

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.4.01.01
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «27» февраля 2025 г. № 2

о присуждении **Андрееву Роману Дмитриевичу**, гражданство Российской Федерации, учёной степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Физико-химические свойства гексагональных перовскитоподобных сложных оксидов на основе $\text{Ba}_5\text{In}_2\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ и $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$** » по специальности **1.4.4. Физическая химия** принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.4.01.01 09 января 2025 г. протокол № 1.

Соискатель **Андреев Роман Дмитриевич**, 1997 года рождения, в 2020 г. окончил ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия; в 2024 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (Физическая химия); работает в должности инженера и ассистента (по совместительству) кафедры физической и неорганической химии Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург).

Диссертация выполнена на кафедре физической и неорганической химии Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент **Анимица Ирина Евгеньевна**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт естественных наук и математики, кафедра физической и неорганической химии, профессор.

Официальные оппоненты:

Осинкин Денис Алексеевич, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория кинетики, заведующий;

Пономарева Валентина Георгиевна, доктор химических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твёрдого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск), лаборатория ионики твёрдого тела, ведущий научный сотрудник;

Липина Ольга Андреевна, кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твёрдого тела Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория структурного и фазового анализа, старший научный сотрудник дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации – 12 работ, из них 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определённых ВАК РФ и Аттестационным советом и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и WoS, а также 1 патент РФ. Общий объём опубликованных работ по теме диссертации 7.67 п.л. / 5.55 п.л. – авторский вклад.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определённых ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1. **Andreev, R.** Proton and oxygen-ion conductivities of hexagonal perovskite $\text{Ba}_5\text{In}_2\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ / **R. Andreev**, D. Korona, I. Anokhina [et al.] // Materials. – 2022. – V. 15, № 11. – 3944. – 1.08 п.л./0.82 п.л. (Scopus, Web of Science).

2. **Andreev, R.D.** Transport properties of In^{3+} -and Y^{3+} -doped hexagonal perovskite $\text{Ba}_5\text{In}_2\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ / **R.D. Andreev**, D.V. Korona, I.A. Anokhina [et al.] // Russian Journal of Electrochemistry. – 2023. – V. 59, № 3. – 190–203. – 1.10 п.л./0.88

п.л. (Scopus, Web of Science).

3. **Andreev, R.** Transport properties of intergrowth structures $\text{Ba}_5\text{In}_2\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ and $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$ / **R. Andreev, I. Animitsa** // *Applied Sciences*. – 2023. – V. 13, № 6. – 3978. – 1.16 п.л./0.83 п.л. (Scopus, Web of Science).

4. **Andreev, R.D.** Protonic transport in the novel complex oxide $\text{Ba}_5\text{Y}_{0.5}\text{In}_{1.5}\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ / **R.D. Andreev, I.E. Animitsa** // *Ionics*. – 2023. – V. 29, № 11. – 4647–4658. – 1.21 п.л./0.80 п.л. (Scopus, Web of Science).

5. **Andreev, R.D.** Protonic ceramics $\text{Ba}_5\text{In}_{2-x}\text{Y}_x\text{Al}_2\text{ZrO}_{13}$ with the perovskite-related hexagonal structure for solid oxide fuel cells: synthesis, optical band gap and transport properties / **R.D. Andreev, D.V. Korona, M.I. Vlasov** [et al.] // *Ceramics International*. – 2024. – V. 50, № 20. – 40306–40320. – 1.51 п.л./1.04 п.л. (Scopus, Web of Science).

6. **Andreev, R.** Novel proton-conducting hexagonal perovskites $\text{Ba}_7\text{In}_{6-x}\text{Y}_x\text{Al}_2\text{O}_{19}$ for solid oxide fuel cells / **R. Andreev, I. Animitsa** // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2024. – V. 1008. – 176582. – 1.18 п.л./0.84 п.л. (Scopus, Web of Science).

Патенты:

7. Патент № 2807675 Российская Федерация, МПК H01M 8/1246 (2016.01), C04B 35/01 (2006.01). Твердооксидный электролитный материал с протонной проводимостью на основе алюмо-индата бария : 2023121850 : заявл. 22.08.2023: опубл. 21.11.2023 / Анимитца И. Е., **Андреев Р. Д.**, Корона Д. В., Тарасова Н. А.; заявитель ФГБУН ИВТЭ УрО РАН. – 11 с.

На автореферат поступило 4 положительных отзыва: от главного научного сотрудника лаборатории керамического материаловедения Института химии – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Коми научный центр УрО РАН», д.х.н., доцента **Пийр Ирины Вадимовны**, г. Сыктывкар; ведущего научного сотрудника лаборатории статистики и кинетики процессов ФГБУН Институт металлургии имени академика Н.А. Ватолина УрО РАН, д.х.н., с.н.с. **Коньшевой Елены Юрьевны**, г. Екатеринбург; профессора кафедры химии твёрдого тела и нанопроцессов ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», д.ф.-

м.н., профессора **Бурмистрова Владимира Александровича** и доцента кафедры химии твёрдого тела и нанопроцессов ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», к.х.н. **Коваленко Лилии Юрьевны** (г. Челябинск); ведущего научного сотрудника Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии РАН, к.х.н. **Лыскова Николая Викторовича**, г. Черноголовка.

Отзывы содержат следующие критические замечания и вопросы: о выборе значения температуры при изучении устойчивости образцов к действию оксида углерода (IV); о энергетической неравнозначности гидроксильных групп в исследованных образцах; о вкладе протонного переноса в матричных соединениях (Пийр И.В.); о протяжённости областей гомогенности изученных твёрдых растворов; о стабильности полученных материалов по отношению к молекулярному водороду (Коньшева Е.Ю.); о немонотонном изменении значений энергии активации от состава твёрдого раствора (Бурмистров В.А., Коваленко Л.Ю.); о выборе в качестве допанта катиона иттрия; о немонотонном характере проводимости от состава твёрдого раствора $Ba_5In_{2-x}Y_xAl_2ZrO_{13}$ в атмосфере сухого воздуха (Лысков Н.В.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается компетентностью Осинкина Д.А., Пономаревой В.Г. и Липиной О.А. в области физической химии, а именно их научными достижениями при изучении физико-химических, в том числе транспортных, свойств сложнооксидных материалов, что подтверждается публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени кандидата химических наук соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований, содержится решение задачи по установлению влияния природы допанта на кристаллохимические характеристики и транспортные свойства перовскитоподобных сложных оксидов со структурой когерентного срастания, что вносит вклад в развитие

физической химии и химии твёрдого тела.

Диссертация представляет собой целостное самостоятельное законченное исследование и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку.

Положения, выносимые на защиту, содержат **новые научные результаты**:

– Впервые установлены границы областей гомогенности и определены структурные параметры твёрдых растворов $Ba_5In_{2-x}Y_xAl_2ZrO_{13}$ ($0 \leq x \leq 0,5$), $Ba_5In_{2+x}Al_2Zr_{1-x}O_{13-x/2}$ ($0 \leq x \leq 0,15$) и $Ba_7In_{6-x}Y_xAl_2O_{19}$ ($0 \leq x \leq 0,25$).

Доказана химическая стабильность полученных материалов по отношению к парам воды и оксиду углерода (IV).

– Установлено, что увеличение количества инкорпорируемой воды обусловлено как увеличением основных свойств оксидных материалов, так и возрастанием кислородного разупорядочения.

– Установлено, что водород, инкорпорированный в решётку путём гидратации, локализован на кристаллографически неэквивалентных ионах кислорода, образуя энергетически неэквивалентные гидроксильные группы.

– Выявлено, что в атмосферах с низкой влажностью при температуре ниже $500\text{ }^\circ\text{C}$ $Ba_5In_{2-x}Y_xAl_2ZrO_{13}$ и $Ba_7In_{6-x}Y_xAl_2O_{19}$ являются преимущественно кислород-ионными проводниками. В атмосферах с повышенной влажностью при температуре ниже $500\text{ }^\circ\text{C}$ все вещества характеризовались преобладанием протонного переноса.

– Определены закономерности влияния природы допантов и структурных блоков на транспортные свойства сложных оксидов со структурой когерентного срастания. Увеличению кислород-ионного и протонного транспорта способствует повышение объёма и свободного объёма элементарной ячейки, а также повышение степени ионности связи металл–кислород.

Научные результаты могут быть использованы для разработки твёрдооксидных электролитов для топливных элементов.

На заседании 27 февраля 2025 г. диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 принял решение присудить **Андрееву Р.Д.** учёную степень кандидата **химических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета УрФУ 1.4.01.01



Черепанов
Владимир Александрович

Учёный секретарь диссертационного
совета УрФУ 1.4.01.01

Аксенова
Татьяна Владимировна

27.02.2025