

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

УТВЕРЖДАЮ

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

Генеральный директор ФИЦ КНЦ РАН
академик РАН

С.В. Кривовичев

« 06 » октября 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук»**

Диссертация «Разработка способов получения материалов на основе цирконата гадолиния и циркона с применением механоактивированного природного и техногенного минерального сырья» выполнена в лаборатории химии и технологии сырья тугоплавких редких элементов и отделе технологии силикатных материалов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ИХТРЭМС КНЦ РАН).

В период подготовки диссертации Виноградов Владимир Юрьевич работал в должности инженера-исследователя в лаборатории химии и технологии сырья тугоплавких редких элементов и отделе технологии силикатных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН.

В 2020 году Виноградов В.Ю. окончил кафедру «Химии и строительного материаловедения» Апатитского филиала «Мурманского государственного технического университета» по направлению подготовки 04.04.01 «Химия».

В период с 14.09.2020 г. по 13.09.2024 г. Виноградов В.Ю. обучался в аспирантуре при ФИЦ КНЦ РАН по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология», профиль – 2.6.7 «Технология неорганических веществ».

Диплом об окончании аспирантуры по направлению подготовки 18.06.01 «Химические технологии», профиль – 2.6.7 «Технология неорганических веществ» № 105124 1073126 (регистрационный номер 07-186а/24) выдан 28.06.2024 г.

Справка №186.01-05/05 об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана 27.09.2024 г.

Научный руководитель – Калинин Александр Михайлович, доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с исполнением обязанностей по руководству отделом технологии силикатных материалов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (ИХТРЭМС КНЦ РАН).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Оценка выполнения соискателем работы.

Диссертационное исследование Виноградова В.Ю. «Разработка способов получения материалов на основе цирконата гадолиния и циркона с применением механоактивированного природного и техногенного минерального сырья» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной проблемы научно-прикладного характера. Во-первых, разработаны способы синтеза нанокристаллического цирконата гадолиния с применением механоактивации (МА) из смеси оксида гадолиния и оксида циркония, в том числе полученного из бадделеитового концентрата (БК) АО «Ковдорский ГОК», а также из исходного и карбонизированного гидроксидного прекурсора, полученного обратным соосаждением гидроксидов гадолиния и циркония. Во-вторых, разработан способ синтеза церийсодержащего твердого раствора на основе циркона с применением МА смеси реактивов и смеси, содержащей диоксид циркония, полученный из БК АО «Ковдорский ГОК», и диоксид кремния, выделенный из отвального шлака комбината «Печенганикель» Кольской ГМК. Применение МА способствует ускорению кристаллизации функциональных материалов на основе цирконата гадолиния и церийсодержащего твердого раствора на основе циркона с улучшенными физико-химическими характеристиками.

Актуальность темы диссертации заключается в следующем. Несмотря на то, что данные цирконийсодержащие соединения и материалы на их основе имеют множество достоинств, такие факторы, как сложность методов синтеза и доступность исходных компонентов, могут сдерживать их массовое применение. В связи с этим важной задачей является оптимизация существующих и создание новых методов их получения для преодоления указанных трудностей.

Для синтеза цирконийсодержащих соединений с заданными функциональными свойствами применяют как традиционный твердофазный синтез, так и методы «мокрой» химии: гидротермальный синтез, соосаждение, золь-гель метод и другие. Более эффективным и

прогрессивным, с учетом экологических требований, является использование механохимических подходов в сочетании с различными способами консолидации полученных порошков, в частности, методом электроискрового спекания (ЭИС). Такое комбинирование процессов позволяет не только улучшить параметры синтеза (сократить время, температуру, количество этапов термообработки, исключить необходимость утилизации жидкофазных отходов), но и получить нанокристаллические порошки и керамические материалы на их основе с повышенными физико-химическими и механическими характеристиками.

В ИХТРЭМС КНЦ РАН разработаны и продолжают совершенствоваться гидрометаллургические схемы переработки уникального Кольского циркониевого и редкоземельного минерального сырья (бадделеитового, эвдиалитового и др.). Их внедрение позволит получать разнообразные ценные соединения, такие как цирконаты РЗЭ и циркон, на основе «мягких» методов синтеза, в том числе с применением механоактивации (МА). Актуальность работы также обусловлена возможностью использования в качестве прекурсоров промпродуктов и растворов, образующихся на различных стадиях указанных технологических процессов. Это позволит в полной мере реализовать преимущества комплексного подхода к освоению минеральных богатств Мурманской области в рамках перспективного Кольского химико-технологического кластера.

2. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.

Все эксперименты выполнены автором лично или при его непосредственном участии. Автор принимал участие в постановке задач исследования, обосновании методических подходов, планировании экспериментов, проведении анализа полученных данных и подготовке публикаций по теме диссертации.

3. Степень достоверности результатов и проведенных исследований.

Достоверность представленных в диссертации результатов обеспечивается корректным использованием современных методик и методов исследования, применением статистической обработки данных, их воспроизводимостью, а также согласованностью результатов, полученных независимыми методами. Для решения поставленных задач применялись: рентгенофазовый (РФА), термогравиметрический и дифференциально-термический анализ, ИК-спектроскопия, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия (СЭМ и ПЭМ), определение удельной поверхности методом низкотемпературной адсорбции азота (БЭТ) и плотности керамики методом гидростатического взвешивания. Содержание углерода определялось с помощью анализатора ELTRA CS-2000. В работе проведены эксперименты по МА, ЭИС,

прессованию и свободному спеканию цирконийсодержащих композиций на основе $Gd_2Zr_2O_7$ и $Ce-ZrSiO_4$. Микротвердость керамик $Gd_2Zr_2O_7$ определяли методом сравнительной склерометрии, а механические свойства определяли контактным методом. Степень иммобилизации и скорость выщелачивания Ce из керамик $Ce-ZrSiO_4$ определяли согласно ГОСТ 52126-2003. Математическая обработка данных осуществлялась в программе Microsoft Excel и Origin, для построения графиков использовались программы CorelDRAW и Origin.

Основные результаты исследований, приведённые в диссертационной работе, были представлены на российских и международных научных конференциях: XII и XIII Межрегиональных и XIV, XV, XVI, XVII и XVIII Всероссийских научно-технической конференции молодых ученых, специалистов и студентов ВУЗов: «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий» (Апатиты, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024), Всероссийской конференции с международным участием «Химия твердого тела и функциональные материалы» и XII Всероссийском симпозиуме с международным участием «Термодинамика и материаловедение» (Санкт-Петербург, 2018), XXI Менделеевском съезде по общей и прикладной химии (Санкт-Петербург, 2019), IV Конференции и Школе для молодых ученых «Терморентгенография и рентгенография наноматериалов» (Санкт-Петербург, 2020), Втором международном симпозиуме «Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства» (ISCHEM-2021) (Санкт-Петербург, 2021), VII Всероссийском молодежном научном форуме «Наука будущего – наука молодых» (НБНМ-2022) (Новосибирск, 2022), XIX Российской ежегодной конференции молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов» (Москва, 2022), VI Международной конференции «Фундаментальные основы механохимических технологий» (FBMT-2022) (Новосибирск, 2022), II Международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение» (РЕДМЕТ-2022) (Москва, 2022), XV Симпозиуме с международным участием «Термодинамика и материаловедение» (Новосибирск, 2023), X Всероссийской конференции (с международным участием), «Высокотемпературная химия оксидных систем и материалов» (Санкт-Петербург, 2023), XXVII Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, 2024), IV Международной конференции «Горячие точки химии твердого тела: ориентированные фундаментальные исследования» (HTSSC-2024) (Новосибирск, 2024), XIII Всероссийской конференции с международным участием «Химия твёрдого тела и функциональные

материалы – 2024» (Санкт-Петербург, 2024), XV Конференции молодых учёных по общей и неорганической химии (Москва, 2025).

4. Новизна и практическая значимость результатов проведенных исследований.

Научная новизна исследования заключается в получении следующих результатов:

1. Впервые показано, что нанокристаллический $Gd_2Zr_2O_7$ может быть синтезирован твердофазным способом: нагреванием при температуре 1100-1200 °С в течение 3 ч стехиометрической МА-смеси оксидов гадолиния и циркония.

2. Новыми являются результаты исследования влияния МА и карбонизации прекурсора, полученного путем совместного осаждения гидроксидов циркония и гадолиния, на фазообразование при его последующем прокаливании с целью определения оптимальных условий, обеспечивающих получение нанокристаллического $Gd_2Zr_2O_7$.

3. Впервые проведено сравнительное исследование микроструктуры и механических свойств керамик цирконата гадолиния, полученных методом ЭИС из гидроксидных прекурсоров, синтезированных без и с использованием МА. Установлено, что применение МА гидроксидного прекурсора позволяет повысить микротвердость, модуль Юнга, а также плотность получаемых керамик до значения, близкого к теоретическому.

4. Новыми являются результаты исследования фазообразования при термической обработке МА-смесей оксидов циркония, кремния и церия в интервале температур 1100-1500 °С. Предложен новый метод синтеза церийсодержащих твердых растворов на основе циркона твердофазным методом с применением МА, который позволяет повысить степень иммобилизации церия до 6,4 ат.%. На примере прокаленных смесей оксидов циркония, кремния и церия разработан метод количественного анализа фаз по валовому составу системы и параметрам решетки компонентов, полученных на основе данных рентгеновской дифракции, с применением правила Вегарда.

Практическая значимость исследования заключается в следующем:

1. Результаты изучения фазовых и структурных превращений механоактивированных композиций на основе оксидов и гидроксидов циркония и гадолиния, оксидов кремния и церия в широком интервале температур (от комнатной до 1500 °С) вносят вклад в понимание процессов, протекающих при получении функциональных материалов на основе цирконатов РЗЭ и циркона.

2. Прокаливанием стехиометрической МА-смеси Gd_2O_3 и ZrO_2 , полученного из БК АО «Ковдорский ГОК», синтезирован цирконат гадолиния $Gd_2Zr_2O_7$. По сравнению с традиционным твердофазным методом за счет применения МА достигнуто существенное

снижение температуры прокаливания (на 300-500 °С) и его длительности (более чем на порядок), что позволило получить $Gd_2Zr_2O_7$ со структурой флюорита в нанокристаллическом виде.

3. Определены оптимальные условия синтеза нанокристаллического порошка $Gd_2Zr_2O_7$ на основе гидроксидного прекурсора. Методом ЭИС при 1300 и 1550 °С получена нанокристаллическая керамика $Gd_2Zr_2O_7$ с плотностью 91-99% от теоретической и микротвёрдостью (6-15 ГПа). Установлено, что МА гидроксидного прекурсора повышает плотность, микротвердость и модуль Юнга керамики.

4. Разработан и запатентован твердофазный способ получения Се-содержащих твердых растворов на основе циркония с применением МА. Данный способ позволяет повысить степень иммобилизации церия в цирконовой матрице с 5,0 до 6,4 ат.% при пониженных (на 200-400 °С) температурах и меньшей (в 20 раз) продолжительности термической обработки в сравнении с традиционным твердофазным методом. Показано, что твердые растворы $(Ce,Zr)SiO_4$ с высоким выходом (~90%) можно получать с применением ZrO_2 , выделенного из БК АО «Ковдорский ГОК», и микрокремнезема

5. Ценность научных работ соискателя.

Научные работы соискателя, опубликованные в отечественных и зарубежных журналах, рекомендованных ВАК РФ, отражают основное содержание и результаты диссертационного исследования. Результаты выполненного автором научного исследования позволяют заключить, для синтеза нанокристаллического $Gd_2Zr_2O_7$ следует применять прокаливание следующих прекурсоров, приготовленных с применением МА: смесь оксида гадолиния и оксида циркония, в том числе полученного из БК АО «Ковдорский ГОК»; исходные и карбонизированные совместно осажденные гидроксиды гадолиния и циркония.

Прокаливание смеси Gd_2O_3 и ZrO_2 , в том числе диоксида циркония, полученного из БК, механоактивированной в ЦПМ АГО-2 в течение 10 мин, позволило снизить температуру синтеза цирконата гадолиния на 300-500 °С и его продолжительность более чем в 10 раз по сравнению с традиционным твердофазным методом. В результате впервые твердофазным методом получен нанокристаллический $Gd_2Zr_2O_7$ со структурой флюорита.

Применение МА гидроксидного прекурсора $Gd_2Zr_2O_7$ в ЦПМ АГО-2 способствует ускоренной кристаллизации нанокристаллического цирконата гадолиния при последующем отжиге в диапазоне 1100-1200 °С в течение 3 ч. Предварительная МА гидроксидного прекурсора позволяет получить при последующем прокаливании высокодисперсные порошки $Gd_2Zr_2O_7$, удельная поверхность которых в 5-7 раз превышает

такую для порошков, синтезированных без МА. Данный эффект обусловлен достижением высокой степени гомогенизации прекурсора в процессе МА, что приводит к более равномерной кристаллизации $Gd_2Zr_2O_7$ при термообработке.

Исследования по насыщению водной суспензии гидроксидного прекурсора углекислым газом показали, что гидроксид Gd при карбонизации переходит в $Gd_2(CO_3)_3 \cdot nH_2O$, двойные карбонаты гадолиния и циркония при этом не образуются. Происходящее в ходе карбонизации прекурсора разделение Gd и Zr приводит к неполному синтезу $Gd_2Zr_2O_7$ при последующем прокаливании. Термообработка исходного и механоактивированного карбонизированного прекурсоров позволяет получить фазово-чистый нанокристаллический цирконат гадолиния.

Методом ЭИС при 1300 и 1550 °C получена нанокристаллическая керамика $Gd_2Zr_2O_7$ из порошков цирконата гадолиния, синтезированных из гидроксидного прекурсора как с применением МА, так и без нее. Изучена микроструктура и механические характеристики керамики. Установлено, что МА прекурсора значительно улучшает механические свойства керамики: для образцов из МА-прекурсора микротвердость составила – 9-15 ГПа, модуль Юнга – 261-298 ГПа, относительная плотность керамики – 91-99%.

Исследовано фазообразование при прокаливании в области температур 1200-1500 °C смеси оксидов реактивной чистоты ($SiO_2 \cdot nH_2O + ZrO_2 + CeO_2$), механоактивированной в ЦПМ АГО-2. Установлено, что применение МА смеси оксидов в течение 10 мин позволяет снизить температуру синтеза твердых растворов $(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4$ на 200-400 °C и сократить время синтеза в 20 раз по сравнению с традиционным твердофазным методом. Степень иммобилизации Ce как аналога Pu при этом возрастает с 5,0 до 6,4 ат.%, а скорость выщелачивания Ce из полученных керамик соответствует требованиям ГОСТ Р 50926-96 для РАО. Разработан метод количественного фазового анализа прокаленных образцов, основанный на составе шихты, параметрах решеток твердых растворов и правиле Вегарда. Согласование этих результатов с расчетами по методу Ритвельда подтверждает возможность их совместного использования для более точного рентгенофазового анализа.

Показана возможность использования диоксида циркония, полученного из БК ОАО «Ковдорский ГОК», и диоксида кремния, выделенного из отвального шлака комбината «Печенганикель» Кольской ГМК, для получения предложенным методом циркона и твердых растворов $(Zr_{1-x}Ce_x)SiO_4$ с повышенным содержанием Ce (до 5,5 ат.%).

6. Специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертационная работа соответствует пункту № 3 направления исследований «Механические процессы изменения состояния, свойств и формы сырья материалов и компонентов в неорганических технологических процессах», пункту №4 направления исследований «Способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты» и пункту № 6 направления исследований «Свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико–технологическими процессами и производствами».

7. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Результаты исследований опубликованы в работах [1-25]: в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, а также рекомендованных ВАК для публикации основных результатов кандидатских и докторских диссертаций, опубликованы работы [1-6]; в изданиях, индексируемых в РИНЦ [7-25]; получено два патента на изобретение [26-27].

1. Kalinkin A.M., Vinogradov V.Yu., Kalinkina E.V., Nevedomskii V.N. Preparation of nanocrystalline $Gd_2Zr_2O_7$ from mechanically activated coprecipitated precursor // Chemical Papers. – 2019. – V. 74. – P. 1161-1170.

2. Калинин А.М., Виноградов В.Ю., Калинкина Е.В. Твердофазный синтез нанокристаллического цирконата гадолиния с применением механоактивации // Неорганические материалы. – 2021. – Т. 57. – №2. – С. 189-196.

3. Vinogradov V.Yu., Kalinkin A.M. Effect of Carbonization and Mechanical Activation of Coprecipitated Gadolinium and Zirconium Hydroxides on the Synthesis of $Gd_2Zr_2O_7$ // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2022. – V. 15. – № 2. – P. 161-169.

4. Виноградов В.Ю., Касиков А.Г., Калинин А.М. Получение циркона на основе сырья Кольского полуострова с применением механоактивации // Химическая технология. – 2024. – Т. 25. – №8. – С. 301-307.

5. Kalinkin A.M., Vinogradov V.Yu. Solid state synthesis of Ce-doped zircon from the mechanically activated $CeO_2-ZrO_2-SiO_2$ mixture // Journal of Nuclear Materials. – 2024. – V. 601. – P. 155350.

6. **Vinogradov V.Yu., Kasikov A.G., Kalinkin A.M.** Preparation of Zircon on the Basis of Raw Materials of the Kola Peninsula using Mechanical Activation // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2025. – V. 59. – P. 133-138.
7. **Виноградов В.Ю.** Твердофазный синтез $Gd_2Zr_2O_7$ с применением механоактивации // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. – 2018. – Т. 9. – № 6. – С. 39-41.
8. Синтез нанокристаллических цирконатов редкоземельных элементов с применением механохимических подходов / А.М. Калинин, **В.Ю. Виноградов**, Е.В. Калинкина, И.А. Зверева, В.Н. Неведомский // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Химия твердого тела и функциональные материалы» и XII Всероссийского симпозиума с международным участием «Термодинамика и материаловедение», Санкт-Петербург, 21–27 мая 2018. – С. 69.
9. **Виноградов В.Ю.** Синтез $Gd_2Zr_2O_7$ из гидроксидного прекурсора с применением механоактивации // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. – 2019. – Т. 10. – № 1–3. – С. 57-59.
10. Kalinkina E.V., Kalinkin A.M., **Vinogradov V.Yu.** Obtaining of nanocrystalline gadolinium zirconate with the application of mechanical activation // XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. Book of abstracts in 6 volumes. – 2019. – P. 169.
11. **Vinogradov V.Yu., Kalinkin A.M., Kalinkina E.V.** Synthesis of nanocrystalline $Gd_2Zr_2O_7$ using mechanical activation // Non-Ambient Diffraction and Nanomaterials (NAMD-4). Book of abstracts IV Conference and School for Young Scientists (Saint-Petersburg). – 2020. – P. 87.
12. **Виноградов В.Ю., Калинин А.М., Кузнецов В.Я.** Применение механоактивации для получения церий-содержащих твёрдых растворов на основе циркона // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. – 2021. – Т. 12. – В. 5. – № 2. – С. 66-71.
13. **Виноградов В.Ю., Кузнецов В.Я., Калинин А.М.** Синтез Се-содержащих твёрдых растворов на основе $ZrSiO_4$ с применением механоактивации // Второй международный симпозиум «Химия для биологии, медицины, экологии и сельского хозяйства», посвященный 100-летию со дня рождения академика М.Г. Воронкова: Сборник тезисов докладов, г. Санкт-Петербург, 6 – 8 декабря 2021 г. – СПб: ООО «Издательство ЛЕМА». – 2021. – С 58-59.
14. **Виноградов В.Ю., Калинин А.М.** Расчёт состава композиции циркон – оксид церия на основе данных рентгеновской дифракции // Труды Кольского научного

центра РАН. Серия: Технические науки. Химические технологии, науки о материалах, металлургия. – 2022. – Т. 13. – В. 6. – № 1. – С. 58-63.

15. **Виноградов В.Ю.** Механохимический синтез и количественный расчёт состава композиции циркон – оксид церия // Сборник тезисов докладов участников седьмого Всероссийского молодежного научного форума «Наука будущего – наука молодых». – Новосибирск. – 2022. – С. 305.

16. **Виноградов В.Ю.** Твердые растворы $(Zr_{1-x}, Ce_x)SiO_4$ ($x=0,05$) – получение с применением механоактивации и перспективы использования для иммобилизации радиоактивных отходов // XIX Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико–химия и технология неорганических материалов». Москва. 18 – 21 октября 2022 г. / Сборник трудов. – М.: ИМЕТ РАН. – 2022. – С. 117-119.

17. **Vinogradov V.Yu., Kalinkin A.M.** Synthesis of Ce-containing solid solutions based on zircon using mechanical activation // The Book of Abstract of the VI International Conference “Fundamental Bases of Mechanochemical Technologies”. November 21 – 24, 2022, Novosibirsk, Russia. – Novosibirsk: ISSCM SB RAS. – 2022. – P. 99.

18. **Виноградов В.Ю., Калинин А.М.** Синтез твердых растворов $(Zr_{1-x}, Ce_x)SiO_4$ с применением механоактивации и определение их состава по данным рентгеновской дифракции // II Международная научно–практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение», посвященная памяти академика Н.П. Сажина (РедМет–2022): Сборник тезисов. Москва. 23 – 25 ноября 2022 г. – Москва: АО «Гиредмет». – 2022. – С. 37-39.

19. **Виноградов В.Ю., Калинин А.М.** Влияние состава шихты и температуры на синтез твердых растворов в системе $SiO_2-ZrO_2-CeO_2$ с применением механоактивации // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2023. – Т. 14. – № 5. – С. 24-28.

20. **Виноградов В.Ю., Калинин А.М.** Циркон как матрица для иммобилизации радиоактивных отходов – получение с применением механоактивации // X Всероссийская конференция (с международным участием), «Высокотемпературная химия оксидных систем и материалов»: Сборник тезисов докладов, г. Санкт–Петербург, 25 – 28 сентября 2023 г. – СПб.: ООО «Издательство «ЛЕМА». – 2023. – С. 157-158.

21. **Виноградов В.Ю., Калинин А.М.** Определение оптимальных условий синтеза твердых растворов на основе циркона, содержащих церий, с применением механоактивации // XXVII Всероссийская конференция молодых учёных–химиков (с

международным участием): тезисы докладов (Нижний Новгород, 16 – 18 апреля 2024 г.). Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Лобачевского. – 2024. – С. 363.

22. **Виноградов В.Ю.,** Калинин А.М. Цирконий содержащие функциональные материалы на основе природного и техногенного минерального сырья Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2024. – Т. 15. – № 1. – С. 111-118.

23. **Vinogradov V.Yu.,** Kalinkin A.M. Application of natural and technogenic mineral raw materials of the Kola peninsula for synthesis of cerium-containing zircon using mechanical activation // Горячие точки химии твердого тела: ориентированные фундаментальные исследования: IV Междунар. конф., посвящ. 80-летию Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (2 – 4 июля 2024 г., Новосибирск, Академгородок): тез. докл. / Ин-т химии тв. тела и механохимии СО РАН. – Новосибирск. – 2024. – С. 181.

24. Использование электроискрового спекания для получения керамики на основе цирконата гадолиния, синтезированного методом соосаждения гидроксидов с применением механоактивации / **В.Ю. Виноградов,** Д.В. Дудина, М.А. Есиков, О.Б. Щербина, В.В. Ефремов, А.М. Калинин // Сборник тезисов XIII Всероссийской конференции с международным участием "Химия твердого тела и функциональные материалы – 2024". 16 – 20 сентября 2024 года. – СПб.: Типография «НОВЫТХИМ». – 2024. – С. 437.

25. **Виноградов В.Ю.,** Калинин А.М. Исследование иммобилизационных характеристик церийсодержащих керамик на основе циркона // XV Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии: Тезисы докладов конференции. – Москва. – 2025. – С. 15.

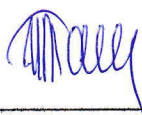
26. Пат. 2776896 РФ, МПК C01G 25/00 (2006.01). Способ получения циркона, содержащего изоморфные примеси / Калинин А.М., **Виноградов В.Ю.;** Федер. гос. бюджетное учреждение науки Федер. исследоват. центр «Кольский научный центр РАН» (ФИЦ КНЦ РАН). – № 2022106006; заявл. 04.03.22; опубл. 28.07.22, Бюл. № 22.

27. Пат. 2845070 РФ, МПК C01G 25/00 (2006.01), C01B 33/00 (2006.01), C01F 17/00 (2006.01). Способ получения циркона, содержащего изоморфную примесь церия / Виноградов В.Ю., Калинин А.М.; Виноградов В.Ю., Калинин А.М. – заявл. № 2024128013 от 23.09.2024; опубл. 13.08.2025, Бюл. № 23.

Рецензенты Кузьмич Юрий Васильевич, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ИХТРЭМС КНЦ РАН и Скиба Галина Степановна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией ИХТРЭМС КНЦ РАН представили положительные отзывы.

Диссертация «Разработка способов получения материалов на основе цирконата гадолиния и циркона с применением механоактивированного природного и техногенного минерального сырья» Виноградова Владимира Юрьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ».

Заключение принято на заседании Учёного совета Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук». Присутствовало на заседании 18 членов Ученого совета. Результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 10 от 6 июня 2025 г.



Тананаев Иван Гундарович, доктор химических наук, академик Российской академии наук, директор Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

184209, Россия, Мурманская область, г. Апатиты, Академгородок мкр., д. 26А.

Тел.: (815-55)7-52-95, (815-55)79-5-49. Факс: (815-55)6-16-58.

E-mail: chemi-office@ksc.ru

Подпись Тананаева Ивана Гундаровича, доктора химических наук, академика Российской академии наук, директора ИХТРЭМС КНЦ РАН, заверяю

Учёный секретарь ИХТРЭМС КНЦ РАН, к.т.н.



/ Васильева Татьяна Николаевна /

