

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.04,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И.  
ЛОБАЧЕВСКОГО», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02.06.2026 г., протокол заседания № 12

О присуждении Алексеевой Людмиле Сергеевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Оксиды со структурой граната как матрицы для иммобилизации выделенных фракций ВАО и трансмутации минор-актинидов», в виде рукописи, по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия (химические науки) принята к защите 30.03.2026 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.2.340.04, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Российская Федерация, 603022, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №428/нк от 26.05.2025).

Соискатель – Алексеева Людмила Сергеевна, 24 июня 1991 года рождения.

В 2013 году соискатель окончила специалитет химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по специальности «Экология».

В период с 01 июля 2013 г. По 10 июля 2017 г. обучалась в очной аспирантуре химического факультета по специальности 02.00.01 – Неорганическая химия. Справка об окончании аспирантуры от 22.09.2025 г. № НИ – 9 и справка о сдаче кандидатских экзаменов от 05.09.2025 г. № 061/А выданы ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.**

Лобачевского».

**Научный руководитель** - доктор физико-математических наук, Нохрин Алексей Владимирович, старший научный сотрудник Лаборатории диагностики материалов Отдела физики металлов Научно-исследовательского физико-технического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

**Официальные оппоненты:**

1. **Верещагина Татьяна Александровна**, доктор химических наук, старший научный сотрудник по специальности «Физическая химия», ведущий научный сотрудник Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН;

2. **Рыбаков Кирилл Игоревич**, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий сектором теории СВЧ разряда ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»

дали **положительные отзывы на диссертацию**.

**Ведущая организация** – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, в своем **положительном отзыве**, утвержденным Гончаровой Светланой Николаевной, врио проректора по научной работе ФГАОУ ВО ДВФУ, указала, что диссертация Алексеевой Людмилы Сергеевны «Оксиды со структурой граната как матрицы для иммобилизации выделенных фракций ВАО и трансмутации минор-актининов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую всем критериям и требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Алексеева Людмила Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Соискатель имеет 88 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 28 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 15 работ. Научно-практические результаты работы защищены 3 ноу-хау.

**Недостовверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в диссертации Алексеевой Л.С. отсутствуют.**

Наиболее значимы работы по теме диссертации.

Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. **Golovkina L.S.** Lanthanide (Nd, Gd) compounds with garnet and monazite structures. Powders synthesis by “wet” chemistry to sintering ceramics by Spark Plasma Sintering / Potanina E., **Golovkina L.**, Orlova A., Nokhrin A., Boldin M., Sakharov N. // Journal of Nuclear Materials. – 2016. – Vol. 473 – P. 93–98.

2. **Golovkina L.S.** Development of composite ceramic materials with improved thermal conductivity and plasticity based on garnet-type oxides / **Golovkina L.S.**, Orlova A.I., Boldin M.S., Sakharov N.V., Chuvil'deev V.N., Nokhrin A.V., Konings R., Staicu D. // Journal of Nuclear Materials. – 2017. – Vol. 489 – P. 158–163.

3. **Golovkina L.S.** Spark Plasma Sintering of fine-grain ceramic-metal composites based on garnet-structure oxide  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  for inert matrix fuel / **Golovkina L.S.**, Orlova A.I., Nokhrin A.V., Boldin M.S., Chuvil'deev V.N., Sakharov N.V., Belkin O.A., Shotin S.V., Zelenov A.Yu. // Materials Chemistry and Physics. – 2018. – Vol. 214 – P. 516–526.

4. **Golovkina L.S.** Spark Plasma Sintering of high-density fine-grained  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12} + SiC$  composite ceramics/ **Golovkina L.S.**, Orlova A.I., Chuvil'deev V.N., Boldin M.S., Lantsev E.A., Nokhrin A.V., Sakharov N.V., Zelenov A.Yu. // Materials Research Bulletin. – 2018. – Vol. 103 – P. 211–215.

5. **Golovkina L.S.** Spark Plasma Sintering of fine-grained ceramic-metal composites YAG:Nd-(W,Mo) based on garnet-type oxide  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  for inert matrix fuel / **Golovkina L.S.**, Orlova A.I., Nokhrin A.V., Boldin M.S., Lantsev E.A., Chuvil'deev V.N., Sakharov N.V., Shotin S.V., Zelenov A.Yu. // Journal of Nuclear Materials. – 2018. – Vol. 511 – P. 109–121.

6. **Головкина Л.С.** Электроимпульсное плазменное спекание мелкозернистой композиционной керамики  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12} + MgO$  для инертных топливных матриц / **Головкина Л.С.**, Нохрин А.В., Болдин М.С., Ланцев Е.А., Орлова А.И., Чувильдеев В.Н., Мурашов А.А., Сахаров Н.В. // Неорганические материалы. – 2019. – Т. 55 (1) – С. 101–108.

7. **Alekseeva L.S.** Spark Plasma Sintering of fine-grained YAG:Nd + MgO composite ceramics based on garnet-type oxide  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  for inert fuel matrices / **Alekseeva L.S.**, Orlova A.I., Nokhrin A.V., Boldin M.S., Lantsev E.A., Chuvil'deev V.N., Murashov A.A., Sakharov N.V. // Materials Chemistry and Physics. – 2019. – Vol. 226 – P. 323–330.

8. **Alekseeva L.** Study of the Hydrolytic Stability of Fine-Grained Ceramics Based on  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  Oxide with a Garnet Structure under Hydrothermal Conditions / **Alekseeva L.**, Nokhrin A., Boldin M., Lantsev E., Murashov A., Orlova A., Chuvil'deev V. // Materials. – 2021. – Vol. 14 – P. 2152.

9. **Алексеева Л.С.** Гидролитическая устойчивость керамики на основе  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната в гидротермальных условиях / **Алексеева Л.С.**, Нохрин А.В., Болдин М.С., Ланцев Е.А., Орлова А.И., Чувильдеев В.Н. // Неорганические материалы. – 2021. – Т. 8 (57) – С. 918–922.

10. **Алексеева Л.С.** Исследование механических свойств и стойкости к термоудару мелкозернистых керамик  $YAG:Nd + SiC$  / **Алексеева Л.С.**, Нохрин А.В., Каразанов К.О., Орлова А.И., Болдин М.С., Ланцев Е.А., Мурашов А.А., Чувильдеев В.Н. // Неорганические материалы. – 2022. – Т. 58 (2) – С. 209–214.

11. **Алексеева Л.С.** Изучение теплопроводности мелкозернистой композиционной керамики  $YAG-Nd+SiC$  для инертных топливных матриц / **Алексеева Л.С.**, Нохрин А.В., Орлова А.И., Болдин М.С., Ланцев Е.А., Мурашов А.А., Чувильдеев В.Н., Москвичев А.А. // Неорганические материалы. – 2023. – Т. 59 (6) – С. 689–695.

12. **Алексеева Л.С.** Изучение химической устойчивости керамики на основе оксида  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната в различных средах / **Алексеева Л.С.**, Нохрин А.В., Орлова А.И., Болдин М.С., Воронин А.В., Мурашов А.А., Чувильдеев В.Н. // Неорганические материалы. – 2023. – Т. 59 (8) – С. 942–950.

13. **Алексеева Л.С.** Теплопроводность керамических композитов  $YAG:Nd + Mo$ , полученных методом электроимпульсного плазменного спекания / **Алексеева Л.С.**, Нохрин А.В., Орлова А.И., Болдин М.С., Ланцев Е.А., Мурашов А.А., Чувильдеев В.Н., Табачкова Н.Ю., Сахаров Н.В., Москвичев А.А. // Перспективные материалы. – 2024. – № 2 – С. 58–68.

14. **Alekseeva L.S.** Radiation resistance of fine-grained  $YAG:Nd$  ceramics irradiated with swift heavy multi-charged Ar and Xe ions / **Alekseeva L.S.**, Nokhrin A.V., Yunin P.A., Nazarov A.A., Orlova A.I., Skuratov V.A., Issatov A.T., Kovylin R.S., Murashov A.A., Boldin M.S., Voronin A.V., Chuvil'deev V.N., Zotov D.A. // *Ceramics International*. – 2024. – Vol. 50. – № 24 – P. 55251–55262.

Глава в коллективной монографии:

15. **Golovkina L.S.**, Orlova A.I., Nokhrin A.V., Boldin M.S., Lantsev E.A., Chuvil'deev V.N. Spark Plasma Sintering of Fine-Grain Ceramic–Metal Composites Based on Garnet-Structure Oxide  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  with Mo, W and Ni. Chapter 15. P. 459–470. In “Spark Plasma Sintering of Materials. Advances in Processing and Applications”. Ed. Cavaliere Pasquale. Springer Nature Switzerland AG 2019. ISBN: 978-3-030-05326-0.

Тезисы докладов конференций:

1. **Головкина Л.С.**, Болдин М. С., Сахаров Н. В. Получение керамик на основе  $Sm_{0.33}[Zr_2(PO_4)_3]$  (тип коснарита),  $Y_{2.5}Ln_{0.5}Al_5O_{12}$  ( $Ln = Nd, Sm, Nd/Sm$ ) (тип граната) и  $CeO_2-Ln_2O_3$  ( $Ln = Nd, Sm, Nd/Sm$ ) (тип флюорита) методом SPS

– В сборнике тезисов докладов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, 8–12 апреля 2013, с. 38).

2. **Головкина Л.С.**, Болдин М. С., Сахаров Н.В. Получение керамик на основе лантанидсодержащих минералоподобных систем со структурами коснарита, граната и флюорита методом SPS – В сборнике тезисов докладов 16 Конференции молодых ученых-химиков Нижегородской области (Нижний Новгород, ННГУ, 14–16 мая 2013, с. 36–37).

3. **Головкина Л.С.**, Потанина Е.А., Белкин О.А., Болдин М.С., Нохрин А.В., Чувильдеев В.Н., Орлова А.И., Каленова М.Ю., Кощев А.М. Получение и исследование керамик на основе соединений лантанидов (аналогов минор-актининов) как матриц для безопасной иммобилизации и трансмутации – В сборнике тезисов докладов VIII Всероссийской конференции молодых учёных, аспирантов и студентов с международным участием «Менделеев-2014» (Санкт-Петербург, СПбГУ, 1–4 апреля 2014, с. 49–50).

4. **Головкина Л.С.**, Белкин О.А., Болдин М.С., Каленова М.Ю., Кощев А.М. Оксид  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната. Получение керамики методом SPS – В сборнике тезисов докладов XXI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 7–11 апреля 2014, с. 18).

5. **Головкина Л.С.**, Орлова А.И., Нохрин А.В., Благовещенский Ю.В., Staicu D., Konings R. Система  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5-Ni$ . Изучение теплофизических и механических свойств – В сборнике тезисов докладов VIII Российской конференции по радиохимии "Радиохимия-2015" (Железногорск, 28 сентября – 02 октября 2015, с. 155).

6. **Головкина Л.С.**, Болдин М.С., Сахаров Н.В., Белкин О.А. Керамика на основе  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12} - Ni, MgO, Cu$ . Получение. Свойства – В сборнике тезисов докладов Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2016» (Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, 11–15 апреля 2016, с. 36).

7. **Головкина Л.С.**, Болдин М.С., Сахаров Н.В., Белкин О.А. Системы на основе  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  с Ni, Cu, MgO со структурой граната. Синтез. Свойства. Получение керамики – В сборнике тезисов докладов XIX Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (Нижний Новгород, ННГУ, 17–19 мая 2016, с. 137).

8. **Головкина Л.С.**, Болдин М.С., Сахаров Н.В. Композиционные керамические материалы на основе оксида  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната. Получение. Свойства – В сборнике тезисов докладов Седьмой

Российской молодежной школы по радиохимии и ядерным технологиям (Озерск, 11–16 сентября 2016, с. 27).

9. **Головкина Л.С.**, Болдин М.С., Сахаров Н.В. Композиционные материалы типа «Cermet» на основе оксида  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната. Получение. Свойства – В сборнике тезисов докладов XX Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, ННГУ, 18–20 апреля 2017, с. 240).

10. **Головкина Л.С.** Композиционная керамика на основе оксида  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната и карбида кремния. Получение. Свойства – В сборнике докладов 6-ого международного научного семинара "Перспективные технологии консолидации материалов с применением электромагнитных полей" (Москва, 24–26 октября 2017, с.78–79).

11. **Алексеева Л.С.** Изучение гидролитической устойчивости керамик на основе оксида  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната в гидротермальных условиях – В сборнике тезисов докладов XXIV Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (Нижний Новгород, ННГУ, 20–22 апреля 2021, с. 233).

12. **Алексеева Л.С.**, Юнин П.А., Болдин М.С., Воронин А.В., Орлова А.И., Скуратов В.А., Исатов А.Т., Сахаров Н.В. Изучение радиационной устойчивости керамики  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$ -40%Mo – В сборнике тезисов докладов X Российской конференции «Радиохимия-2022» (Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2022, с. 248).

13. **Алексеева Л.С.**, Юнин П.А., Болдин М.С., Воронин А.В., Орлова А.И., Скуратов В.А., Исатов А.Т. Изучение радиационной устойчивости керамики на основе оксида  $Y_{2.5}Nd_{0.5}Al_5O_{12}$  со структурой граната и карбида кремния – В сборнике докладов X Российской конференции «Радиохимия-2022» (Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2022, с. 249).

Ноу-хау:

1. Ноу-хау «Лабораторный технологический процесс спекания термо- и радиационно-устойчивых керамик на основе сложных оксидов и фосфатов с d (Ti, Zr, Hf, Th)-, f (лантаниды)-элементами и Cs, для иммобилизации отходов и трансмутации актинидов» (приказ ректора ННГУ от 15.01.2015 №12-ОД о введении режима коммерческой тайны). Авторы Чувильдеев В.Н., Орлова А.И., Болдин М.С., Белкин О.А., Нохрин А.В., Сахаров Н.В., Смирнова Е.С., Трошин А.Н., Потанина Е.А., **Головкина Л.С.**

2. Ноу-хау «Способ получения высокоплотных керамических композитов «керамика-керамика» на основе граната YAG:Nd-MgO для инертных топливных матриц» (приказ ректора ННГУ о введении режима

коммерческой тайны от 13.12.2018 г. №538-ОД). Авторы: Орлова А.И., Алексеева Л.С., Нохрин А.В., Болдин М.С., Ланцев Е.А.

3. Ноу-хау «Способ получения керамических композитов «керамика-металл» на основе граната YAG:Nd-(W,Mo) с повышенной теплопроводностью для инертных топливных матриц» (приказ ректора ННГУ о введении режима коммерческой тайны от 13.12.2018 г. №549-ОД). Авторы: Орлова А.И., Алексеева Л.С., Нохрин А.В., Болдин М.С., Ланцев Е.А.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:**

**ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,** ведущей организации. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Результаты исследований порошков методом просвечивающей электронной микроскопии показали, что каждая субмикронная частица граната неправильной формы состоит из наночастиц размером 20-40 нм. Влияет ли такое наноструктурное состояние субмикронных частиц на процессы спекания и свойства керамик?
2. Для описания степени непрерывности межфазных границ в композиционных керамических или металлокерамических материалах используют понятие коэффициента связности, равному отношению площади межфазных границ (Cer/Met) и межзеренных границ (Cer/Cer). В диссертационной работе отсутствует информация об использовании данного параметра для аттестации микроструктуры и свойств получаемых материалов.
3. Автором было показано, что повышение температуры автоклавных испытаний приводит к изменению механизма выщелачивания и, что самое необычное, к изменению механизма разрушения поверхности мелкозернистого иттрий-алюминиевого граната – с равномерного разрушения на межкристаллитную коррозию. В диссертации причины изменения механизма разрушения поверхности никак не комментируются.
4. Процесс электроимпульсного плазменного спекания керамик происходит в графитовых пресс-формах и характеризуется высокими скоростями нагрева. В следствие этого структура и свойства поверхностного слоя керамик могут значительно отличаться от структуры и свойств центральных («внутренних») слоев образцов. Как это обстоятельство учитывалось в работе?

**Верещагиной Татьяны Александровны**, доктора химических наук, старшего научного сотрудника по специальности «Физическая химия», ведущего научного сотрудника Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, официального оппонента. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. В литературном обзоре не представлена сравнительная информация о

существующих способах получения минералоподобных керамик с функцией матричных материалов для иммобилизации радионуклидов, на основании которой следовало бы обосновать выбор метода электроимпульсного плазменного спекания для получения керамических матриц с высокими эксплуатационными характеристиками (термическая, радиационная, химическая устойчивости).

2. На стр. 52–53 со ссылкой на данные РФА (Рис. 3.5) утверждается, что «при содержании неодима и самария  $0 \leq x \leq 0,5$  в ряду сложных оксидов с Nd и Sm  $Y_{2,5}Nd_{0,5-x}Sm_xAl_5O_{12}$  происходило образование непрерывного ряда твердых растворов» с кристаллизацией фаз в пр. гр. Ia-3d (куб. синг.). В этом случае можно ожидать закономерного изменения параметра элементарной ячейки вследствие различия ионных радиусов  $Nd^{3+}$  и  $Sm^{3+}$  при увеличении степени замещения  $Nd^{3+}$  на  $Sm^{3+}$  в структуре фазы. Однако, как видно из данных таблицы 3.1 (стр. 54), этого не наблюдается. К тому же приведенные величины  $a$  указаны без ошибки определения, а значения объема элементарной ячейки, рассчитываемые для кубической симметрии как  $V = a^3$ , не соответствуют значениям  $V$ , приведенным в таблице 3.1. Объясните, с чем это может быть связано.

3. При описании результатов получения керамик на основе  $Y_{2,5}Nd_{0,5}Al_5O_{12}$  и  $Y_{2,5}Sm_{0,5}Al_5O_{12}$  в диссертации отсутствует информация о микроструктуре и физико-механических характеристиках керамики, содержащей самарий. Насколько отличаются эти керамики по своим свойствам?

4. На графиках температурной зависимости теплофизических характеристик керамик разного состава (Рис. 3.41–3.43) не приведены планки погрешностей измерений.

**Рыбакова Кирилла Игоревича**, доктора физико-математических наук, доцента, заведующего сектором теории СВЧ разряда ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», официального оппонента. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. В п. 4 раздела "Выводы" сказано: "Установлено, что значительный вклад в повышенную трещиностойкость наноструктурированных композитов  $YAG:Nd - Ce$  вносят сжимающие внутренние напряжения, формирующиеся при ЭИПС" (стр. 142). Это утверждение нуждается в обосновании. К числу композитов  $YAG:Nd - Ce$  керамика, рассмотренных в диссертации, относятся композиции с  $MgO$  и с  $SiC$ . Для композитов  $YAG:Nd - MgO$  данных о трещиностойкости в диссертации не представлено. Для композитов  $YAG:Nd - SiC$  данные измерений трещиностойкости приведены на стр. 86, и в них имеется тенденция к росту трещиностойкости с увеличением содержания  $SiC$ ,

однако никакого обсуждения этих данных не приводится. Краткое обсуждение возникновения внутренних напряжений в композитах YAG – SiC при охлаждении, связанного с различием коэффициентов теплового расширения фаз, содержится в Приложении А (стр. 171). Однако, во-первых, данное Приложение помещено в диссертации уже после раздела "Выводы", а во-вторых, в нем не обсуждается непосредственно трещиностокость композиционного материала.

2. На стр. 55, 62, 69, 75, 80, 85 обсуждается скорость линейной усадки спекаемых образцов при ЭИПС, максимальные значения которой для различных композиций составляют порядка 0,005 – 0,01 мм/с. Для сравнительного сопоставления этих данных хотелось бы перейти к относительным скоростям усадки, для чего нужно поделить эти величины на высоту цилиндрического порошкового образца. К сожалению, данных о начальной высоте порошковых образцов, приготовленных для спекания, в диссертации найти не удалось.

3. На рис. 3.34, иллюстрирующем процесс ЭИПС композиций YAG:Nd – MgO, на промежуточной стадии спекания наблюдаются провалы остаточного давления ("давления вакуума") практически до нуля. При ЭИПС других композиций таких провалов не наблюдается. Было бы желательно обсудить причины данного явления. Например, может ли оно быть связано с протеканием твердофазной реакции образования алюмомагнетитовой шпинели?

4. В диссертации имеются неточности в употреблении наименований физических величин и единиц их измерения. Так, на рис. 3.13, 3.20, 3.21, 3.28, 3.34, 3.38 в качестве единиц измерения давления (при ЭИПС) используются килоньютоны. На этих же графиках приведено неудачное наименование "Давление вакуума", которое следовало бы заменить, например, на "Остаточное давление воздуха". На стр. 16 в тексте без видимой необходимости используются как системные (Бк), так и несистемные (Кюри) единицы измерения активности. На стр. 41 упоминаются "импульсы постоянного электрического тока большой мощности (до 3 кА)" – очевидно, речь идет о силе тока, а не о мощности.

5. Несмотря на в целом высокое качество подготовки текста диссертации, в нем встречаются отдельные ошибки и опечатки, например:

- орфографические ошибки (стр. 56, строка 2 снизу – раздельное написание "Так же" вместо слитного; стр. 124, строка 3 снизу – неправильное написание "в течении" вместо "в течение");
- пунктуационные ошибки (стр. 30, строки 9 и 16; стр. 36, строка 7; стр. 41, строка 12);
- пропущенные слова (стр. 39, строка 12 снизу – пропущен предлог "в"; стр.

48, строка 12 снизу – пропущено слово "ионами"; стр. 86, строка 2 – пропущено слово "скорости" [усадки]; стр. 141, строка 4 снизу – пропущен предлог "к");

- опечатки (стр. 88, строка 3; стр. 105, строка 6 снизу; стр. 113, 1-я строка подраздела 3.3.3; стр. 139, строки 5 сверху и 11 снизу).

**Корнейкова Романа Игоревич**, кандидата технических наук, заместителя директора по научно-инновационной деятельности Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева - обособленного подразделения Федерального исследовательского центра "Кольский научный центр Российской академии наук. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Во второй главе при описании получения керамических образцов сказано, что изотермическая выдержка отсутствовала, но нет никаких комментариев по какой причине. Изотермическая выдержка может быть технологически ключевым этапом для завершения процесса уплотнения и формирования конечных свойств материала.

2. Из текста не ясно, какова возможная ориентировочная стоимость предлагаемых наноструктурированных и нанокomпозиционных материалов на основе граната, поскольку наряду с уникальными характеристиками важно понимание и экономической составляющей их получения.

**Орловой Веры Алексеевны**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Необходимы пояснения по выбору составов объектов исследования. Как размер катионов влияет на сохранение устойчивости решетки граната? Существует ли корреляция между размерами катионов и разными структурными позициями в гранате? Рассматривались ли ферригранаты для фиксации актиноид-лантаноидной фракции ВАО?

2. При синтезе порошков сложных оксидов со структурой граната методом соосаждения из нитратных растворов используется раствор аммиака. А в технологии радиохимического производства упаривание азотнокислых растворов, содержащих восстановители, относят к пожаровзрывоопасным процессам ЯТЦ. В этой связи представляется целесообразным рассмотреть альтернативные варианты синтеза оксидов сложного катионного состава.

**Ершовой Анны Витальевны**, кандидата химических наук, инженера-исследователя 1 категории АО «ОКБМ Африкантов». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Утверждение, что полученные керамики могут рассматриваться для инертных топливных матриц для их трансмутации, требует обоснования. В

автореферате не указано, в каких ядерных реакторах будут облучаться такие керамические матрицы с минорными актинидами для трансмутации актинидов? Нейтроны какой энергии необходимы для трансмутации, какие флюенсы? Какой будет материал оболочки, предотвращающий контакт матрицы с теплоносителем, ведь необходимо будет исключить взаимодействие с ним керамической матрицы при рабочей температуре? Какие будут образовываться элементы в матрице при облучении в реакторе, как будут меняться ее физические свойства?

2. Термин «межкристаллитная коррозия» применяется к сталям, сплавам; его использование закреплено нормативной документацией. Целесообразно пересмотреть использование этого термина по отношению к полученным керамикам.

**Шайдуллина Сергея Минулловича**, кандидата технических наук, ведущего инженера-технолога исследовательской лаборатории по обращению и кондиционированию радиоактивных отходов центральной заводской лаборатории ФГУП «Производственное объединение «Маяк». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. В Федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности» (НП-019-15) отсутствуют керамические матрицы (и как следствие требования к ним) для иммобилизации жидких ВАО. В связи с этим, применение таких матриц в ближайшем будущем для иммобилизации ВАО кажется затруднительным.

2. На сегодняшний день метод ЭИПС является технологически сложным, в промышленности не используемым и скорее низкопроизводительным методом для иммобилизации ВАО (по сравнению другими методами, например, остекловыванием). В связи с этим, применение исследуемых матриц для иммобилизации ВАО радиохимических предприятиях Российской Федерации будет затруднительным. Для какого объема образованных ВАО (в год) могут быть применены неорганические соединения со структурой граната в ближайшей перспективе и в перспективе на 10 лет (с учетом развития радиохимических технологий)?

**Отопковой Полины Андреевны**, кандидата химических наук, научного сотрудника лаборатории аналитической химии высокочистых веществ Института химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук. В качестве замечаний отмечено, что графики в автореферате небольшого размера и перегружены информацией.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их высоким профессионализмом и компетентностью в

соответствующих отраслях науки, наличием у оппонентов и сотрудников ведущей организации современных публикаций в рецензируемых журналах. Оппоненты и сотрудники ведущей организации являются квалифицированными специалистами в научных областях, связанных с тематикой диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработаны** способы синтеза новых нанокпозиционных порошков «ядро–оболочка» на основе сложных оксидов со структурой граната;
- **предложены** способы модификации состава керамических материалов, позволяющие улучшить механические и теплофизические характеристики, а также радиационную устойчивость под действием тяжелых многозарядных ионов;
- **доказана** перспективность применения метода электроимпульсного плазменного спекания для получения керамических материалов на основе соединений со структурой граната;
- новых понятий и терминов **введено не было.**

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано**, что использование порошков со структурой «ядро-оболочка» позволяет улучшить теплофизические характеристики и повысить радиационную устойчивость композиционных керамических материалов на основе иттрий-алюминиевого гранат;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс современных методов исследования: рентгенофазовый анализ, растровая и просвечивающая электронная микроскопия, дифференциальный термический анализ, метод лазерной вспышки, метод измерения микротвердости, статическое выщелачивание в соответствии с ГОСТ, масс-спектрометрия, радиационные испытания под воздействием тяжелых многозарядных ионов на циклотроне ИЦ-100, а также метод получения керамик методом электроимпульсного плазменного спекания;
- **изложены** экспериментальные результаты определения влияния исходной структуры, состава материала на его физико-механические и теплофизические свойства, на параметры радиационной устойчивости;
- **раскрыто** влияние состава и содержания (концентрации) металлической фазы на механические и теплофизические характеристики, а также на радиационную устойчивость под действием тяжелых многозарядных ионов композиционных материалов на основе оксида со структурой граната;

- впервые **изучены** теплофизические свойства наноструктурированных керамик и композитов на основе оксидов со структурой граната, их уникальные характеристики радиационной устойчивости под действием тяжелых многозарядных ионов и внутреннего альфа-облучения, химической устойчивости в широком интервале температур и в различных средах;
- **проведена модернизация** существующих методик и режимов получения материалов на основе оксидов со структурой граната, позволяющая контролировать их микроструктуру, механические и теплофизические свойства.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработаны и внедрены** в лабораторную практику методики получения монофазных поликристаллических соединений на основе оксида со структурой граната, содержащих катионы-имитаторы редкоземельно-актинидной фракции ВАО методом соосаждения, а также двухфазных наноконпозиционных порошков со структурой «ядро-оболочка» химико-металлургическим методом;
- **определены** оптимальные условия получения моно- и двухфазных порошков и спекания керамик и композитов на их основе методом ЭИПС, обеспечивающие получение материалов с высокой относительной плотностью, однородной микроструктурой, а также повышенными теплофизическими и характеристиками, радиационной и химической стойкостью;
- **создан** подход по получению (синтезу, спеканию) композиционных материалов с заданной микроструктурой на основе порошков со структурой «ядро-оболочка», полученных химико-металлургическим методом;
- **представлены** рекомендации по выбору состава металлической фазы и оптимального способа ее осаждения на частицы граната для получения композитных материалов с улучшенными теплофизическими свойствами и повышенной радиационной стойкостью к облучению ускоренными заряженными ионами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для **экспериментальных работ** достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных физических методов исследования, воспроизводимостью экспериментальных результатов, а также их согласием с литературными данными, в том числе, полученными в других научных группах;
- **теория** согласуется с опубликованными работами отечественных и

зарубежных авторов по теме диссертации, а результаты – с данными современной химической литературы, в том числе с профильными журналами международных и отечественных изданий, индексируемых в Web of Science, Scopus и РИНЦ. Рассуждения, приведённые в работе, основаны на базовых понятиях неорганической химии и материаловедения, теории химии твёрдого тела, физической теории процессов спекания и диффузии, данных государственных стандартов, а также достоверно установленных экспериментальных фактах;

– **идея базируется** на анализе литературных данных, посвящённых неорганическим минералоподобным соединениям, способным включать в свой состав катионы-имитаторы радионуклидов, входящих в состав редкоземельно-актинидной фракции ВАО, и способам обращения с минор-актинидами;

– **использованы** современные научные представления о кристаллической структуре, синтезе поликристаллических и керамических материалов, взаимосвязи строения, химического состава и способа получения веществ и их физико-химических свойств;

– **установлено**, что полученные результаты дополняют и расширяют сведения, имеющиеся в научной литературе;

– **использованы** современные методы и представления при уточнении кристаллической структуры веществ, установлении химической и фазовой однородности, исследовании физико-химических свойств материалов.

**Личный вклад соискателя состоит** в планировании экспериментов, в разработке оптимальных режимов синтеза порошков, в проведении характеристики порошков и керамик с использованием метода рентгенофазового анализа и растровой электронной микроскопии, проведении гидrolитических испытаний, обработке, интерпретации и систематизации полученных результатов, участии в подготовке и оформлении публикаций.

**В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критические замечания высказаны не были.** Были заданы вопросы об особенностях синтеза исследуемых соединений, об особенностях формирования твердых растворов, о преимуществах исследуемых соединений по сравнению с другими матрицами, о методах контроля концентраций элементов в водных растворах, о стоимости способа спекания керамик, о влиянии составов матриц на их теплофизические свойства и др.

Соискатель Алексеева Л.С. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, основанную на лично проведенном анализе периодической литературы по исследуемой тематике,

современных методах синтеза и физико-химического исследования неорганических веществ, фундаментальных основах химической науки.

На заседании 02 июня 2026 г. диссертационный совет принял решение: за разработку и комплексное изучение физико-химических свойств сложных оксидов со структурой граната и композитов на их основе различного химического состава, имеющих значение для развития неорганической химии оксидных и минералоподобных материалов, в том числе, в области создания материалов для обращения с фракционированными РАО, **присудить Алексеевой Л.С. ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия (химические науки).**

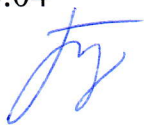
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 19, против – 0, ~~недействительных бюллетеней – 0.~~

Председатель  
диссертационного совета 24.2.340.04  
д.х.н., профессор



 Князев Александр Владимирович

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.2.340.04  
д.х.н., доцент



Буланов Евгений Николаевич

02 июня 2026 г.