

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**




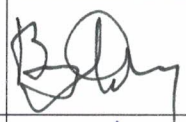

На заседании **29 ИЮЛЯ 2021 ГОДА** ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ **24.1.195.01** (Д 002.109.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского Российской академии наук **ПРИНЯЛ РЕШЕНИЕ 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<br>Борис Федорович<br>(председатель совета)       | Доктор химических наук,<br>академик РАН, профессор<br>02.00.14 (химические науки) |   |                               |
| 2  | Колотов Владимир<br>Пантелеймонович<br>(зам. председателя) | Доктор химических наук,<br>член-корреспондент РАН,<br>02.00.14 (химические науки) |    |                               |
| 3  | Спиваков<br>Борис Яковлевич<br>(зам. председателя)         | Доктор химических наук,<br>член-корреспондент РАН,<br>02.00.14 (химические науки) |   |                               |
| 4  | Захарченко<br>Елена Александровна<br>(ученый секретарь)    | Кандидат химических наук,<br>02.00.14 (химические науки)                          |    |                               |
| 5  | Баранов<br>Виктор Иванович                                 | Доктор физ.-мат. наук,<br>профессор, 02.00.02 (физ.-мат.<br>науки)                |   |                               |
| 6  | Большов<br>Михаил Александрович                            | Доктор физ.-мат. наук,<br>профессор, 02.00.02 (физ.-мат.<br>науки)                |  |                               |
| 7  | Гречников Александр<br>Анатольевич                         | Доктор химических наук, ,<br>02.00.02 (технические науки)                         | <i>удалённо<br/>интерактивно</i>  |                               |
| 8  | Грибов<br>Лев Александрович                                | Доктор физ.-мат. наук, член-<br>корреспондент РАН, 02.00.02<br>(физ.-мат.науки)   |   |                               |
| 9  | Дементьев<br>Василий Александрович                         | Доктор физ.-мат. наук,<br>профессор, 02.00.02 (физ.-<br>мат.науки)                |  |                               |
| 10 | Долгоносов<br>Анатолий Михайлович                          | Доктор химических наук,<br>профессор, 02.00.02 (физ.-мат.<br>науки)               |  |                               |
| 11 | Ермаков Вадим<br>Викторович                                | Доктор биологических наук,<br>профессор, 02.00.02<br>(химические науки)           | <i>удалённо<br/>интерактивно</i>  |                               |
| 12 | Зуев<br>Борис Константинович                               | Доктор технических наук,<br>профессор, 02.00.02<br>(технические науки)            |   |                               |
| 13 | Ищенко Анатолий<br>Александрович                           | Доктор химических наук,<br>профессор, 02.00.02<br>(технические науки)             | <i>удалённо<br/>интерактивно</i>  |                               |



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

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Подпись руководителя диссертационного совета  
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  $^{239}\text{Pu}$  из компаунда с иммобилизованным имитатором ВАО составляет около  $10^{-9}$  г/(см<sup>2</sup>·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