АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Сарсенбаевой Замиры Беркбайкызы на тему: «Синтез и физико-химическое исследование каталитических свойств наночастиц сложнооксидных манганитов в получении водорода (РПВ, РПК)» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05301 – Химия»

Диссертационная работа представлена в соответствии с требованиями пункта 5-1, подпункта 2) Правил присуждения ученых степеней, утвержденных приказом Министра науки и высшего образования Республики Казахстан от 06 января 2025 года №4.

Согласно указанным требованиям, по теме диссертации опубликованы научные работы в изданиях, входящих в первый и (или) второй квартиль по импакт-фактору в соответствии с данными Journal Citation Reports компании Clarivate Analytics. Публикационная активность докторанта соответствует установленным нормативам и включает не менее двух научных статей, а также одну обзорную статью либо серию из трех научных публикаций. При этом в одной из статей докторант выступает в качестве первого автора или автора для корреспонденции.

Кроме того, в соответствии с пунктом 7 Положения о диссертационном совете Некоммерческого акционерного общества «Казахский национальный женский педагогический университет», утвержденного приказом №09-02-19/277 от 25 мая 2025 года, а именно подпунктом 7.2.1 «Представление докторской диссертации», диссертационная работа представлена к защите в форме серии опубликованных научных статей, то есть в виде совокупности научных публикаций, подготовленных и опубликованных докторантом.

Общая характеристика работы

Исследовательская работа направлена на синтез наночастиц сложных оксидных манганитов, комплексное исследование их структурных, морфологических и физико-химических свойств. В работе рассмотрен эффективный случай синтеза манганитов, изучены фазовый состав, кристаллическая структура, морфология, элементный состав, электрофизические и диэлектрические свойства полученных материалов.

Перовскитные манганиты-способствующие структуре и свойствам соединений путем изменения и легирования ионов в положениях A и B кристаллических решетках ABO_3 (A=Fe, La, In; B=Mn, Fe) в составе. При этом электрокаталитические свойства синтезированных сложных оксидных манганитов в процессе получения водорода оцениваются на основе реакций реакции получения водорода (РПВ) и реакции получения кислорода (РПК). Результаты исследования направлены на определение влияния состава, структуры и физико-химических свойств материалов на их электрокаталитические свойства. Электрокаталитические свойства были проанализированы методами линейной вольтамперметрии и электрохимической импедансной спектроскопии.

Актуальность исследования

В настоящее время растущий спрос на энергию и экологические проблемы, возникающие в результате использования традиционных топливных ресурсов, усиливают потребность в развитии возобновляемых и экологически чистых источников энергии.

Эффективность процесса получения водорода путем электрохимического разложения воды напрямую зависит от свойств электрокатализаторов, используемых в реакциях РПВ и РПК. Стоимость и ресурсные ограничения современных высокоактивных катализаторов на основе благородных металлов вызывают необходимость замены их более дешевыми и доступными материалами.

Сложные оксидные манганиты отличаются способностью изменять состав и кристаллическую структуру, наличием ионов марганца различной степени окисления и способностью целенаправленно регулировать физико-химические свойства. Получение их в виде наночастиц и контроль структурно-морфологических особенностей позволяют улучшить электрокаталитические свойства. В связи с этим синтез наночастиц сложных оксидных манганитов, изучение их структуры и физико-химических свойств и оценка электрокаталитической активности в процессах РПВ и РПК является актуальной научной задачей, направленной на поиск эффективных и доступных электродных материалов для водородной энергетики.

Степень изученности темы

Сложные оксидные манганиты интенсивно изучаются в последние годы из-за их широкого спектра структурных, электрических, магнитных, диэлектрических и электрокаталитических свойств. В литературных источниках широко рассмотрены пути получения перовскита и манганитов других структурных типов методами твердофазного, золь-геля, Печини, золь-геля и зеленого синтеза. Свойства манганитов корреляция между Me–O, фазовый состав, кристаллическая структура, размер частиц (нано/микро) и морфология (карта распределения элементов) с помощью методов рентгенофазного анализа (РФТ), сканирующего электронного микроскопа (СЭМ/ЭДС), а также расположение катионов металлов (ABO_3, $A_xB_{1-x}O3$, $A_3B_5O_{12}$) зависимость степени окисления (Mn^{2+}=Mn^{4+}, Fe^{3+}=Fe^{2+}) анализировали методом ТПО-O_2.

С целью объяснения влияния этих факторов на электропроводность и диэлектрический ответ изучаются их температурные и частотные зависимости. Однако для манганитов различного фазового состава актуален анализ структурных и морфологических особенностей в сравнении с электрофизическими характеристиками. Также растет интерес к изучению диэлектрических свойств и электрокаталитической активности сложных оксидов на основе Mn и Fe в РПВ и деления кислорода РПК. Однако условия синтеза, фазовый состав, влияние кристаллической структуры и морфологии на температурно-частотно-зависимые диэлектрические характеристики, а также электрокаталитические показатели требуют уточнения для каждой материальной системы. В связи с этим в работе исследуются диэлектрическая

проницаемость и диэлектрические потери манганитов, а их электрокаталитические свойства оцениваются методами линейной вольтамперметрии (LSV) и электрохимической спектроскопии импеданса (EIS). Полученные результаты сравниваются с точки зрения состава, структуры и морфологии материалов.

Цель исследования

Синтезировать наночастицы сложных оксидных манганитов, определять их структурные, морфологические и физико-химические свойства, а также исследовать электрокаталитическую свойств в реакции получения водорода (РПВ/РПК) при электролитическом разложении воды.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- Синтез новых сложных оксидных манганитов методом Печини;
- Анализ фазового состава и кристаллической структуры манганитов и образования связей Me-O;
- Определение морфологии и элементного состава манганитов;
- Электрофизический (электропроводность) и анализ зависимости диэлектрических свойств от температуры и частоты;
- Изучение электрокаталитической активности манганитов в реакции деления водорода (РПВ/РПК).

Объект исследования - Новые сложные оксиды манганита и манганита-феррита перовскитного типа.

Предмет исследования - Синтез сложных манганитов, их структурные, морфологические, электрофизические и электрокаталитические свойства.

Методы исследования - В ходе диссертационного исследования были использованы следующие современные физико-химические методы исследования: метод синтеза Печини на основе Золя-геля, дифракционный анализ рентгеновских лучей XRD, сканирующая электронная микроскопия (FE-SEM/EDS), инфракрасный спектрометр (FTIR), измерение диэлектрических и электрических свойств, линейная вольтамперметрия электрокаталитических свойств (LSV) и электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS). Перечисленные методы позволяют комплексно изучить структурные и физические, электрокаталитические свойства синтезированных материалов.

Научная новизна диссертационного исследования

В результате проведенных исследований:

- Впервые синтезированы манганиты и ферро-манганиты $FeMnO_3$, $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$, $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3$-$In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$ и $FeMnO_3$-$Ho_3Fe_5O_{12}$ нового состава;
- Идентифицировано, что синтезированные соединения представляют собой однофазные и двухфазные сложные оксиды перовскитной структуры;
- Определена их кристаллическая структура, морфология и распределение элементов;
- Установлено влияние на электрические и диэлектрические свойства вновь синтезированных сложных оксидов;

- Электрокаталитические свойства вещества изучались с помощью методов линейной вольтамперметрии (LSV) и электрохимической импедансной спектроскопии (EIS).

Основные положения, выносимые на защиту, отражающие научную новизну исследования

- Влияние термической обработки в диапазоне 600–1100 °C с выдержкой в течение 1 часа на каждой ступени с шагом 100 °C при синтезе методом Печини на однородность химического состава, фазовый состав и формирование микро- и наноразмерных частиц манганитов.
- Влияние изменения фазового состава и формирования двухфазной структуры при легировании манганитов редкими металлами на увеличение среднего размера частиц.
- Температурная зависимость электрического сопротивления $FeMnO_3$ и $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$ в диапазоне 293–483 К, характеризующаяся участками полупроводникового и металлического поведения; диэлектрическая дисперсия и релаксационные процессы в $FeMnO_3$ в диапазоне 293–393 К.
- Оценка электрокаталитической активности образцов $FeMnO_3$ и $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$ в реакции выделения водорода методами LSV и EIS, анализ увеличения катодного тока при циклировании и зависимости сопротивления переносу заряда от потенциала электрода.

Научные результаты

1. Научные результаты по первой статье

В исследовательской работе был синтезирован двухфазный перовскитный нанокомпозит $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$ методом Золя-геля Печини и комплексно исследованы его фазово-структурные, морфологические, электрофизические и электрокаталитические свойства. Рентгенофазный анализ показал, что полученный материал представляет собой поликристаллическую двухфазную структуру, состоящую из фаз $La_{0.9}MnO_3$ и $LaFeO_3$. В то время как фаза $La_{0.9}MnO_3$ была описана с гексагональной пространственной группой R3 c, параметры решетки a = b = 5,52 Å, C = 13,37 Å, фаза $LaFeO_3$ соответствовала кубической структуре Pm3m (a = b = c = 3,89 Å). Средние размеры кристаллитов по уравнению Шеррера составили 55,29 и 54,96 нм соответственно.

В спектроскопии FTIR в области 658 см-1 была обнаружена полоса колебаний, характерная для связей Mn–O–Mn и Fe–O–Fe, и подтверждено образование октаэдров MnO_6 и FeO_6. Также были зарегистрированы дополнительные полосы поглощения в зонах 1095, 1328, 1408 и 1690 $см_{-1}$. Исследования FESEM–EDS описали морфологические особенности и элементный состав материала и показали, что среднее значение микроконтроллерного размера составляет около 186,87 нм.

Электрофизические исследования показали сложный температурно-зависимый характер проводимости композита $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$. Материал проявлял полупроводниковые свойства в интервалах 293-323 K, 343-393 K и 413-483 K. Для этих температурных интервалов ширина запрещенной зоны составляла 1,38; 1,44 и 1,41 эВ соответственно, и было обнаружено, что

материал относится к полупроводникам с узкой запрещенной зоной. Было замечено, что диэлектрическая проницаемость значительно увеличивается с повышением температуры и уменьшается с увеличением частоты измерений.

Электрокаталитические свойства нанокомпозита $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$ в реакции разделения водорода (HER) оценивались методами LSV и EIS. В исследованиях LSV было проведено 50 циклов, и значение тока увеличилось с 0,0022 А в первом цикле до 0,0045 А в 50-м цикле. Это показало увеличение электрокаталитической активности композита в процессе HER с увеличением количества циклов. По результатам EIS было отмечено снижение импеданса материала при увеличении приложенного напряжения с 0,50 до 0,85 В, что свидетельствует об изменении процессов переноса заряда на границе электрода и электролита.

2. Научные результаты по второй статье

Синтез методом Печини на основе золь-геля были синтезированы перовскитоподобные наночастицы $FeMnO_3$ (FMO) и комплексно исследованы их фазово-структурные, морфологические, окислительно-восстановительные, электрофизические, диэлектрические и электрокаталитические свойства в реакции деления водорода. Рентгенофазный анализ показал, что FMO образовался в кубической пространственной группе Ia3 с высокой кристалличностью. Параметры кристаллической решетки A = b = c = 9,45 Å, а средний размер кристаллита по уравнению Шеррера составил 52,47 нм.

FTIR подтвердила образование связей металл-кислород в структуре FMO. Полосы поглощения в зонах 755,13; 715,99 и 668,62 см-1 соответствовали валентным колебаниям связей Fe–O и Mn–O. В исследованиях FESEM наблюдалась относительно однородная морфология частиц со средним размером около 55,84 нм. Результаты EDS и элементного картирования показали, что элементы Fe, Mn и O равномерно распределены по поверхности материала.

Анализ ТРО-O_2 позволил охарактеризовать окислительно-восстановительные процессы в структуре FMO. В зонах 528 и 651 °C наблюдались процессы окисления, и было показано, что первичная кристаллическая структура FMO восстанавливается при высоких температурах. Этот процесс был связан с электронными переходами типа: $Fe^{3+} + Mn^{2+} <=> Fe^{2+} + Mn^{4+}$.

Электрофизические исследования показали полупроводниковую природу FMO. Запретная зона была определена как 0,12 эВ при ширине 313-373 K, 0,82 эВ при 363-403 K и 1,18 эВ при 413-483 K. Диэлектрическая проницаемость увеличилась с 69 при 293 K на частоте 1 кГц до 2,43·105 при 483 K, а при увеличении частоты наблюдалась тенденция к снижению. Широкополосная диэлектрическая спектроскопия включает два разных процесса релаксации, скачкообразный перенос носителей заряда на большие и короткие расстояния и поляризацию на границах зерен.

Активность FMO при HER оценивали методом LSV. В диапазоне потенциалов 0,8-0,4 V регистрируется ток в соответствии с выделением водорода, и сигнал тока стабилизируется по мере увеличения количества

циклов. Результаты показывают, что наночастицы FMO проявляют стабильные электрокаталитические свойства после первоначальной активации и имеют умеренную каталитическую активность для HER.

3. Научные результаты по третьей статье

В обзорной статье систематизированы взаимосвязи между синтезом, структурными особенностями и функциональными свойствами перовскитных манганитов, определены основные факторы целенаправленного управления свойствами этих материалов. Было показано, что свойства перовскитных манганитов напрямую зависят от их кристаллической структуры, геометрии связи Mn–O–Mn, соотношения ионов $Mn^{3+/}Mn^{4+}$, кислородных вакансий и катионного замещения. Были проанализированы твердофазные, золь-гель, Печини, гидротермальные, осаждающие, горящие, микроволновые, ультразвуковые и другие методы извлечения манганитов. Было показано, что метод синтеза и условия термической обработки определяют фазовую чистоту материала, размер кристаллита, морфологию, кислородную стехиометрию и электрические, магнитные и электрокаталитические свойства. Обосновано, что метод Печини позволяет равномерно смешивать катионы металлов на молекулярном уровне, поддерживать стехиометрию сложных составов и формировать перовскитную фазу при относительно низких температурах.

Были рассмотрены ABO_3, двойные перовскитные, слоистые и низкоразмерные структурные типы перовскитных манганитов, структурные изменения которых были связаны с функциональными свойствами. Было обнаружено, что замещение катионов в положениях A и B влияет на симметрию кристаллической решетки, отношение Mn^{3+}/Mn^{4+} и деформацию октаэдров MnO_6. Было систематизировано, что эффект Ян–Теллера и вращение октаэдров MnO_6 изменяют угол Mn–O–Mn, способствуя переносу электронов, электропроводности и магнитному состоянию. Сравнивались магнитные, электрические, диэлектрические, оптические и каталитические свойства манганитов разного состава, и было показано, что ими можно управлять путем катионного замещения и изменения структуры разлома. Было обнаружено, что замещение a-положения ионами, такими как Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, приводит к образованию смешанного валентного состояния Mn_{3+}/Mn_{4+} и изменению магнитных и электрических свойств с помощью механизма двойного обмена.

На основе проведенного анализа систематизированы основные связи «состояние синтеза → дефектная структура → кристаллическая структура → функциональное свойство → область применения», определяющие свойства перовскитных манганитов. Особенно важным направлением было показано влияние кислородных вакансий, катионного замещения и структурных деформаций на электрокаталитическую эффективность HER/OER. Эти результаты позволяют рассматривать перовскитовые манганиты как многообещающие многофункциональные материалы для электрокатализа, водородной энергетики, накопления энергии, датчиков, фотокатализа, спинтроники и магнитного охлаждения.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты исследования позволяют охарактеризовать взаимосвязь между условиями синтеза, фазовым составом, кристаллической структурой и морфологией сложных оксидных манганитов (перовскитных, гранатных). Исследования их электрофизических и диэлектрических свойств, зависящих от температуры и частоты, дополняют научное понимание свойств этих материалов. Сравнение структурных характеристик с электрохимическими результатами дает основу для объяснения электрокаталитических свойств РПВ/РПК.

Полученные данные используются для первоначальной оценки в качестве электродного материала для реакций РПВ/РПК при электролизе воды изученных манганитов. Сравнение условий синтеза и электрохимических показателей служит основой для выбора образцов для последующих исследований и оптимизации их состава.

Апробация практических результатов исследования

Основные результаты диссертационной работы докладывались на международных научных конференциях и обсуждались в научном сообществе.

- Международная конференция «Фундаментальные и прикладные аспекты развития химии и инновационных технологий», посвященная 90-летию со дня рождения академика НАН Кыргызской Республики Сулейманкулова Какины Сулейманкуловича. Бишкек. Киргизстан. 2023 г.

Публикации по теме исследования и личный вклад автора

Основные результаты диссертационного исследования отражены в 14 опубликованных работах, в том числе 3 статьи в научных публикациях, включенных в первый и/или второй квартиль импакт-фактора по базе Web of Science Clarivate Analytics (Clarivate Analytics), и 3 статьи в научных изданиях, включенных в список комитета по обеспечению качества в области науки и высшего образования Республики Казахстан, и в российском индексе научных цитирований (РИНЦ) опубликовано 1 статья, 7 статей и тезисов на международных конференциях и подано 1 заявка на инновационный патент РК.

1. Mataev, M., **Sarsenbaeva, Z.,** Keskin, B., Nurbekova, M., Meldeshov, A., Tursyn, Z., & Seitbekova, K. (2025). Synthesis, Structure, and Electrophysical and Electrochemical Properties of Novel Composite $La_{0.9}MnO_3$-$LaFeO_3$. Molecules, 30(1), 132. https://doi.org/10.3390/molecules30010132. Показатели журнала (2025): импакт-фактор 5.1; Q1 по физической и теоретической химии (87%). CiteScore (2025): 10.3; 80% по химии (в разных направлениях). Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-70%.

2. Mataev, M., **Sarsenbaeva, Z.,** Nurbekova, M., Krishnamoorthy, R., Keskin, B., Abdraimova, M., Tursyn, Z., Seitbekova, K., & Durmenbayeva, Z. (2026). $FeMnO_3$: Synthesis, Morphology, Dielectric Properties, and Electrochemical Behavior Toward HER by LSV. Nanomaterials, 16(5), 310.

https://doi.org/10.3390/nano16050310. Статус автора: докторант-корреспондент автор. Показатели журнала (2026): импакт-фактор 4.8; общая Химическая инженерия Q1 (87%). CiteScore (2026): 10,3; 84-процентный показатель по общему материаловедению. Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-70%.

3. Nurbekova, M., Mataev, M., Abdraimova, M., Tursyn, Z., Durmenbayeva, Z., & **Sarsenbaeva, Z.** (2026). Perovskite Manganites: An Overview of Synthesis, Classification, Characterization, and Applications. International Journal of Molecular Sciences, 27(13), 5709. https://doi.org/10.3390/ijms27135709. Статус автора: докторант-корреспондент автор. Показатели журнала (2026): импакт-фактор 5.6; Q1 по неорганической химии. CiteScore (2026): 10; 90-процентный показатель по неорганической химии. Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-70%.

4. Матаев, М., Нурбекова, М. ., Кескин, Б., & **Sarsenbayeva, Z.** (2023). SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF POLYCRYSTAL $FeMnO_3$-$Ho_3Fe_5O_{12}$. Academic Scientific Journal of Chemistry, (4), 173–180. https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.201. Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-70%.

5. Матаев М. ., **Сарсенбаева , З.**, Нурбекова М. ., Абдраимова , М. ., & Сейтбекова, . К. . (2025). СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИТА $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3$-$In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$. Academic Scientific Journal of Chemistry, 3(464), 155–165. https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.307. Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-70%.

6. Матаев, М., Оңғарбек А., **Сарсенбаева, З.,** Нурбекова, М., & Абдраимова, М. (2026). СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЯПЕРОВСКИТНОЙ СТРУКТУРЫ $CaMnO_{2.98}$. Academic Scientific Journal of Chemistry, 466(1), 221–237. https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.351. Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-50%.

7. Матаев М., **Сарсенбаева , З.,** Нурбекова М. Synthesis and eleental composition analysis of double-perovskite $FeMnO_3$-$LaMnO_3$ Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики, стр.81-85. (2023) ISBN 0002-32221. Вклад докторанта: проводил эксперименты, интерпретировал полученные результаты; подготовил и оформил

оригинальный проект статьи; участвовал в полной подготовке статьи в соответствии с требованиями журнала. Собственный авторский вклад-70%.

8. Матаев М., Көшкімбаева А., **Сарсенбаева З.** $FeMnO_3$-Dy(Fe0,5Mn0,5)2 поликристалының синтезі мен физика-химиялық құрамы // V Международная конференция в рамках научно-практической конференции» Молодежь и наука: настоящее и будущее". Г. Алматы, КазНПУ, 21.04.2025 г., стр. 153-157. Вклад докторанта: участвовал в проведении экспериментальных исследований, редактировал и интерпретировал полученные результаты; участвовал в подготовке и научном оформлении статьи. Собственный авторский вклад-70%.

9. Матаев М., **Сарсенбаева З.** $FeMnO_3$ нанокомпозитінің синтезі мен физика-химиялық қасиеттері // Colloids and Nanotechnologies in Industry 2025. Алматы, KBTU, ISBN 978-601-269-534-2, 395–401 бб. Вклад докторанта: участвовал в синтезе материала $FeMnO_3$ и проведении физико-химических исследований; анализировал и интерпретировал экспериментальные результаты; участвовал в подготовке и оформлении текста статьи. Собственный авторский вклад-70%.

10. Матаев М., Нурбекова М.А., Көшкімбаева А., **Сарсенбаева З.** $LaMnO_3$ перовскитінің жасыл синтезі және рентгенфазалық талдауы // IV Международный молодежный научный форум "парадигмы естествознания и науки в рамках Целей устойчивого развития". 27 ноября 2025 г. вклад докторанта: участвовал в синтезе перовскита LaMnO3, обработке и интерпретации результатов рентгенофазных исследований; внес вклад в подготовку текста статьи и научное оформление результатов. Собственный авторский вклад-50%.

11. Ongarbek A., Mataev M., **Sarsenbaeva Z.** Synthesis of perovskite-structured $CaMnO_3$ and analysis using XRD and FTIR methods // Eurasian Science Review: An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal. 3(7), 167–173. Вклад докторанта: участвовал в анализе и интерпретации результатов исследования, систематизации результатов XRD и FTIR, подготовке и оформлении текста статьи. Собственный авторский вклад-50%.

12. Дюсебай Ж.Ғ., Алиева Ұ.А., Оңғарбек А.Т., Матаев М.М., **Сарсенбаева З.** Перовскит құрылымды $BaMnO_3$ синтезі және морфологиясы // Международная научная конференция студентов и молодых ученых "Фараби әлемі". Алматы, Казахстан, 7-8 апреля 2026 г. ISBN 978-601-04-7533-5, стр. 158 вклад докторанта: участвовал в обсуждении результатов синтеза и морфологического исследования материала $BaMnO_3$; способствовал интерпретации полученных данных и подготовке тезиса. Собственный авторский вклад-50%.

13. Матаев М., Көшкімбаева А., **Сарсенбаева З.** $NiMn_2O_4$-Fe_3O_4 поликристалының синтезі және физика-химиялық құрамы // Научно-практическая конференция» Химия и окружающая среда". В честь 80-летия Казахского национального женского педагогического университета, 155-летия периодической таблицы и 190-летия со дня рождения Д. И. Менделеева. 2024. ISBN 978-601-346-156-4, стр. 20-23. Вклад докторанта: участвовал в

синтезе материала и проведении физико-химических исследований; редактировал и интерпретировал экспериментальные результаты; участвовал в подготовке и оформлении статьи. Собственный авторский вклад-50%.

В рамках исследовательской работы подана заявка на инновационный патент РК:

Матаев М. М., Нурбекова М. А., Сарсенбаева З. Абдраймова М. Р., Турсын Ж., Кушкимбаева А. К. и Сейтбекова К. Ж. «метод получения» зеленого синтеза "оксида LaMnO3 перовскитной структуры на основе экстракта Aloe vera" / / заявка на инновационный патент РК, №442010, дата подачи заявки: 24.02.2026 г. вклад докторанта: участвовал в разработке метода зеленого синтеза оксида $LaMnO_3$ и в экспериментальных работах; внес вклад в анализ полученных результатов и подготовку патентных материалов. Собственный авторский вклад-70%.

Связь работы с национальными научными программами

Работа выполнена в рамках грантового финансирования научных и (или) научно-технических проектов Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2025–2027 годы:

- ГФ Министерства науки и высшего образования РК по научным и (или) научно-техническим проектам на 2025-2027 годы: ИРН AP26198947 «Синтез и изучение свойств многокомпонентных перовскитов для разработок магниточувствительных сред с контролируемыми физико-химическими характеристиками»;
- ГФ Министерства науки и высшего образования РК по научным и (или) научно-техническим проектам на 2025-2027 годы: ИРН AP26198941 «Исследование электрокаталитических свойств композитов и нанокомпозитов в производстве водорода»;
- Внутреннее финансирование Казахского национального женского педагогического университета в соответствии с приказом №236 от 26 апреля 2023 года: «Синтез и физические основы новых композитных мультиферроиков для спинтроники».

Связь работы с международными научными программами:

Проведены исследования на основе проекта FBG-2025-6692 «повышение электрокаталитической активности и эффективности производства водорода (PerovskiteNanoGraphene, PNG) железных манганитов перовскитовой структуры, обогащенных различными переменными металлами и легированных графеном» в рамках программы bap йылдызского технического университета (Турция).

Научный руководитель:
НАО «КазНацЖенПУ»
д.х.н., профессор **М. Матаев**

к.х.н., ассоциированный профессор **М. Нурбекова**