{\text{ПБС}}}^t), \quad (3)$$

где $I_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}})$ – значение совокупных издержек, связанных с поддержанием объектов в безопасном состоянии, за период $[t_*; T_{\text{КС}}]$ ($T_{\text{КС}}$ – год начала работ по приведению объекта в конечное состояние), руб.;

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

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

$R_{\text{ПБС}}^t$ – риски, связанные с нахождением объектов в остановленном состоянии в год t (для $t_* \leq t \leq T_{\text{КС}}$), руб.;

$z_{R_{\text{ПБС}}}^t$ – рискоснижающие затраты, обусловленные нахождением объектов в остановленном состоянии в год t (для $t_* \leq t \leq T_{\text{КС}}$), руб.

Аналогично,

$$I_{\text{КС}}(T_{\text{КС}}, T_*) = \sum_{t=T_{\text{КС}}}^{T_*} i_{\text{КС}}^t = \sum_{t=T_{\text{КС}}}^{T_*} (z_{\text{КС}}^t + R_{\text{КС}}^t + z_{R_{\text{КС}}}^t), \quad (4)$$

где $I_{\text{КС}}(T_{\text{КС}}, T_*)$ – значение совокупных издержек, связанных с приведением объекта в конечное состояние, за период $[T_{\text{КС}}; T_*]$, (T_* – год окончания работ по приведению объекта в конечное состояние, $T_* = T_{\text{КС}} + T$, T – продолжительность в годах приведения объекта в конечное состояние), 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.;

$z_{\text{КС}}^t$ – значение совокупных затрат, связанных с приведением объектов в конечное состояние в год t (для $T_{\text{КС}} \leq t \leq T_*$), руб.;

$R_{\text{КС}}^t$ – риски, связанные с приведением объектов в конечное состояние в год t (для $T_{\text{КС}} \leq t \leq T_*$), руб.;

$z_{R_{\text{КС}}}^t$ – рискоснижающие затраты, обусловленные приведением объектов в конечное состояние в год t (для $T_{\text{КС}} \leq t \leq T_*$), руб.

Затраты на поддержание в безопасном остановленном состоянии объектов определяются в основном нормативными требованиями и состоят из прямых и косвенных (рисунок 2). На практике большинство эксплуатирующих организаций не ведет пообъектный учет рассматриваемых видов затрат, а использует котловой метод по видам деятельности, охватывающий как остановленные, так и действующие объекты площадки. Задача определения размера таких затрат для остановленных объектов является нетривиальной и решена в исследовании с помощью стандартизации (нормирования) удельных затрат, базирующейся на усредненных данных о затратах более 150 эталонных объектов различных типов, соответствующих введенной классификации, на 16 площадках¹⁾:

¹⁾ 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.

$$Z_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}}) = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} z_{\text{ПБС}}^t = \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} \sum_j z_j^t \cdot V_j, \quad (5)$$

где $Z_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}})$ – значение совокупных затрат на поддержание в безопасном состоянии комплекса остановленных объектов за период $[t_*; T_{\text{КС}}]$, руб.;

z_j^t – значение нормативов удельных затрат на поддержание в безопасном состоянии для объектов j -й группы в год t , руб./м² или руб./м³ (в зависимости от типа объекта);

V_j – значение, характеризующее «размер» объекта, для объектов j -й группы, например, м² или м³ (в зависимости от типа объекта).

Предложенный подход позволяет также оценивать аналогичные затраты для сопоставимых объектов, которые будут остановлены в будущем, и проводить моделирование необходимых денежных потоков при долгосрочном планировании по всей совокупности объектов.

Размер затрат, связанных с приведением объекта в конечное состояние, определяется непосредственно вариантом этого состояния, выбор которого должен быть обоснован с учетом законодательных, инженерно-технических, социальных, инфраструктурных и прочих факторов. Стоимость приведения объекта в конечное состояние в исследовании представлена как декомпозиция затрат в соответствии с Международной структурой затрат на вывод из эксплуатации ядерных установок (ISDC), разработанной под эгидой АЯЭ ОЭСР (рисунок 2). Оценка их величины определяется по методу, аналогичному выражению (5), с учетом «размера» объекта и нормативов удельных затрат по видам производимых работ.

Структура рисков заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия также определяется типом объекта и выбранным вариантом его конечного состояния и характеризуется закономерностями изменчивости во времени. В ее составе в работе рассмотрены риски потенциального облучения персонала и населения и загрязнения окружающей среды, обусловленные нахождением объекта на различных этапах вывода из эксплуатации, в том числе риски аварийного облучения, вследствие нарушения установленных режимов проведения работ (рисунок 2). Величина этих рисков в исследовании поставлена в пропорциональную зависимость от активности радиационных веществ, находящихся на объекте, определяющей уровни нормального и аварийного облучения. Сумма рисковых 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. Величина ущерба, обусловленного облучением в коллективной эффективной дозе 1 чел.-Зв, установлена в размере 1 годового душевого национального дохода¹⁾.

¹⁾ Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

В работе отмечено, 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 отходов или иные неликвидированные объекты без должных мер по их консервации, характеризуются повышением радиационных рисков со временем вследствие ухудшения условий эксплуатации. Аналогичные тенденции характерны и для рисковоснижающих затрат этих объектов.

В течение всей стадии вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия до снятия ограничений по радиационному фактору его территория не может быть использована для иных видов деятельности. При этом объекты и площадки часто снабжены 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 альтернативного использования. В исследовании потери от неиспользования территорий размещения объектов предложено оценивать по величине упущенных выгод от формирования на них комфортной среды для жизни или альтернативного использования их ресурсного потенциала на основе значений валового регионального продукта региона размещения объекта:

$$P(t_*, T_*) = \sum_{t=t_*}^{T_*} p^t = \sum_{t=t_*}^{T_*} \frac{ВРП_t}{S_{\text{рег}}} \cdot S, \quad (6)$$

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

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

$ВРП_t$ – размер годового валового регионального продукта региона размещения объекта в год t (для $t_* \leq t \leq T_*$), руб.;

$S_{\text{рег}}$ – площадь региона размещения объекта, кв. м;

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

Учитывая рассмотренные составляющие издержек, критерий ранжирования объектов для определения оптимального срока их приведения в конечное состояние определяется выражением (7) минимума совокупных издержек вывода из эксплуатации объекта:

$$\left\{ \sum_{t=t_*}^{T_{\text{КС}}} И_{\text{ПБС}}^t + \sum_{t=T_{\text{КС}}}^{T_*} И_{\text{КС}}^t + \sum_{t=t_*}^{T_*} p^t \right\} \Rightarrow T_{\text{КС}} = T_{\text{Опт}} \quad (7)$$

Между величинами издержек $И_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}})$ и $И_{\text{КС}}(T_{\text{КС}}, T_*)$ для многих объектов существуют взаимосвязи, обусловленные закономерностями радиоактивного распада: увеличение сроков содержания остановленного объекта и, соответственно, откладывание начала работ по его приведению в

конечное состояние приводит к уменьшению радиационной активности веществ на объекте и, следовательно, уменьшению $I_{\text{КС}}(T_{\text{КС}}, T_*)$ с одновременным ростом $I_{\text{ПБС}}(t_*, T_{\text{КС}})$. В этой связи при планировании вывода их эксплуатации важно определить оптимальный период времени, когда конструкции еще сохраняют свою целостность и есть положительный эффект, связанный с распадом радионуклидов, превалирующий над совокупными издержками поддержания в безопасном состоянии и потерями от неиспользования территорий.

Решение задачи поиска наиболее оптимального периода начала работ по приведению объектов ядерного наследия в конечное состояние $T_{\text{КС}} = T_{\text{опт}}$ в соответствии с выражением (7) проиллюстрировано на рисунке 3.

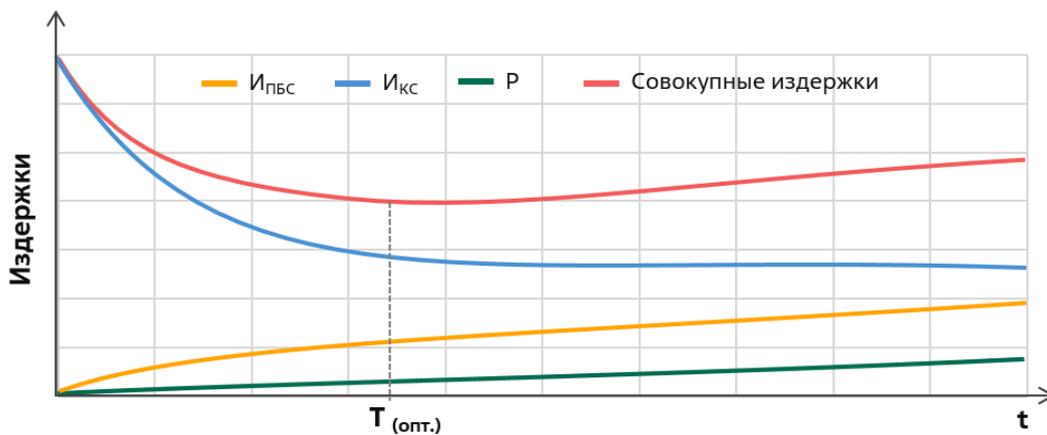


Рисунок 3 – Определение оптимального срока начала приведения объекта в конечное состояние, исходя из минимума совокупных издержек

Источник: составлено автором

Предложенные методы оценки издержек заключительной стадии жизненного цикла объектов ядерного наследия и критерий оптимизации использованы при разработке финансовой модели определения стоимости возможных сценариев вывода из эксплуатации объектов с учетом разработанных организационных и экономических инструментов.

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.

На сегодняшний день не существует единого информационного ресурса, охватывающего все объекты ядерного наследия в России, который бы аккумулировал их технические параметры, оценки текущих и будущих затрат, данные о выполненных и запланированных работах в рамках вывода из эксплуатации. В работе предложена и использована структура этого ресурса, включающая более 40 параметров, основные элементы которой представлены на

рисунке 4. Такая база данных может являться прототипом государственной системы учета объектов ядерного наследия и применяться органами управления в области использования атомной энергии и, прежде всего, Госкорпорацией «Росатом» и Оператором для экономических и экологических оценок, значимых для эффективного планирования и обеспечения вывода из эксплуатации.

<p>1 Идентификационные характеристики</p> <ul style="list-style-type: none"> • тип, класс объекта ; • дивизион в контуре Госкорпорации «Росатом» • эксплуатирующая организация; • наименование объекта; • инв. и кадастровый номер; • адресные данные; • ... 	<p>3 Характеристики, относящиеся к РАО</p> <ul style="list-style-type: none"> • объем накопленных РАО; • категория/морфология РАО; • стратегия обращения; • ...
<p>2 Функционально-технические характеристики</p> <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; • ... 	<p>4 Планово-экономические</p> <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 4 – Основные элементы информационной базы данных об объектах ядерного наследия

Источник: составлено автором

На основе этой базы данных сформирована финансово-экономическая модель, позволяющая определять размер составляющих издержек вывода из эксплуатации всей совокупности объектов на долгосрочный период планирования с использованием предложенных методов. В модель внедрена возможность устанавливать ресурсные ограничения, применять алгоритм оптимизации срока начала приведения объектов в конечное состояние в соответствии с предложенным критерием минимума совокупных издержек и разделять обязательства между участниками этой деятельности в соответствии с предложенным правилом.

Рассмотрены 3 долгосрочных сценария вывода из эксплуатации объектов с различными подходами к определению сроков начала приведения объектов в конечное состояние и ресурсными ограничениями и выполнены соответствующие модельные расчеты издержек (рисунок 5):

1) базовый: очередность объектов для приведения в конечное состояние установлена исходя из текущих планов реализации действующей федеральной целевой программы ликвидации объектов ядерного наследия и планов организаций без ограничения доступного годового финансирования;

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 действующей федеральной целевой программы), объекты ранжируются по размеру совокупных издержек (чем выше

размер издержек, тем выше приоритет срока начала 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 по срокам приведения в конечное состояние ранжируются аналогично консервативному сценарию, исходя из минимума издержек.

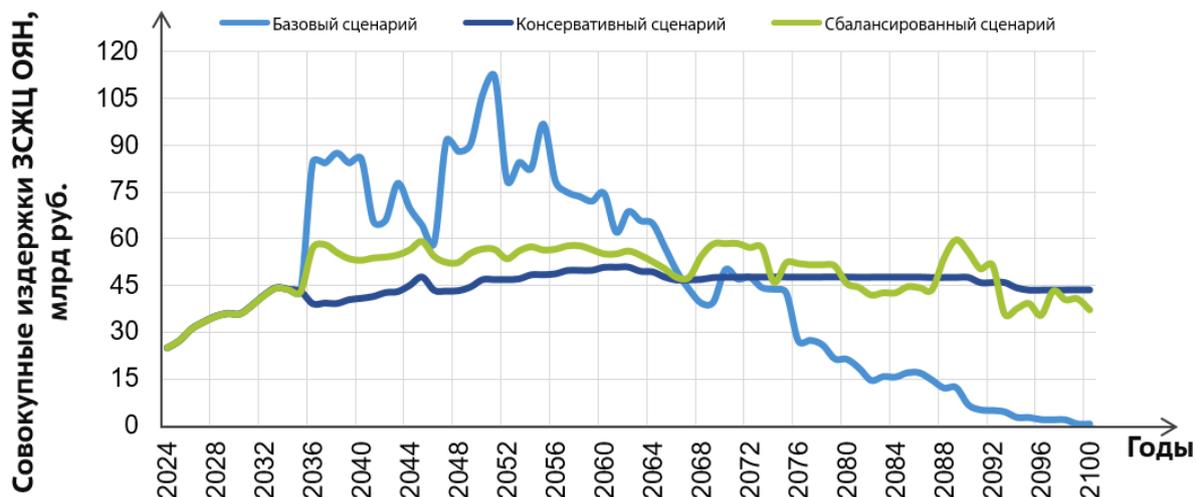


Рисунок 5 – Расчеты совокупных годовых издержек вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в рассмотренных сценариях за период 2024–2100 гг. в ценах 2023 года, млрд руб.

Источник: составлено автором

Полученная «пилообразная» картина издержек вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия, соответствующая базовому сценарию, труднореализуема на практике, поскольку требует неравномерного (с кратным изменением годовых затрат) привлечения финансовых и иных материальных ресурсов. Это подтверждает тезис о несбалансированности параметров существующей системы вывода из эксплуатации рассматриваемых объектов и актуальности внедрения инструментов оптимизации и рационализации.

Финансовые оценки и показатели результативности рассмотренных сценариев представлены в таблице 2, которые демонстрируют что решение накопленных проблем ядерного наследия – долгий и ресурсоемкий процесс, требующий около 100 лет и увеличения финансирования в 3–4 раза относительно текущих значений.

На рисунке 6 показано сравнение данных о наполнении существующих специальных резервных фондов (СРФ), связанных с выводом из эксплуатации, и полученных на основе разработанных сценарных моделей оценок потребностей финансирования без учета (а) и с учетом (б) разделения финансовых обязательств государства и организаций в соответствии с предложенным правилом, которое демонстрирует, что ни один сценарий невозможно реализовать без участия государства и внедрения специальных инструментов.

Таблица 2 – Сравнение показателей рассмотренных сценариев обращения с объектами ядерного наследия до 2100 года

Показатель	Сценарий		
	Базовый	Консервативный	Сбалансированный
Совокупные затраты и потери			
Затраты, связанные с выводом из эксплуатации объектов ядерного наследия, млрд руб., в том числе:			
затраты государства	3 366,2	3 156,8	3 566,3
затраты эксплуатирующих организаций	1 875,1	1 899,1	2 020,9
затраты на обращение с накопленными отходами	1 284,5	1 257,2	1 338,8
затраты на обращение с накопленными отходами	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			
Завершение вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия, шт.	1 700	56	1 249
Передача на захоронение накопленных отходов, тыс. м ³	614	2	614

Источник: составлено автором

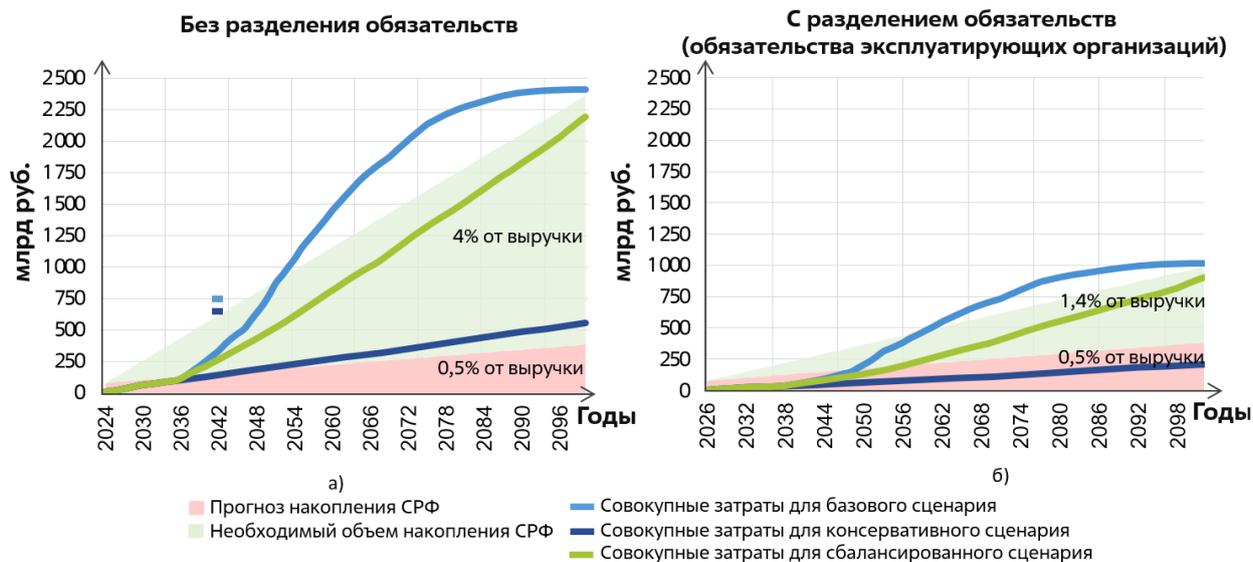


Рисунок 6 – Сравнение совокупных затрат на приведение объектов ядерного наследия в конечное состояние с прогнозом объемов специальных резервных фондов (а – без разделения обязательств, б -только обязательства эксплуатирующих организаций) нарастающим итогом, в ценах 2023 года

Источник: составлено автором

При сохранении текущей выручки организаций и в предположении, что оценки затрат на приведение существующих объектов в конечное состояние не возрастут, размер отчислений в СРФ 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 (рост в 8 раз), что негативно скажется на тарифе на электроэнергию и себестоимости выпускаемой продукции атомного энергопромышленного комплекса.

Формирование оптимальной очередности объектов для приведения в конечное состояние (сбалансированный сценарий), разделение обязательств между государством и организациями в соответствии с предложенным правилом и отчисление организациями средств в специальный резервный фонд в размере 1,4% (рост в 3 раза) от выручки в области использования атомной энергии, что не превышает действующие нормативные пределы, полностью покрывает финансовые потребности вывода из эксплуатации всех 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.

Используемые в практике показатели деятельности по приведению в конечное безопасное состояние ядерного наследия отражают ее результативность в ограниченном временном интервале (срок действия программы). Для оценки общего прогресса в решении накопленных проблем ядерного наследия в работе введен сводный индикатор, являющийся агрегированным показателем, определяющим долю выполненных работ по решению проблем ядерного наследия в рамках каждого направления работ с учетом весовых коэффициентов (далее – Индикатор). Его значение определяется на основе следующей формулы:

$$Leg_t = \sum_{n=1}^7 K_n \cdot P_n^t \cdot 100\%, \quad (8)$$

где Leg_t – значение Индикатора в год t , %;

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

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

Весовые коэффициенты K_n определены расчетным путем на основе систематизированной информации об объектах ядерного наследия, исходя из опасности объектов, рассматриваемых в рамках каждого направления, а также сложности и стоимости выполняемых работ по их приведению в экологически безопасное конечное состояние в соответствии с выражением (9):

$$K_n = \frac{\sqrt{VA_n \cdot VC_n}}{\sum_n \sqrt{VA_n \cdot VC_n}}, \quad (9)$$

где VA_n – множитель, характеризующий совокупную опасность направления n – нормированное значение совокупной радиационной активности элементов ядерного наследия в рамках направления n по суммарной активности всего ядерного наследия, безразм.;

VC_n – множитель, характеризующий сложность и стоимость применяемых технологий в рамках направления n – нормированная стоимость выполнения 1 % необходимых работ по приведению в безопасное конечное состояние в рамках направления n , безразм.

Значения Индикатора рассчитаны для трех рассмотренных сценариев на период планирования до 2100 года (рисунок 7). С учетом рассчитанных в модели значений совокупных издержек определена «стоимость решения» 1 % проблем ядерного наследия (таблица 3). 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.

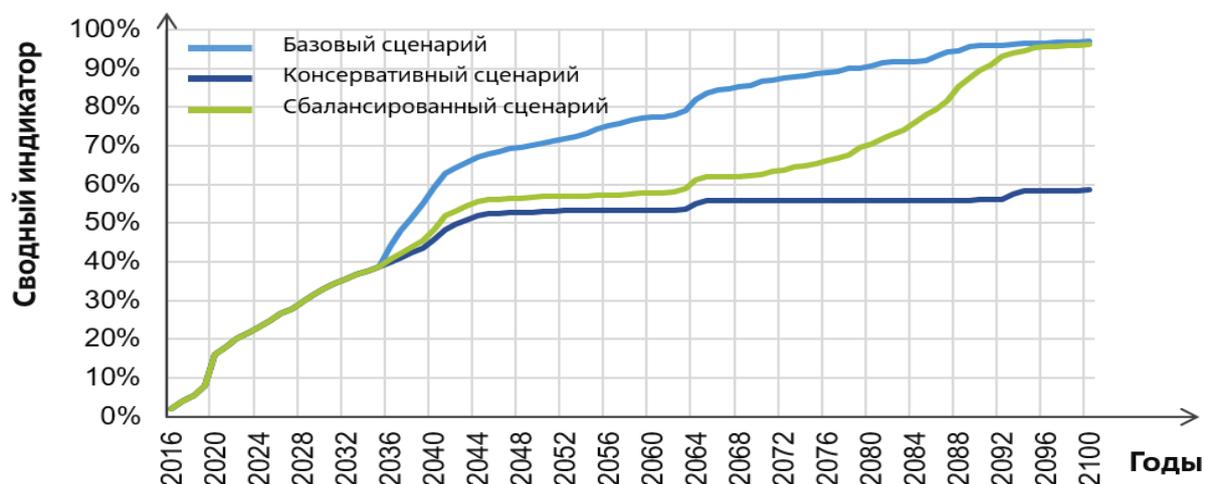


Рисунок 7 – Динамика значений сводного индикатора ликвидации ядерного наследия по трем рассмотренным сценариям

Источник: составлено автором

Сравнение сценариев вывода их 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.

Таблица 3 – Показатели результативности (значение Индикатора, совокупные издержки) и эффективности (стоимость приведения в конечное состояние 1 % ядерного наследия) сценариев по ликвидации ядерного наследия

Показатель	Сценарий		
	Базовый	Консервативный	Сбалансированный
Значение Индикатора в 2100 году	97 %	59 %	96 %
Издержки (всего), млрд руб.	3 523,9	3 431,7	3 771,5
Стоимость приведения в конечное состояние 1% ядерного наследия, млрд руб.	36,3	58,6	39,2

Источник: составлено автором

Выполненные сценарные оценки совокупных издержек демонстрируют высокий потенциал повышения эффективности вывода из эксплуатации (в 1,5 раза) 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 (около 3,5 трлн руб.) результативность консервативного и сбалансированного сценариев существенно отличается (59 % и 96 % соответственно).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило сформировать методологическую основу и разработать комплекс практических решений по формированию экономического механизма, включающего набор нормативных, организационных и финансовых инструментов, направленных на обеспечение эффективного и экологически безопасного вывода из эксплуатации объектов ядерного наследия в условиях дефицита финансирования, соответствующего лучшим российским и зарубежным практикам, включая:

- методы оценки совокупных издержек и инструмент ранжирования объектов для определения очередности их приведения в конечное состояние, необходимые для эффективного и обоснованного долгосрочного планирования вывода из эксплуатации всех объектов ядерного наследия;
- подходы к разделению финансовых обязательств за вывод из эксплуатации и закрепления их в нормативных правовых актах, регулирующих определение и фиксацию границ ядерного наследия;
- метод оценки результативности и эффективности перевода всех элементов ядерного наследия в экологически безопасное конечное состояние;
- создание централизованной системы управления выводом из эксплуатации объектов ядерного наследия с учетом разработанных экономических регуляторов и формирования государственной системы учета объектов ядерного наследия.

Выполненные модельные расчеты издержек и показателей эффективности для различных сценариев демонстрируют существенные возможности снижения издержек этого процесса, включая связанные с ним риски, и гарантированного решения накопленных проблем ядерного наследия с минимизацией бремени, возлагаемого на будущие поколения, что соответствует принципам устойчивого развития и национальным целям развития России.

IV. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ **Монографии**

1. 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. — 13,75 печ. л. — 3,81 авт. печ. л.

2. Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, А. Ю. Иванов [и др.]. Том 1. — Москва : Комтехпринт, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-9907220-4-0. — Текст : непосредственный. — 21,00 печ. л. — 2,06 авт. печ. л.

Публикации в рецензируемых научных изданиях

3. 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. — 0,77 печ. л. — 0,77 авт. печ. л.

4. Иванов, А. Ю. Организационно-экономические механизмы управления ликвидацией ядерного наследия / А. Ю. Иванов. — Текст : непосредственный // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. — 2024. — Т. 21, № 5(137). — С. 68–78. — ISSN: 2413-2829. — eISSN: 2587-9251. — 1,18 печ. л. — 1,18 авт. печ. л.

5. 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. — 1,07 печ. л. — 1,07 авт. печ. л.

6. 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. — 1,50 печ. л. — 0,38 авт. печ. л.

7. 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. — 0,62 печ. л. — 0,23 авт. печ. л.

8. 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. — 1,38 печ. л. — 0,38 авт. печ. л.

Статьи, опубликованные в других научных изданиях и журналах

9. Иванов, А. Ю. Системное планирование работ по ликвидации ядерного наследия / А. Ю. Иванов, Е. О. Кузнецова. — Текст : непосредственный //

Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях : Сборник материалов XI Российской научной конференции, Москва, 26–29 октября 2021 года. Том 4. – Москва: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2022. – С. 82–91. – 0,49 печ. л. – 0,25 авт. печ. л.

10. 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. – 1,50 печ. л. – 0,21 авт. печ. л.

11. 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. – 0,70 печ. л. – 0,12 авт. печ. л.

12. Иванов, А. Ю. Основные аспекты планирования работ по ликвидации объектов ядерного наследия / А. Ю. Иванов. – Текст : непосредственный // XI международная научно-практическая конференция имени А. И. Китова «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (ИТиММ-2022) : сборник статей, Москва, 10–11 февраля 2022 года. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2022. – С. 48–54. – ISBN: 978-5-7307-1900-2. – 0,51 печ. л. – 0,51 авт. печ. л.

13. Ликвидация ядерного наследия в континентальной части России как условие радиационного благополучия Арктики / А. А. Абрамов, О. В. Крюков, А. Ю. Иванов, И. И. Линге. – Текст : непосредственный // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 4 (28). – С. 49–58. – ISSN: 2223-4594. – eISSN: 2949-110X. – 0,96 печ. л. – 0,24 авт. печ. л.

Результаты интеллектуальной деятельности:

14. 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.

15. 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.