

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени А.И. Лейпунского»
(АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»)**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнинск

20.03.2025

№ 224/22-04/20

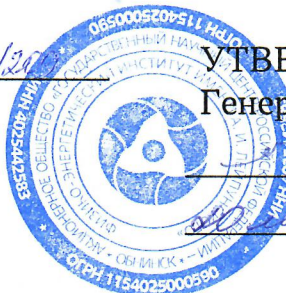
Научно-технического совета
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.А. Лебезов

2025 г.



Диссертация Легких Кристины Геннадьевны «Обоснование применения пирохимической и газофазной технологий переработки радиоактивных щелочных жидкометаллических теплоносителей (натрий, натрий-калий) для решения практических задач при выводе из эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах» подготовлена в лаборатории химико-технологических и радиохимических исследований Отделения ядерной энергетики (ОЯЭ) АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». В 2009 г. Легких К.Г. окончила Обнинский технический университет атомной энергетики (ИАТЭ) по направлению подготовки 04.03.01 – «Аналитическая химия». С 2012г. по 2019г являлась соискателем ученой степени «кандидат технических наук» АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации. В 2025г была прикреплена к аспирантуре АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» для сдачи кандидатских экзаменов по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность.

Легких К.Г. сдала следующие кандидатские экзамены: иностранный язык (английский), оценка – отлично; история и философия науки, оценка – отлично; специальная дисциплина, оценка – отлично. Справка о сдаче кандидатских экзаменов №224/5.01.01-08/49 выдана 19.02.2025г. АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского».

Научный руководитель – Смыков Владимир Борисович, кандидат технических наук по специальности 05.14.03. Ядерные энергетические установки, руководитель направления отдела вывода из эксплуатации АО «ГНЦ РФ – ФЭИ».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Легких К.Г. посвящена актуальной проблеме – обоснованию применения пирохимической и газофазной технологий переработки радиоактивных щелочных жидкометаллических теплоносителей (натрий, натрий-калий) для решения практических задач при выводе из эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах.

Цели и задачи исследования.

Цель данной работы состоит в обосновании применения пирохимической и газофазной технологий переработки радиоактивных щелочных жидкометаллических теплоносителей (натрий, натрий-калий с примесью ртути) на примере ИР БР-10 как научно-технического полигона для отработки технологий вывода из эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах. Задачи представляемой работы:

- разработка способа обращения с отработавшим ЩЖМТ, загрязненным ртутью, на базе пирохимической реакции твердофазного окисления (ТФО) и локализации выделяющейся ртути для обеспечения радиационной безопасности и экологической приемлемости захоронения продуктов переработки;

- модернизация способа газофазного окисления недренируемых остатков ЩЖМТ для перевода реакторного оборудования в пожаро-взрывобезопасное состояние для обеспечения радиационной и экологической безопасности выводимых из эксплуатации объектов ядерной техники, утилизации и захоронения накопленных РАО ЩЖМТ;

- определение механической прочности и скорости выщелачивания цезия-137 из продукта твердофазного окисления отработавшего ЩЖМТ, отвержденного различными исполнениями данного способа (МАГМА-ТФО, МИНЕРАЛ) на соответствие требованиям НП-019-15;

- сравнительная оценка стоимости переработки РАО натрия первого контура РУ типа БН способами ТФО и НОАН.

Научная новизна работы.

Впервые разработан и экспериментально подтвержден способ переработки отработавшего ЩЖМТ, загрязненного ртутью, и локализации выделяющейся ртути для обеспечения радиационной безопасности и экологической приемлемости объекта ядерной техники – ИР БР-10. Показана эффективность применения сорбционного пиролюзитового фильтра на газовой линии в составе модуля МАГМА-ТФО.

Модернизирован метод газофазного окисления недренируемых остатков ЩЖМТ для перевода внутрореакторного оборудования в пожаровзрывобезопасное состояние.

Определены скорости выщелачивания цезия-137 из образцов продуктов твердофазного окисления отработавшего ЩЖМТ, отвержденного путем сброса шлака в расплав ЩЖМТ и посредством закачки ЩЖМТ под слой шлака.

Проведена сравнительная оценка стоимости переработки РАО натрия первого контура РУ типа БН способами ТФО и НОАН.

Практическая значимость работы:

Показана возможность применения пиролюзитового фильтра в составе модуля МАГМА-ТФО для переработки отработавшего ЩЖМТ, загрязненного ртутью, что позволило отказаться от применения жидкометаллической хроматографии для предварительной очистки сплава натрий-калий-ртуть на модуле ГЕТТЕР.

Экспериментально доказана эффективность использования газовой смеси-реагента, состоящей из закиси азота и углекислого газа в газе-носителе (Ar) для нейтрализации остатков ЩЖМТ в оборудовании.

Экспериментально доказано соответствие значений скоростей выщелачивания по цезию-137 образцов продуктов твердофазного окисления отработавшего ЩЖМТ требованиям НП-019-15.

Степень достоверности

Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается высокой воспроизводимостью результатов исследований, а также большим объемом данных, полученных в лабораторных условиях; применением гостированных методик; корректностью постановки задач исследования; согласованностью полученных результатов существующим литературным данным и преемственностью с ранее установленными тенденциями.

Личный вклад автора

- Разработаны программы-методики и проведены эксперименты по обоснованию модернизации способа ТФО для пирохимической переработки отработавшего ЩЖМТ. Определено содержание ртути в продукте ТФО натрий-калий-ртути и пиролюзите. Определена термическая устойчивость сорбционного комплекса «ртуть-пиролюзит».
- Подобран состав газовой смеси реагента, соотношение газов-реагентов в смеси и механизм нейтрализации газовой смесью недренируемых остатков ЩЖМТ для перевода внутриреакторного оборудования в пожаровзрывобезопасное состояние. Проведены испытания по нейтрализации остатков ЩЖМТ в пяти ХЛО ИР БР-10.
- Определено соответствие полученных значений механической прочности и скорости выщелачивания цезия-137 для продукта твердофазного окисления отработавшего ЩЖМТ (натрий, натрий-калий, натрий-калий-ртуть), отвержденного различными способами (МАГМА-ТФО, МИНЕРАЛ) установленным нормам. Выполнено сравнение полученных данных с аналогичными характеристиками цементированных РАО.
- Проведена сравнительная оценка стоимости переработки РАО натрия первого контура технологиями ТФО и НОАН.

1. В.Б. Смыков, К.Г. Легких. Газофазное окисление как метод нейтрализации недренируемых остатков ЩЖМТ в оборудовании // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы – 2022. – вып. 4. – С. 145-148;
2. В. Б. Смыков, А. В. Журин, К. Г. Легких, В.В. Алексеев, В. П. Жданов. Переработка теплоносителя первого и второго контуров при выводе из эксплуатации реактора БН-350 // Известия вузов. Ядерная энергетика – 2023. – №3. – С. 164-167;
3. М. Х. Кононюк, К. Г. Легких, В. Б. Смыков. Особенности переработки сплава «натрий-калий», загрязненного ртутью // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы – 2023 – вып. 2 – с.231-237;
4. К. Г. Легких, В. Б. Смыков. Инновационные технологии иммобилизации натриевого теплоносителя первых контуров реакторов на быстрых нейтронах и переработки ЖРО, образующихся в процессе их эксплуатации // Атомная Энергия – Т.137, вып. 1-2, июль-август 2024, с.114-120
5. Смыков В. Б., Легких К. Г., Трифанова Е. М., Грушичева Е. А. Определение соответствия продукта твердофазного окисления отработавшего натриевого теплоносителя критериям приемлемости к длительному хранению // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы – 2025 – вып. 1 – *принято к опубликованию (письмо от редакции журнала «ВАНТ» № 224/2.07-06/02 от 20.02.2025)*;
6. Смыков В. Б., Алексеев В.В., Легких К. Г., Жданов В. П. и др. Оптимизация твердофазной технологии переработки РАО щелочных теплоносителей на полномасштабном образце установки МИНЕРАЛ-100/150» // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы – 2025 – вып. 2 – *принято к опубликованию (письмо от редакции журнала «ВАНТ» № 224/2.07-06/02 от 20.02.2025).*

Работа Легких Кристины Геннадьевны является завершенным цельным исследованием, выполненным по актуальной тематике на высоком научном уровне, соответствует паспорту специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность и отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование применения пирохимической и газофазной технологий переработки радиоактивных щелочных жидкометаллических теплоносителей (натрий, натрий-калий) для решения практических задач при выводе из эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах» Легких Кристины Геннадьевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность.

Заключение принято на открытом заседании НТС АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Присутствовало на заседании 15 членов НТС из 29. Результаты голосования: «за» – 15 человек, «против» – 0 человек, воздержалось – 0 человек, протокол № 224/5-06/8 от «20» марта 2025 г.

Председатель НТС,

научный руководитель АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

доктор технических наук


20.03.2025

Троянов В.М.