ПРОТОКОЛ № 13

заседания диссертационного совета 24.1.045.01
на базе ФГБУН Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (ИВТЭ УрО РАН)

от 21 октября 2026 г.

Председатель заседания – член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор Зайков Ю.П., председатель диссертационного совета.

Ученый секретарь – кандидат химических наук Кулик Н.П.

ПРИСУТСТВОВАЛИ ОЧНО:

№	Фамилия, имя, отчество	Ученое звание, степень	Шифр специальности
1.	Зайков Юрий Павлович	Член-корр. РАН, профессор, д. хим. наук,	2.6.9.
2.	Ткачева Ольга Юрьевна	д. хим. наук	1.4.4.
3.	Кулик Нина Павловна	к. хим. наук	1.4.4.
4.	Архипов Павел Александрович	с.н.с., д. хим. наук	2.6.9.
5.	Галашев Александр Евгеньевич	с.н.с., д. физ.-мат. наук	1.4.4.
6.	Закирьянова Ирина Дмитриевна	доцент, д. хим. наук	1.4.4.
7.	Елшина Людмила Августовна	д. хим. наук	2.6.9.
8.	Медведев Дмитрий Андреевич	д. хим. наук	1.4.6.
9.	Осинкин Денис Алексеевич	д. хим. наук	2.6.9
10.	Потапов Алексей Михайлович	доцент, д. техн. наук	2.6.9.
11.	Смоленский Валерий Владимирович	д. хим. наук	1.4.6.
12.	Суздальцев Андрей Викторович	д. хим. наук	2.6.9
13.	Тарасова Наталия Александровна	доцент, д. хим. наук	1.4.6.
14.	Филатов Евгений Сергеевич	с. н. с., д. хим. наук	2.6.9.
15.	Хохлов Владимир Антонович	профессор, д. хим. наук	1.4.4.

УЧАСТВОВАЛИ В ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ:

№	Фамилия, имя, отчество	Ученое звание, степень	Шифр специальности
16.	Анимица Ирина Евгеньевна	доцент, д. хим. наук	1.4.4.
17.	Дунюшкина Лилия Адибовна	д. хим. наук	1.4.6.
18.	Зуев Андрей Юрьевич	доцент, д. хим. наук	1.4.4.
19.	Останина Татьяна николаевна	профессор, д. хим. наук	1.4.6.
20.	Ребрин Олег Иринархович	профессор, д. хим. наук	1.4.6.
21.	Черепанов Владимир Александрович	профессор, д. хим. наук	1.4.4.

Всего: 21 человек из 25 членов совета

СЛУШАЛИ Осинкина Д.А. о диссертационной работе Гордеевой Марии Андреевны на тему «Сложные оксиды на основе феррита бария как электродные материалы для протонно-керамических электрохимических ячеек».

Работа выполнена в лаборатории электрохимических устройств на твердооксидных протонных электролитах ИВТЭ УрО РАН и представлена на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия. Научный руководитель: заведующий этой лабораторией доктор химических наук Медведев Дмитрий Андреевич.

Комиссия в составе членов диссертационного совета Осинкина Дениса Алексеевича, Дунюшкиной Лилии Адибовны и Зуева Андрея Юрьеви ознакомилась с диссертационной работой и считает:

1. Работа соответствует профилю диссертационного совета, паспорту и отрасли заявленной специальности 1.4.6. Электрохимия, химические науки. Направления научного исследования соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 1.4.6. «Электрохимия»: п. 1. «Термодинамические и транспортные свойства твердых ионпроводящих систем» – сложных оксидов на основе феррита бария; п. 10 «Электрохимическая генерация энергии» с помощью твердооксидных и протонно-керамических топливных элементов; «оптимизация электродных материалов и мембран», изготовленных из допированных ферритов бария.

2. Личный вклад автора заключается в непосредственном участии в процессе синтеза материалов, подготовке и аттестации образцов для исследований, разработке экспериментальных методик и получении, обработке, анализе и обобщении результатов экспериментов. Автор также принимал активное участие в подготовке публикаций по теме диссертации.

3. Результаты диссертации достаточно полно отражены в 25 публикациях, в том числе в 10 статьях в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science и 15 публикациях в материалах конференций.

4. Апробация полученных результатов состоялась на 15 научных конференциях в Екатеринбурге, Москве, Нальчике и Сочи.

5. Диссертационная работа представляет завершенное исследование. Оригинальность текста диссертации была определена с помощью системы «РУКОНТЕКСТ» (дата обращения 13.10.2026 г.) и составляет 97,9 %. На корректное цитирование работ приходится 0,75%. Обнаруженные заимствования составили: 1,35 % – это преимущественно часто употребляемые во введениях диссертаций формулировки, общепринятые термины в области физической химии и электрохимии, а также устоявшиеся выражения. Действующая ссылка на результат проверки:
(https://text.rucont.ru/History/ReviewItem?h=BAA9D5D253E79BF7CF7D4F62BDF6C8AB).

6. Научная новизна и теоретическая значимость диссертационной работы заключаются в следующем:

- Впервые проведено систематическое исследование влияния природы лантаноида (Ln = La, Pr, Nd) и его концентрации (x = 0,4; 0,5; 0,6) на фазовую стабильность, термомеханическое поведение и электрохимические свойства электродных

материалов $Ba_{1-x}Ln_xFeO_{3-\delta}$. Установлено, что увеличение содержания лантаноида стабилизирует кубическую структуру перовскита, приводит к снижению химического расширения и поляризационного сопротивления. Введение празеодима обеспечивает наименьшие значения ТКЛР, а замещение бария на лантан – максимальную электропроводность, что создает теоретическую основу для направленного выбора электродных составов для их последующего применения в электрохимических ячейках.

- Показано, что ферриты $Ba_{1-x}Ln_xFeO_{3-\delta}$ обладают ограниченной устойчивостью в восстановительных атмосферах из-за восстановления катионов с переменной степенью окисления и образования примесных фаз. Установлено, что тип и концентрация лантаноида влияют на устойчивость исследуемых ферритов: замещение бария лантаном и неодимом и увеличение их концентрации обеспечивают более высокую стабильность по сравнению с Pr-содержащими системами.
- Впервые на примере выбранной матрицы $Pr_{0,6}Ba_{0,4}FeO_{3-\delta}$ (PBF) исследовано влияние замещения 10 мол. % железа катионами других 3d-металлов (Ni, Co и Cu), а также катионного дефицита в А-подрешетке на комплекс физико-химических и электрохимических свойств получаемых материалов. Установлено, что замещение железа катионами переходных металлов слабо влияет на общую электропроводность сложных оксидов, однако приводит к значительному снижению поляризационного сопротивления электродов в ряду PBF→PBFCo→PBFNi→PBFCu. Катионный дефицит в подрешетке А (9 мол. %) практически не влияет на электрохимическое поведение электрода.
- На основе данных по электрохимическому натеканию кислорода с использованием трехслойных керамических мембран проведена оценка амбиполярной (кислород-ионной) проводимости для ряда модифицированных ферритов $Pr_{0,6}Ba_{0,4}Fe_{0,9}M_{0,1}O_{3-\delta}$. Показано, что ионная проводимость снижается в ряду PBFCu≈PBFNi→PBFCo, что коррелирует с данными по электрохимической активности электродов. Мембрана на основе базового состава PBF сохраняет фазовую и микроструктурную стабильность в атмосфере чистого CO_2 при 800 °C, а также демонстрирует высокие значения удельного потока кислорода, что доказывает применимость данного класса ферритов для электрохимических мембранных реакторов, работающих в атмосфере углекислого газа.

7. Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

- Проведена последовательная химическая модификация $BaFeO_3$ путем частичного замещения бария лантаноидами (Ln = La, Pr, Nd), частичного замещения железа катионами с переменной степенью окисления (Ni, Co, Cu), а также создания дефицита по А-подрешетке, анализ результатов которой формирует методологическую основу для направленной разработки электродных материалов с заданным набором целевых характеристик.

- Получены достоверные данные по термическому расширению (включая химическую компоненту) для широкого набора составов $Ba_{1-x}Ln_xFeO_{3-\delta}$ в окислительной, инертной и восстановительной атмосферах, которые представляют собой практическую базу для подбора термомеханически совместимых пар «электрод – электролит» при проектировании многослойных электрохимических устройств (ТОТЭ, ПКТЭ, кислородных мембран).
- Предложены составы эффективных воздушных электродов на основе феррита бария для протонно-керамических электрохимических ячеек.
- Подтверждена стабильность материала $Pr_{0,6}Ba_{0,4}FeO_{3-\delta}$ в атмосфере углекислого газа при 800 °С (отсутствие карбонизации) и возможность его использования в электрохимической ячейке для откачки кислорода из CO_2, что открывает практическую перспективу применения ферритов бария не только в топливных элементах, но и в технологиях электрохимического восстановления углекислого газа для получения ценных продуктов.
- Доказана возможность применения оптимизированного состава $Pr_{0,6}Ba_{0,4}Fe_{0,9}Ni_{0,1}O_{3-\delta}$ (PBFN) в качестве кислородного электрода в реальной конфигурации ПКТЭ. Установлено, что основные ограничения мощности (196 мВт/см^2 при 750 °С) связаны с омическими потерями, в то время как поляризационное сопротивление электрода является удовлетворительным. Это определяет направления дальнейшей оптимизации конфигурации ПКТЭ – переход к пленочному электролиту.

8. Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям Постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции) «Положение о порядке присуждения ученых степеней» и может быть представлена к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

В качестве ведущей организации рекомендуется ФГБУН «Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук». Деятельность института включает изучение фазовых переходов и электродинамических процессов в конденсированных средах, наноструктурных оксидных керамик.

Список публикаций сотрудников Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, наиболее близких к теме диссертационной работы:

1. Kalinina, E.G Direct electrophoretic deposition and characterization of thin-film membranes based on doped baceo3 and CeO_2 for anode-supported solid oxide fuel cells / Pikalova E., Osinkin D., Kalinina E. // Membranes. – 2022. – Т. 12. № 7. – С. 682. – DOI: 10.3390/membranes12070682

2. Kalinina, E.G. Electrophoretic deposition of dense anode barrier layers of doped ZrO_2 and $BaCeO_3$ on a supporting $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{2-\delta}$ solid electrolyte: Problems and search for solutions in SOFC

technology / Kalinina E.G., Pikalova E.Yu. // International Journal of Hydrogen Energy. – 2023. – V. 48. – № 59. – P. 22610–22623. – DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.02.042

3. Kalinina, E.G. CeO_2–based thin–film electrolyte membranes for intermediate temperature SOFCs: Direct electrophoretic deposition on the supporting anode from additive–modified suspensions / Kalinina E.G., Rusakova D.S., Shubin K.S., Ermakova L.V., Pikalova E.Yu. // International Journal of Hydrogen Energy. – 2023. – V. 48. – № 59. – P. 22559–22572. – DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.01.159

4. Kalinina, E. Electrophoretic Deposition and Characterization of Er–Doped Bi_2O_3 Cathode Barrier Coatings on Non–Conductive $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{1.9}$ Electrolyte Substrates / Kalinina E., Ermakova L., Pikalova E. // Coatings. – 2023. – V. 13. – № 6. – 1053. – DOI: 10.3390/coatings13061053

5. Nikonov, A.V. The Effect of a Dense Layer with Mixed Ionic–Electronic Conduction on the Characteristics of an SOFC Cathode / Nikonov A.V., Semenova I.V., Pavzderin N.B., Khrustov V.R., Ermakova L.V. // Russian Journal of Electrochemistry. – 2022. – V. 58. – P. 490–501. – DOI: 10.1134/S102319352206009X

6. . Kuterbekov, K.A Classification of Solid Oxide Fuel Cells / Kuterbekov K.A., Nikonov A.V., Bekmyrza K.Zh., Pavzderin N.B., Kabyshev A.M., Kubenova M.M., Kabdrakhimova G.D., Aidarbekov N. // Nanomaterials. – 2022. – V. 12. – № 7. – P. 1059. – DOI: 10.3390/nano12071059

7. Nikonov, A.V. Properties of the $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$–$Ce_{0.73}Gd_{0.27}O_{2-\delta}$ Composite Cathode Formed from Nanopowders / Nikonov A.V., Pavzderin N.B., Khrustov V.R. // Russian Journal of Electrochemistry. – 2022. – V. 58. – P. 311–320. – DOI: 10.1134/S1023193522040103

Согласие предлагаемой ведущей организации получено.

В качестве официальных оппонентов рекомендуются:

Патракеев Михаил Валентинович, доктор химических наук по специальности 02.00.21 Химия твердого тела, заведующий лабораторией спектроскопии дефектных структур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН (ИФТТ РАН). Это авторитетный специалист в области химии твёрдого тела, дефектных структур и функциональных материалов. Михаил Валентинович занимается исследованием сложнооксидных электродных материалов, содержащих атомы переходных металлов, процессов переноса и ионно-электронного транспорта в оксидных системах.

В представленный ниже библиографический список включены работы, в наибольшей степени соответствующие теме диссертационного исследования:

1. Ivanov, A.I. Oxygen Nonstoichiometry, Electrical Conductivity, Chemical Expansion and Electrode Properties of Perovskite-Type $SrFe_{0.9}V_{0.1}O_{3-\delta}$ Materials / Ivanov A.I, Nikitin S. S., Dyakina M.S., Tsipis E. V., Patrakeev M.V., Agarkov D.A., Zverkova I.I., Zhigachev A.O., Kedrov V.V., Kharton V. V. // Materials. – 2025. – V. 18, №. 3. – P. 493. – DOI: 10.3390/ma18030493.

2. Nikitin, S.S. Oxygen nonstoichiometry, electrical conductivity, and electrochemical activity of $La_{0.45}Ce_{0.05}Sr_{0.5}FeO_{3-\delta}$ / Nikitin S.S., Dyakina M.S., Tsipis E.V., Patrakeev M.V. // Journal of Power Sources – 2024. – V. 597. –P. 23411. – DOI: 10.1016/j.jpowsour.2024.234115.

3. Nikitin, S.S. The effect of temperature and oxygen partial pressure on the concentration of iron and manganese ions in $La_{1/3}Sr_{2/3}Fe_{1-x}MnxO_{3-\delta}$ / Nikitin S.S., Koryakov A.D., Antipinskaya E.A., Markov A.A., Patrakeev M.V. // Physical Chemistry Chemical Physics – 2024. – V.26. – P. 1125. – DOI: 10.1039/d3cp05421g.

4. Koryakov, A.D. Defect equilibrium and charge transport in $R_{0.25}Sr_{0.75}FeO_{3-\delta}$ (R = La, Nd, Y, Ho): The effect of cation type / Koryakov A.D., Nikitin S.S., Merkulov O.V., Markov A.A., Shalaeva E.V., Leonidov I.A., Patrakeev M.V. // Journal of Alloys and Compounds – 2023. – V.937. –P. 168428. – DOI: 10.1016/j.jallcom.2022.168428.

5. Leonidov, I.A. Structural Features and Defect Equilibrium in Cubic $PrBa_{1-x}Sr_xFe_2O_6$ / Leonidov I. A., Markov A.A., Zavyalov M A., Merkulov O.V., Shalaeva E.V., Nikitin S.S., Tsipis E.V., Patrakeev M.V. // Materials – 2022. – V.15, T.13 – DOI: 10.3390/ma15134390.

Королева Мария Сергеевна, доктор химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, ведущий научный сотрудник лаборатории керамического материаловедения Института химии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения РАН»

М.С. Королева занимается исследованиями в области химии твёрдого тела, кристаллохимии и материаловедения. Изучает структуру и физико-химические свойства сложных оксидных соединений (в частности, допированных титанатов и ниобатов висмута со структурой типа пирохлора).

В представленный ниже библиографический список включены работы, в наибольшей степени соответствующие теме диссертационного исследования:

1. Koroleva M.S. Synthesis, optical properties, and oxide ionic transport features in Mn-Li-, Mn-Ru-, Mn-Ru-Li-codoped bismuth niobate pyrochlores / M.S. Koroleva, N.F. Eremeev, E.M. Sadovskaya, V.A. Sadykov, I.V. Piir // Ceram. Int. – 2025. – V. 51. – Iss. 8. – P. 9807–9816. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.12.412.

2. Koroleva M.S. Low-, medium-, and high-entropy pyrochlores in $(Bi,Li,Na,La,Eu)_{1.9}(Mg_{0.5}Nb_{1.5})O_{7-\delta}$ compositions, their optical and dielectric properties / M.S. Koroleva, A.G. Krasnov, I.V. Piir // Ceram. Int. – 2023. – V. 49. – Iss. 17. – Part B. – P. 28764-28770. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.06.136.

3. Koroleva M.S. Structural and electrical properties of Mg–Cu- and Mg–Cu–Lidoped bismuth niobate semiconductors with the pyrochlore structure / M.S. Koroleva, A.G. Krasnov, D.A. Osinkin, D.G. Kellerman, A.S. Stoporev, I.V. Piir // Ceram. Int. – 2023. V. 49. – Iss. 5. – P. 7806-7813. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.10.290.

4. Koroleva M.S. Enhancement of Bi-based niobate pyrochlores conductivity with Ru-doping. Structural, optical, and electrical properties / M.S. Koroleva, A.G. Krasnov, I.V. Piir // Int. J. Hydrogen Energy. – 2023. – V. 48. – Iss. 59. – P. 22712-22717. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.423.

5. Koroleva M.S. Structure, optical, luminescent, and electrical properties of Eu/Liand Eu/Na-codoped magnesium bismuth niobate pyrochlores / M.S. Koroleva, A.V. Ishchenko, M.I. Vlasov, A.G. Krasnov, E.I. Istomina, I.R. Shein, I.A. Weinstein, I.V. Piir // Inorg. Chem. – 2022. – V. 61(24). – P. 9295–9307. https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.2c01037.

6. Koroleva M.S. Effect of Li and Li-Re co-doping on structure, stability, optical and electrical properties of bismuth magnesium niobat pyrochlore / M.S. Koroleva, A.G. Krasnov, A. Senyshyn, A. Shökel, I.R. Shein, M.I. Vlasov, I.V. Piir // Mater. Res. Bull. – 2022. – V. 145. – P. 11520. https://doi.org10.1016/j. materresbul/2021.111520

7. Пийр, И.В. Влияние содопирования на электрические свойства магний- и медьсодержащего ниобата висмута со структурой типа пирохлора / И.В. Пийр, М.С. Королева, В.С. Максимов // Журнал общей химии. – 2023. – Т. 93. – № 2. – С. 308-313. https://doi.org/31857/S0044460X23020178

Согласие предполагаемых оппонентов получено.

Комиссия рекомендует принять диссертационную работу Гордеевой М.А. к защите в диссертационном совете 24.1.045.01 по специальности 1.4.6. Электрохимия.

ПОСТАНОВИЛИ: («за» – 21, «против» – 0, «воздержались» – 0):

– Принять диссертацию Гордеевой М.А. к защите по специальности 1.4.6. Электрохимия.

– Назначить оппонентами:

Патракеева Михаила Валентиновича, доктора химических наук, заведующего лабораторией спектроскопии дефектных структур Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук;

Королеву Марию Сергеевну, доктора химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории керамического материаловедения Института химии Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения РАН».

– Утвердить ведущей организацией ***Институт электрофизики Уральского отделения РАН.***

– Назначить дату защиты: **23 декабря 2026** г., 13.00.

– Разрешить опубликовать автореферат на правах рукописи в количестве 100 экземпляров.

– Утвердить список адресов для рассылки автореферата.

Председатель совета,
чл.-корр. РАН, д. хим. наук Зайков Юрий Павлович

Ученый секретарь совета, к. хим. наук. Кулик Нина Павловна