

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

ул. Ферсмана, д.14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209
Факс (815 55) 7-64-25; Тел. (815 55) 79-307, 79-595; E-mail: ksc@ksc.ru
ОКПО 02699889, ОГРН 102510050833, ИНН/КПП 5101100280/511801001

№ _____



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
Академик РАН

С.В. Кривовичев

16.12.2025

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Рыкуновой Анастасии Анатольевны на тему: «Использование математического моделирования для оценки и оптимизации объемов радиоактивных отходов на замыкающих стадиях ядерного топливного цикла», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Минимизация объемов радиоактивных отходов, образующихся при переработке ОЯТ, является основной задачей ядерной энергетики для обеспечения ее конкурентоспособности с остальными энергетическими системами. Решение этой задачи требует разработки и анализа технологических схем, обеспечивающих сокращение отходов и повышение качества конечного продукта при одновременном соблюдении требований к отвержденным радиоактивным отходам. Нормативные документы жестко задают допустимые физико-химические и радиационные характеристики ТРО, а контроль качества гарантирует их приемлемость для безопасного обращения и передачи Национальному оператору. Совершенствование технологий кондиционирования связано со снижением

Вход. №
26/668 от
29.12.2025

объемов конечного продукта, обеспечением его стабильности, упрощением операций и минимизацией вторичных РАО.

Использование математического моделирования позволяет оперативно и эффективно сравнивать альтернативные схемы, сокращать ресурсы на проведение дорогостоящих экспериментов или рутинных расчетов, выявлять и, по возможности, устранять противоречия нормативных требований, а также служит инструментом как для оптимизации технических решений, так и для последующего совершенствования нормативной базы.

2. Структура и содержание работы

Диссертационная работа Рыкуновой А.А. состоит из введения, 6 глав, заключения и библиографического списка (133 наименования). Материал работы изложен на 137 страницах и содержит 28 таблиц и 34 рисунка.

Во введении раскрыта актуальность выполненного исследования, определены его цель и задачи, а также представлены ключевые положения, выносимые на защиту, наряду с характеристиками научной новизны и практической значимости работы.

Первая глава диссертации посвящена литературному обзору, в котором рассмотрены современные методы, технологии и подходы к обращению с радиоактивными отходами, применяемые на различных стадиях переработки ядерных материалов. Особое внимание уделено существующим программным средствам и вычислительным комплексам, используемым в химической и атомной промышленности для анализа технологических процессов и принятия инженерных решений. На основе проведённого обзора сформулирована и обоснована постановка задачи исследования, определяющая направления дальнейшей работы.

Во второй главе описана методика проведения сравнительного анализ при выборе оптимального варианта фракционирования и процедура оценки затрат на замыкающую стадию ЯТЦ. Методика использована при разработке исходных данных при проектировании новых радиохимических производств.

Третья глава содержит описание разработанных алгоритмов расчета объемов отходов, которые реализованы в ПК ВИЗАРТ. Рассмотрены технологии

остекловывания и отверждения в цемент и МКФ-матрицу. Учтена существующая классификация отходов.

В четвертой главе дано описание реализованных в ПК ВИЗАРТ расчетных модулей и приведены результаты расчетов объемов РАО и расчетов затрат на реализацию при различных технологиях фракционирования.

В пятой главе представлены расчёты объемов радиоактивных отходов разных классов, выполненные на основе применяемых нормативных критериев и регламентов.

Шестая глава содержит расчетное обоснование вариантов обращения с кюриевой фракцией в замкнутом ядерном топливном цикле с использованием реакторов на быстрых нейтронах.

В заключении изложены полученные результаты диссертационной работы.

Диссертация и автореферат Рыкуновой А.А. оформлены в соответствии с требованиями стандартов. Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные положения, выводы и рекомендации соответствуют задачам исследования. Корректность результатов подтверждается использованием математического моделирования, сравнением с опубликованными данными, публикацией материалов исследования и их апробацией на профильных конференциях. Выводы и рекомендации автора имеют достаточное обоснование.

4. Достоверность и новизна научных положений и выводов

Научная новизна диссертационной работы Рыкуновой А.А.

1) Впервые предложена методика расчетной оценки объемов РАО, формируемых на всех стадиях переработки ОЯТ, включая образование вторичных отходов. Разработанный подход позволяет количественно определить вклад отдельных технологических операций в итоговые объемы РАО, что дает возможность обоснованно выбирать оптимальные схемы переработки.

2) Разработан и впервые представлен алгоритм комплексной допроектной оценки затрат на организацию замыкающей стадии ЯТЦ. Он учитывает эксплуатационные расходы и стоимость захоронения с распределением по классам

РАО, а также может быть дополнен новыми категориями затрат (капитальные вложения, расходы на упаковку и др.), обеспечивая основу для экономически корректного выбора стратегий обращения с РАО.

3) Впервые выполнен анализ влияния действующих нормативно-правовых требований на объемы образующихся РАО.

Достоверность полученных результатов и рекомендаций подтверждается их апробацией на международных и всероссийских научно-практических конференциях, публикацией научных статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ. Конкретика отражена в автореферате.

5. Значимость для науки и практики

1) С 2023 года ПК ВИЗАРТ рекомендован в качестве расчетного инструмента для выполнения ТЭО и сравнительного анализа технологических схем при разработке концепций и проектировании новых мощностей по переработке ОЯТ и обращению с РАО (перечень поручений Первого заместителя Генерального директора Госкорпорации «Росатом» № 1-8/14-ПП от 16.02.2023).

2) Полученные в ходе работы расчетные данные включены в исходные материалы для проектирования МП ОДЭК, а также в исходные данные для проведения ТЭО по МП ПЭК.

3) Результаты исследования использованы при выборе и обосновании технологий фракционирования на действующем предприятии РТ-1; по итогам расчетов два варианта технологий включены в программу НИОКР по радиохимии ГК Росатом.

4) Выполненные расчеты легли в основу обоснования создания опытно-промышленной установки по обработке короткоживущей фракции ВАО в составе ОДЦ ФГУП «ГХК» (приказ № 1/1216-П от 25.06.2025 ГК «Росатом»).

5) Разработаны расчетные обоснования вариантов обращения с фракцией кюрия для МП ОДЭК и МП ПЭК.

6. Соответствие паспорту специальности

Диссертантом выполнены все требования, предъявляемые к диссертациям. Тексты диссертационной работы и автореферата соответствуют требованиям для написания диссертаций и авторефератов, содержат основные положения и разделы

диссертационной работы, а также достаточное количество рисунков, таблиц и ссылок на литературные источники. Число публикаций и выступлений автора работы на конференциях говорит о достаточной апробации полученных данных. Автореферат соответствует тексту диссертации. Результаты диссертационной работы изложены в 7 статьях, 5 из которых опубликованы в журналах, реферируемых ВАК, 1 статья опубликована в материалах международной конференции, также имеется 6 тезисов докладов на российских и международных конференциях, получено 15 свидетельств о регистрации программ ЭВМ. Диссертационная работа соответствует пунктам 8 и 10 паспорта научной специальности 2.6.8 — «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

7. Вопросы и замечания по диссертационной работе

1) В разделе, посвящённом экономической оценке, стоило бы указать, какие виды затрат учтены в ценах текущего уровня, а какие требуют корректировки при долгосрочном прогнозировании.

2) В описании алгоритмов не всегда указаны допущения, сделанные при расчетах, что может повлиять на интерпретацию результатов.

3) При моделировании не приведён анализ чувствительности результатов к изменению исходных параметров, что позволило бы оценить устойчивость расчетных данных.

5) Иллюстративный материал (таблицы, схемы) не всегда снабжён пояснительными подписями, раскрывающими их содержание.

6) Следовало бы уточнить обозначения некоторых переменных и единиц измерения в формулах и таблицах для однозначной трактовки результатов.

8. Заключение о соответствии диссертации и автореферата критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Область исследования соответствует пунктам 8 и 10 паспорта научной специальности 2.6.8 — «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», отрасль науки - технические науки. Диссертация соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от

24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Рыкунова Анастасия Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 - «Технология редких, рассеянных радиоактивных элементов» (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Ученого совета Центра наноматериаловедения ФИЦ Кольского научного центра РАН, протокол № 4 от 15 декабря 2025 года.

Отзыв подготовлен Калашниковой Галиной Олеговной, заведующим лабораторией синтеза и исследования минералоподобных функциональных материалов Центра наноматериаловедения Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», кандидат технических наук, g.kalashnikova@ksc.ru

16.12.2025



Калашникова Г.О.

Подпись

Подпись Калашниковой Галины Олеговны по месту работы удостоверяю:

Начальник общего отдела
ФИЦ КНЦ РАН



Коструб Л.В.

Подпись, дата

Сведения о ведущей организации: Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр Российской академии наук, 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14, <https://www.ksc.ru>, ksc@ksc.ru.