

Соискатель: **КУЛИКОВА СВЕТЛАНА АНАТОЛЬЕВНА**

Тема диссертационной работы: **«ИММОБИЛИЗАЦИЯ АКТИНИДСОДЕРЖАЩИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В МАГНИЙ-КАЛИЙ-ФОСФАТНУЮ МАТРИЦУ»**

Шифр и наименование научной специальности и отрасли науки, по которым выполнена диссертация:

02.00.14 – РАДИОХИМИЯ; ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

На заседании **29 ИЮЛЯ 2021 ГОДА** ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ **24.1.195.01** (Д 002.109.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского Российской академии наук **ПРИНЯЛ РЕШЕНИЕ ПРИСУДИТЬ КУЛИКОВОЙ СВЕТЛАНЕ АНАТОЛЬЕВНЕ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 02.00.14 – РАДИОХИМИЯ.**

На заседании из **29** человек, входящих в состав диссертационного совета, присутствовал **21** человек (**13** человек присутствовали очно, **8** – в удаленном интерактивном режиме), из них **6** докторов наук по специальности радиохимия, обеспечивающих химические науки. Результаты открытого голосования: за – **21**, против – **0**, не голосовало – **0** (**Протокол № 9 от 29.07.2021**).

ЯВОЧНЫЙ ЛИСТ

членов диссертационного совета 24.1.195.01 (Д 002.109.01)

к заседанию совета 29 июля 2021 г по защите диссертации **Куликовой Светланы
Анатольевны** по специальности **02.00.14** – радиохимия; протокол № 9

	Фамилия И. О.	Ученая степень, шифр специальности и отрасль науки в совете	Явка на заседание (подпись)	Получение бюллетеня (подпись)
1	Мясоедов Борис Федорович (председатель совета)	Доктор химических наук, академик РАН, профессор 02.00.14 (химические науки)		
2	Колотов Владимир Пантелеймонович (зам. председателя)	Доктор химических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.14 (химические науки)		
3	Спиваков Борис Яковлевич (зам. председателя)	Доктор химических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.14 (химические науки)		
4	Захарченко Елена Александровна (ученый секретарь)	Кандидат химических наук, 02.00.14 (химические науки)		
5	Баранов Виктор Иванович	Доктор физ.-мат. наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
6	Большов Михаил Александрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
7	Гречников Александр Анатольевич	Доктор химических наук, , 02.00.02 (технические науки)	<i>удалённо интерактивно</i>	
8	Грибов Лев Александрович	Доктор физ.-мат. наук, член- корреспондент РАН, 02.00.02 (физ.-мат.науки)		
9	Дементьев Василий Александрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор, 02.00.02 (физ.- мат.науки)		
10	Долгоносов Анатолий Михайлович	Доктор химических наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
11	Ермаков Вадим Викторович	Доктор биологических наук, профессор, 02.00.02 (химические науки)	<i>удалённо интерактивно</i>	
12	Зуев Борис Константинович	Доктор технических наук, профессор, 02.00.02 (технические науки)		
13	Ищенко Анатолий Александрович	Доктор химических наук, профессор, 02.00.02 (технические науки)	<i>удалённо интерактивно</i>	

14	Калмыков Степан Николаевич	Доктор химических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.14 (химические науки)		
15	Карпов Юрий Александрович	Доктор химических наук, академик РАН, 02.00.02 (технические науки)		
16	Коробова Елена Михайловна	Доктор геолого- минералогических наук, 02.00.14 (химические науки)	<i>удаленно интерактивно</i>	
17	Кубракова Ирина Витальевна	Доктор химических наук, 02.00.02 (химические науки)		
18	Куляко Юрий Михайлович	Доктор химических наук, 02.00.14 (химические науки)	<i>удаленно интерактивно</i>	
19	Марютина Татьяна Анатольевна	Доктор химических наук, 02.00.02 (технические науки)		
20	Моисеенко Татьяна Ивановна	Доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.02 (химические науки)		
21	Новиков Александр Павлович	Доктор химических наук, 02.00.14 (химические науки)	<i>удаленно интерактивно</i>	
22	Ревельский Александр Игоревич	Доктор химических наук, 02.00.02 (химические науки)		
23	Севастьянов Вячеслав Сергеевич	Доктор технических наук, 02.00.02 (технические науки)		
24	Тимербаев Андрей Роландович	Доктор химических наук, 02.00.02 (химические науки)		
25	Федотов Петр Сергеевич	Доктор химических наук, 02.00.02 (химические науки)		
26	Филиппов Михаил Николаевич	Доктор физ.-мат. наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
27	Хамизов Руслан Хажсетович	Доктор химических наук, 02.00.02 (физ.-мат. науки)	<i>удаленно интерактивно</i>	
28	Шеховцова Татьяна Николаевна	Доктор химических наук, профессор, 02.00.02 (химические науки)	<i>удаленно интерактивно*</i>	
29	Шкинев Валерий Михайлович	Доктор химических наук, 02.00.02 (технические науки)	<i>удаленно интерактивно</i>	

Ученый секретарь
диссертационного совета

Подпись руки
удостоверяю
Зав. канцелярией ГЕОХИ РАН
Захарченко Елена Александровна

* связь с Шеховцовой Т.Н. прервана через 15 мин
с начала заседания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.195.01 (Д 002.109.01),
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и
аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29.07.2021 № 9

О присуждении **Куликовой Светлане Анатольевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Иммобилизация актинидсодержащих радиоактивных отходов в магний-калий-фосфатную матрицу**» по специальности 02.00.14 – радиохимия (1.4.13) принята к защите 27 мая 2021 года (протокол заседания № 6) диссертационным советом Д 002.109.01 (24.1.195.01), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН); 119991, ГСП-1, Москва, ул. Косыгина, 19; приказ о создании диссертационного совета № 75/нк от 15.02.2013.

Соискатель **Куликова Светлана Анатольевна**, 1992 года рождения, в 2016 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности «Химическая технология материалов современной энергетики». В 2020 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», по профилю подготовки 02.00.14 «Радиохимия». Работает научным сотрудником в лаборатории радиохимии в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Диссертация выполнена в лаборатории радиохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Научный руководитель – кандидат химических наук **Винокуров Сергей Евгеньевич**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН), лаборатория радиохимии, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

Кулюхин Сергей Алексеевич, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН), заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией физико-химических методов локализации радиоактивных элементов,

Смирнов Игорь Валентинович, доктор химических наук, Акционерное общество «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина», ученый секретарь – начальник отдела ученого секретаря; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», заведующий кафедрой радиохимии дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова), г. Москва в своём положительном отзыве, подписанном заведующим лабораторией дозиметрии и радиоактивности окружающей среды, кандидатом химических наук (по специальности 02.00.14 – Радиохимия), доцентом Петровым Владимиром Геннадиевичем и утверждённом проректором МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором физико-математических наук, профессором Федяниным Андреем Анатольевичем, указала, что тема диссертации Куликовой С.А. несомненно является **актуальной** и обоснованной. Подчеркнута научная значимость задач по выяснению формы нахождения и распределению актинидов в компаунде, скорости и механизму их выщелачивания из компаунда при возможном контакте с подземными водами, а также по определению характеристик образующегося компаунда и сравнению их в соответствии с действующими требованиями к отвержденным актинидсодержащим РАО.

В отзыве отмечена несомненная **научная новизна** работы. Показано, что актиниды и другие катионы компонентов РАО при отверждении их азотнокислых растворов-имитаторов актинидсодержащих отходов включаются в состав компаунда на основе МКФ матрицы в виде малорастворимых фосфатных соединений. Прочность на сжатие компаунда, в том числе после 30 циклов замораживания/оттаивания и облучения до дозы 1 МГр, составляет не менее 9 МПа, что соответствует нормативным требованиям к отвержденным отходам. Показано, что термическая устойчивость компаунда до 450 °С достигается путем введения в компаунд минеральных модификаторов – волластонита или цеолита в количестве 23–29 или 17–23 масс.% соответственно. Прочность на сжатие компаунда после термообработки составляет около 15–20 МПа. Установлена высокая устойчивость компаунда к выщелачиванию актинидов, соответствующая требованиям к отвержденным РАО. Так, скорость выщелачивания ^{239}Pu из компаунда с иммобилизованным имитатором ВАО составляет около 10^{-9} г/(см²·сут). Подтверждено отсутствие изменений структуры и водоустойчивости компаунда после облучения до дозы 1 МГр, что указывает на его

радиационную устойчивость. Все выдвинутые на защиту положения научно обоснованы.

Отмечено, что **теоретическая значимость работы** заключается в изучении поведения и форм нахождения актинидов и РЗЭ(III) в компаунде на основе магний-калий-фосфатной (МКФ) матрицы при отверждении азотнокислых растворов-имитаторов актинидсодержащих РАО. При этом полученные результаты работы могут быть использованы для оптимизации методов и подходов к иммобилизации РАО на радиохимических предприятиях атомной отрасли и атомных электростанциях, что свидетельствует о **практической значимости работы**.

Соискатель имеет 45 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 18, из которых в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Международных реферативных базах данных и рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертации – 10, и 1 патент.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Винокуров С.Е., **Куликова С.А.**, Крупская В.В., Мясоедов Б.Ф. Магнийкалийфосфатный компаунд для иммобилизации радиоактивных отходов: фазовый состав, структура, физико-химическая и гидролитическая устойчивость // Радиохимия. – 2018. – Т. 60. № 1. – С.66-73. (Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Krupskaya V.V., Myasoedov B.F. Magnesium Potassium Phosphate Compound for Radioactive Waste Immobilization: Phase Composition, Structure, and Physicochemical and Hydrolytic Durability // Radiochem. –2018. – V. 60. N1. – P.70-78.)

2. Винокуров С.Е., **Куликова С.А.**, Белова К.Ю., Родионова А.А., Мясоедов Б.Ф. Фазовый состав, структура и гидролитическая устойчивость магнийкалийфосфатного компаунда, содержащего уран // Радиохимия. – 2018. – Т. 60. № 6. – С.547-550. (Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Belova K.Yu., Rodionova A.A., Myasoedov B.F. Phase Composition, Structure, and Hydrolytic Durability of a Uranium-Containing Magnesium Potassium Phosphate Compound // Radiochem. – 2018. –V. 60. N6. – P.644-647.)

3. Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Myasoedov B.F. Magnesium Potassium Phosphate Compound for Immobilization of Radioactive Waste Containing Actinide and Rare Earth Elements // Materials. – 2018. – 11(6). – 976.

4. Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Krupskaya V.V., Danilov S.S., Gromyak I.N., Myasoedov B.F. Investigation of the leaching behavior of components of the magnesium potassium phosphate matrix after high salt radioactive waste immobilization // J. Radioanal. Nucl. Chem. – 2018. – V. 315. N 3. – P.481-486.

5. Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Myasoedov B.F. Hydrolytic and thermal stability of magnesium potassium phosphate compound for immobilization of high level waste // J. Radioanal. Nucl. Chem. – 2018. – V. 318. N 3. – P.2401-2405.

6. Колупаев Д.Н., Слюнчев О.М., Ремизова В.А., Бобров П.А., Орлова В.А., Винокуров С.Е., **Куликова С.А.**, Мясоедов Б.Ф. Кондиционирование жидких среднеактивных отходов сложного химического состава с использованием

низкотемпературной фосфатной матрицы // Вопросы радиационной безопасности. – 2018. – №1 (89). – С.3-11.

7. Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Myasoedov B.F. Solidification of high level waste using magnesium potassium phosphate compound // Nuclear Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 51. N 3. – P.755-760.

8. **Kulikova S.A.**, Vinokurov S.E. The Influence of Zeolite (Sokyrnytsya Deposit) on the Physical and Chemical Resistance of a Magnesium Potassium Phosphate Compound for the Immobilization of High-Level Waste // Molecules. – 2019. – 24(19). – 3421.

9. Винокуров С.Е., **Куликова С.А.**, Крупская В.В., Тюпина Е.А. Влияние характеристик порошка оксида магния на состав и прочность магний-калий-фосфатного компаунда для отверждения радиоактивных отходов // Журнал прикладной химии. – 2019. – Т. 92. №. 4. – С.450-457. (Vinokurov S.E., **Kulikova S.A.**, Krupskaya V.V., Tyupina E.A. Effect of Characteristics of Magnesium Oxide Powder on Composition and Strength of Magnesium Potassium Phosphate Compound for Solidifying Radioactive Waste // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2019. – Vol. 92. N 4. – P. 490-497.)

10. Винокуров С.Е., **Куликова С.А.** Магний-калий-фосфатная матрица для отверждения радиоактивных отходов: от научных исследований до практического использования в России//Химическая промышленность сегодня. – 2019. – №3. – С.34-39.

В работах представлены результаты выбора оптимальных условий иммобилизации актинидсодержащих РАО в МКФ матрицу и исследования прочности на сжатие, водоустойчивости, термической и радиационной устойчивости компаунда на основе МКФ матрицы, а также результаты определения его теплофизических характеристик и механизма выщелачивания актинидов, редкоземельных элементов (РЗЭ) и структурообразующих компонентов. Таким образом, все опубликованные работы Куликовой С.А. соответствуют теме диссертационной работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах в диссертации отсутствуют. Требования к публикациям (пп. 13 и 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в редакции от 01.10.2018 г. с изменениями от 26.05.2020 г.) выполнены полностью. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации входят в российские и международные базы данных, а также в перечень изданий ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертационных исследований, в том числе по специальности 02.00.14 – радиохимия (1.4.13).

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные. Положительный отзыв без замечаний поступил от:

Болдырева Кирилла Александровича, к.т.н., старшего научного сотрудника лаборатории геомиграционного моделирования Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН).

Положительные отзывы с вопросами, замечаниями и рекомендациями поступили от:

Милютина Виталия Витальевича, д.х.н., заведующего лабораторией хроматографии радиоактивных элементов Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН)

1. В автореферате отсутствуют данные о прочности МКФ матрицы после длительного воздействия на неё воды, что не позволяет сравнить водостойкость портландцементных и предлагаемой МКФ матрицы.

2. Чем объясняется выбор модели диффузии де Гроота и ван дер Слоота для оценки механизма выщелачивания компонентов из матриц?

3. Изучалось ли выщелачивание других радионуклидов, кроме актинидов из синтезированных матриц?

Шадрина Андрея Юрьевича, д.х.н., старшего научного сотрудника, главного эксперта научно-технологического отделения (П-220) Акционерного общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»

1. В материалах автореферата сравнение эффективности использования МФК матрицы ведется с требованиями НП-019 то к стеклоподобным матрицами для ВАО, то к цементным матрицам для САО, хотя заявленные достигнутые дозы, с учетом отверждения актинидов однозначно требуют отнесения РАО ко 2-ому классу, то есть к ВАО.

2. В материалах автореферата приведены данные о выщелачивании из МКФ плутония, но отсутствуют данные о выщелачивании нептуния и америция.

Тананаева Ивана Гундаровича, д.х.н., чл.-корр. РАН, заместителя директора по НИР в Озерском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(1) в выводах диссертации Куликова С.А. указывает об установлении форм нахождения актинидов, РЗЭ и ионов аммония в образующемся компаунде, тогда как в разделе определения целей работы и её названии автор указывает только о исследовании возможности использования МКФ матрицы для иммобилизации РАО, содержащих только актиниды. Почему цели работы и название не в полной мере соответствуют выводам?

(2) в названиях опубликованных научных трудах, автореферате, МКФ называют то магний-калий-фосфатной, то магнийкалийфосфатной матрицей. Как правильно, с точки зрения номенклатуры химических соединений?

(3) МКФ, по существу, идет на замену цементного компаунда, однако в автореферате не обнаружены цифровые величины сравнения между матрицами в реальных условиях иммобилизации РАО.

Родина Алексея Владимировича, к.х.н., начальника лаборатории аварийных режимов предприятий топливного цикла отдела безопасности предприятий топливного цикла ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности» (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

1) В диссертационной работе не показано достаточность набранной дозы (порядка 1 МГр) для имитации радиационного воздействия, возникающего при хранении отвержденных высокоактивных отходов, для которых известно, что за период 10 тыс. лет набранная доза может составлять 100 и более МГр;

2) Из представленных данных в автореферате не ясна термическая стабильность образцов МКФ-САО, образующихся при отверждении растворов с нитратом аммония. Не показано возможность или невозможность протекания окислительно-восстановительных процессов взаимодействия иона аммония с нитрат-ионом при нагреве компаунда, что важно с точки зрения обеспечения пожаровзрывобезопасности процессов хранения и захоронения отвержденных РАО и обоснованного вывода о соответствии формы РАО критериям приемлемости РАО к захоронению.

Фиськова Антона Александровича, к.т.н., ведущего специалиста научно-конструкторского управления Акционерного общества "Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт энергетических технологий "АТОМПРОЕКТ"

– В тексте автореферата отсутствует единообразие в представлении единиц измерения температуры. Так по тексту встречаются К и °С;

– Представленные данные на рисунках 1, 2 и 5 являются трудночитаемыми и малоинформативными. Скорее всего в следствии ограниченности места в автореферате и малого разрешения самих рисунков. Однако, данный недостаток нивелируется в описательной части автореферата;

– В автореферате не представлена нормативная и законодательная база РФ в области обращения с РАО. Кроме упоминания НП-019-15.

Иванова Никиты Игоревича, главного специалиста управления технического сопровождения Акционерного общества «Научно-исследовательский и конструкторский институт монтажной технологии – Атомстрой» (АО «Атомстрой»)

В качестве рекомендации отмечено, что для полного понимания как экономической выгоды МКФ матрицы по сравнению с существующими видами матриц необходимо продолжение работы с проведением опытных работ на полномасштабной установке кондиционирования, проведения опытных работ по кондиционированию реальных ЖРО сложного химического и морфологического состава.

В целом в поступивших отзывах отмечается, что представленные замечания не снижают научной значимости работы и могут рассматриваться как рекомендации для развития исследований. Диссертационная работа Куликовой С.А. «Иммобилизация актинидсодержащих радиоактивных отходов в магний-калий-фосфатную матрицу» является законченным исследованием, обладает всеми признаками новизны и вызывает большой научный и практический интерес в области современной радиохимической науки. К достоинствам работы, несомненно можно отнести выбранные оптимальные условия иммобилизации актинидсодержащих РАО в МКФ матрицу; установленные формы нахождения актинидов, РЗЭ и ионов аммония в образующемся компаунде; определенные состав, структура и физико-химические характеристики компаунда. Куликова Светлана Анатольевна выполнила на высоком научном уровне широкомасштабную фундаментально-ориентированную работу и заслуживает

присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.14 – радиохимия (1.4.13).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научными и практическими достижениями в области радиохимии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработана новая научная идея иммобилизации актинидов в образующуюся при комнатной температуре минералоподобную магний-калий-фосфатную (МКФ) матрицу, обогащающая научную концепцию обращения с актинидсодержащими радиоактивными отходами (РАО);

– выбраны необходимые характеристики связующих компонентов и определены возможности использования минеральных модификаторов (волластонит, цеолит) для эффективной иммобилизации актинидсодержащих РАО в МКФ матрицу в зависимости от химического состава отверждаемых азотнокислых растворов-имитаторов РАО и действующих нормативных требований к отвержденным отходам;

– показано, что актиниды и их химические аналоги редкоземельные элементы (РЗЭ) оказываются химически связанными в составе малорастворимых минералоподобных фосфатных соединений, в том числе в составе МКФ матрицы или образуя аналоги других фосфатных минералов, а их распределение в компаунде является гомогенным;

– установлено, что механическая прочность образцов компаунда соответствует нормативным требованиям к отвержденным отходам, обеспечивая устойчивость компаунда к термическим циклам замораживания/оттаивания и радиационному бета- и гамма-облучению в течение не менее 100 лет хранения/захоронения отвержденных отходов, а также показаны пути обеспечения необходимой термической устойчивости компаунда до 450 °С посредством введения в его состав минеральных модификаторов;

– установлена высокая устойчивость компаунда к выщелачиванию актинидов (U, Pu, Am) и РЗЭ (La, Nd, Ce) в соответствии с российским и международным стандартами, отвечающая нормативным требованиям для отвержденных отходов в составе промышленно используемых цементном и стеклоподобном компаундов.

На основе полученных результатов выполненной диссертационной работы показана перспективность практического использования МКФ матрицы для иммобилизации различных типов жидких РАО, содержащих актиниды.

Теоретическая значимость обоснована тем, что изучены поведение и форма нахождения актинидов и РЗЭ(III) в компаунде на основе МКФ матрицы при отверждении азотнокислых растворов-имитаторов актинидсодержащих РАО.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные результаты работы могут быть использованы для оптимизации методов и подходов к иммобилизации РАО на радиохимических предприятиях атомной отрасли и атомных электростанциях.

Оценка достоверности результатов исследования. Достоверность полученных результатов диссертационной работы обеспечена использованием современных

расчетных и инструментальных методов анализа веществ и материалов, в том числе альфа-спектрометрия, порошковая рентгеновская дифрактометрия, сканирующая электронная микроскопия с рентгеноспектральным микроанализом, спектрофотометрия, ИК-спектрометрия, термогравиметрия, дифференциально-сканирующая калориметрия, а также высокой сходимостью результатов параллельных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в критическом анализе литературы по теме исследования; участии в постановке цели и задач работы; синтезе образцов компаунда; проведении экспериментов по определению водоустойчивости и термической устойчивости компаундов; обсуждении, оценке и обобщении результатов исследований фазового состава, структуры, механической прочности, радиационной устойчивости компаунда; обсуждении полученных результатов диссертационной работы; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационная работа Куликовой С.А. **«Иммобилизация актинидсодержащих радиоактивных отходов в магний-калий-фосфатную матрицу»** на соискание учёной степени кандидата химических наук представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 01.10.2018 г., с изменениями от 26.05.2020 г.). Работа содержит решение научной задачи, имеющей важное значение для развития радиохимической науки, а именно установление закономерностей химического поведения актинидов в условиях иммобилизации радиоактивных отходов в МКФ матрицу, а также в условиях хранения и/или окончательного захоронения отвержденных отходов. Содержание работы соответствует специальности 02.00.14 – радиохимия (1.4.13).

На заседании 29 июля 2021 года диссертационный совет принял решение **присудить Куликовой Светлане Анатольевне учёную степень кандидата химических наук.** При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 13 человек присутствовали очно и 8 человек присутствовали в удаленном интерактивном режиме, включая 6 докторов наук по специальности 02.00.14 – радиохимия (отрасль наук – химические науки), участвовавших в заседании, из **29** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета
чл.-корр. РАН,
доктор химических наук



Колотов Владимир Пантелеймонович

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат химических наук

Захарченко Елена Александровна

29 июля 2021 года