ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.06 РХТУ им. Д.И. Менделеева
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 25/26
решение диссертационного совета
от 22 октября 2022 г. № 3

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Синякова Матвея Владимировича, представившего диссертационную работу на тему «Нанесение, структура и функциональные свойства покрытий на основе соединений титана для электродов электрохимических устройств с твердополимерным электролитом» по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Принята к защите 11 сентября 2026 г., протокол № 1 диссертационным советом РХТУ.2.6.06. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 17 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 269 А от «08» июля 2022 г. с последующими изменениями и дополнениями в приказах: № 435 А от «20» октября 2022 г., № 523 А от «28» ноября 2022 г., № 51 ОД от «24» марта 2025 г., № 53 ОД от «24» марта 2025 г., № 88 ОД от «05» мая 2025 г., № 43 ОД от «26» февраля 2026 г.

Соискатель Синяков Матвей Владимирович 1998 года рождения, в 2022 году окончил специалитет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» диплом серия 107718 номер 1137209.

В 2026 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» диплом серия 107724 номер 0000079.

Соискатель работает инженером-радиохимиком в ООО «Медицина и ядерные технологии».

Диссертация выполнена на кафедре технологии изотопов и водородной энергетики в федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева».

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент Пак Юрий Самдорович, доцент кафедры технологии изотопов и водородной энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

д.х.н., профессор Гутерман Владимир Ефимович, главный научный сотрудник химического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»;

к.т.н., доцент Климова Мария Андреевна, заведующий кафедрой химии и электрохимической энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук.

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 12 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе в 5 публикациях в изданиях, индексируемых в международных базах данных.

1. Alekseeva O.K., Sinyakov M.V., Ivanova N.A., et al. Nanostructured Coatings to Extend the Component Lifetime in Electrochemical Devices Based on Proton Exchange Membrane

//Nanobiotechnology Reports. – 2023. – V. 18. – №. Suppl 2. – P. S225-S239. DOI:10.1134/S2635167624600147.

Статья посвящена исследованию покрытий на основе переходных металлов и их соединений для повышения срока службы компонентов электрохимических устройств. Объём статьи 14 страниц.

2. Sinyakov M.V., Zasypkina A.A., Tishkin V.V., et al. Titanium-Based Nanostructured Coatings for Electrodes of Electrochemical Devices with Proton Exchange Membrane //Moscow University Physics Bulletin. – 2023. – V. 78. – №. 2. – P. 185-191. https://doi.org/10.3103/S0027134923020133.

Статья посвящена исследованию защитных покрытий на основе соединений титана, полученных методом магнетронного распыления и их влияния на эффективность работы электрохимических устройств. Объем статьи 6 страниц.

3. Sinyakov M. V., Spasov D.D., Mensharapov R.M., et al. Nanostructured coatings of TiCxNy as a sublayer of electrodes for devices with a proton exchange membrane //2023 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE). – IEEE, 2023. – V. 5. – P. 1-5. DOI: 10.1109/REEPE57272.2023.10086752

Статья посвящена исследованию разработанного защитного покрытия на основе карбонитрида титана в составе электрохимического устройства. Объем статьи 5 страниц.

4. Sinyakov M. V., Mensharapov R.M., et al. Study of the water electrolyzer with proton exchange membrane performance based on Ti current collectors charged with hydrogen //Electroanalysis. – 2025. – V. 37. – №. 1. – P. e202400091. https://doi.org/10.1002/elan.202400091.

Статья посвящена исследованию влияния водородного охрупчивания в титановых коллекторах тока на эффективность работы электролизера воды с протонообменной мембраной. Объем статьи 9 страниц.

5. Sinyakov M.V., Spasov D.D., Mensharapov R.M., et al. Effect of TiCN Sublayer in Improving the Efficiency and Durability of Bifunctional Oxygen Electrode in URFC //Electroanalysis. – 2026. – V. 38. – №. 1. – P. e70094. https://doi.org/10.1002/elan.70094.

Статья посвящена исследованию влияния защитного покрытия карбонитридного состава в качестве подслоя на долговечность углеродных углеродов в обратимом топливном элементе с протонообменной мембраной. Объем статьи 12 страниц.

В рамках настоящей работы проводится сравнительное исследование покрытий на основе соединений титана различного состава, а также возможности их применения в качестве дополнительного подслоя на кислородном электроде обратимого топливного элемента. Дополнительно был изучен эффект водородного охрупчивания титановых коллекторов тока в электролизере воды с протонообменной мембраной.

Результаты работы апробированы на 7 международных научных конференциях.

Также получен патент на изобретение: Засыпкина А.А., Иванова Н.А., Спасов Д.Д., Меншарапов Р.М., Синяков М.В., Фатеев В.Н. Способ изготовления мембранно-электродного блока с твердополимерным электролитом: пат. 2805994 Рос. Федерация. № 2023104082; заявл. 22.02.2023; опубл. 24.10.2023

Все работы опубликованы в соавторстве. Личный вклад заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе, обсуждении и обобщении полученных результатов, подготовка и публикация работ.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв на диссертацию ведущей организации **федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур Российской академии наук»** (протокол №1 от 7 октября 2026 года), одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которой соответствует тематике диссертации. В отзыве отражены актуальность темы, сформулированные и решенные задачи, научная новизна, практическая значимость, конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов работы.

Замечания по работе:

1. В работе продемонстрированы результаты на образцах малой площади (1 $см^2$). Как предложенный способ масштабируется на реальные газодиффузионные слои площадью 100-200 $см^2$ и выше? Известно, что при увеличении площади резко возрастают требования к однородности покрытия и распределению тока.
2. Согласно данным для ресурсных испытаний рис. 30 в диссертации понижающий тренд плотности тока очень резкий. Как защитные покрытия, предложенные в диссертации, могут конкурировать с действующими электролизными установками, у которых ресурс работы десятки тысячи часов?
3. В тексте диссертации отсутствуют сведения о погрешностях экспериментальных измерений основных параметров. В работе приводятся конкретные числовые значения, однако не указано, с какой точностью они получены, и не приведена оценка инструментальных и методических ошибок. Это затрудняет оценку достоверности полученных результатов.
4. Отнесение фаз по данным рентгенофазового анализа (раздел 3.3) вызывает сомнения. Съемка проводилась на излучении Co Kα (L = 1,7889 Å), для которого основные рефлексы α-Ti должны располагаться при 2θ ≈ 41-47°, TiN и TiC (111) – при ≈ 42-43°, (200) - при ≈ 49-50°, а отражение графита (002) - при 31°. Между тем в работе фаза титана отнесена к углу 33,1°, нитриды - к 22°, 25,9° и 30°, а рефлекс при 71,9° приписан оксидам «в аморфной форме», что внутренне противоречиво. Номера карточек JCPDS, заявленной в разделе 2.2.2 в качестве эталона, не приведены; рефлексы α-Ti в разделе 5.2 (14,3°, 18,7°) лежат вне указанного диапазона съемки 28 = 20-120°. Проводилось ли отнесение с учетом длины волны используемого излучения и подтверждено ли образование карбонитрида титана независимыми методами (например, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопией или съемкой в геометрии скользящего пучка)?

Заключение по работе положительное. Диссертация Синякова М.В. «Нанесение, структура и функциональные свойства покрытий на основе соединений титана для электродов электрохимических устройств с твердополимерным электролитом» является законченной научно-квалификационной работой, а ее автор – Синяков Матвей Владимирович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 Технология неорганических веществ.

2. Отзыв на диссертацию официального оппонента доктора химических наук, профессора, главного научного сотрудника химического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» **Гутермана Владимира Ефимовича**. В отзыве отражены актуальность темы, научная новизна, достоверность и надежность полученных данных, результаты критического анализа существа работы.

Замечания по работе:
1. Два (из трех) выносимых на защиту положений формулируются как «Результаты таких-то исследований». Очевидно, что любая диссертационная работа содержит результаты исследований. Из приведенных формулировок невозможно понять какие именно результаты защищает автор. Таким образом, положения, выносимые на защиту, в значительной степени представляют собой перечень выполненных работ («способ нанесения…», «результаты исследования…») и не содержат проверяемых утверждений.
2. Часть выводов по главам и общих выводов по работе описывают не конкретно установленные факты или результаты исследования, то есть не то, что сделано/установлено, а то, что делалось в ходе работы. Например, (выводы по гл. 3): «покрытия изучались с помощью ряда физико-химических методов анализа: идет перечисление методов». В чем здесь состоит вывод? Или, например, автор отмечает в выводах: «по полученным СЭМ изображениям были рассчитаны размеры формируемых частиц». Такой вывод может быть сделан в огромном числе работ. Необходимо было указать каковы же эти размеры, в чем состоят отличия разных покрытий.
3. В разделе 2 (Материалы и методы) не хватает важных подробностей. Например, не указан состав суспензии, используемой для синтеза катализаторов. При синтезе «добавляли

расчетное количество раствора NaBH4». Каким оно было и как рассчитано, автор не указывает. Под количеством катализатора (см. описание уравнения 15) по-видимому подразумевается масса нанесенного катализатора, однако m0 – тоже масса катализатора. В чем разница этих масс? Четкого описания режима получения каждого из защитных титансодержащих покрытий я в диссертации не нашел, следовательно воспроизвести и повторить условия формирования покрытий по имеющемуся описанию невозможно. В работе часто используются термины, не несущие конкретного содержания, например, «общая рабочая характеристика устройства в целом». Не ясно, повторялись ли эксперименты, воспроизводимы ли они (это касается и свойств покрытий и поведения электродов)?

4. Глава 5 (наводороживание титановых коллекторов тока на катоде электролизера) почему-то не включена в описание целей и задач работы, которые относятся только к защитным покрытиям. Защитные покрытия в этой главе не используются, в положениях, выносимых на защиту, и в выводах заключения глава не отражена. Цель предполагает получение покрытия «с заданными техническими параметрами», правда сами параметры (толщина, электропроводность, пористость, адгезия) и критерии их выбора не названы.

5. Состав нанесенных покрытий определен методом ЭДС (табл. 5). Толщина покрытий не указана, а глубина анализа ЭДС, по-видимому, больше толщины покрытий. Некоторые данные табл. 5 трудно согласовать с приписанным покрытиям составом. Например, в образце 2 (TiOx) отношение O/Ti около 1.5, тогда как в тексте фаза названа TiO2. В итоге значения x и y в формулах TiOx, TiNy, TiCx, TiCxNy не определены. Прошу пояснить, чем подтвержден состав именно покрытий, а не системы «покрытие + подложка»? На мой взгляд, для уточнения состава покрытий подошли бы РФЭС с профилированием по глубине или ПЭМ поперечных срезов.

6. Режимы нанесения и сопоставимость образцов. Согласно табл. 2, описывающей условия нанесения покрытий, мощность составляла от 38.5 до 122 Вт при одинаковом времени нанесения 30 мин, поэтому толщины покрытий различаются, но не измерены. Базовое давление составляло от 1.0·10-2 до 4.4·10-2 Па, тогда как в обзоре автор указывает, что для пленок Ti без примесей нужно давление ниже 10-7 Па. Расходы N2 и O2 и мощность графитовой мишени не приведены, поэтому эксперимент нельзя воспроизвести по описанию. Выбор режима в разд. 3.1 основан на СЭМ-снимках, адгезия, пористость и электропроводность покрытий не измерялись. Смещение потенциала −200 В и мощность 90 Вт не варьировались, поэтому вывод 1 о том, что подобран лучший режим и его параметры, не подтвержден оптимизацией. В разд. 3.1.3 покрытие описано и как содержащее микропоры между агломератами, и как лишенное межзерновых пустот.

7. Автор указывает, что покрытие TiCxNy получено «впервые». Однако, магнетронное распыление карбонитрида титана известно; в обзоре автор ссылается на работы [142–145], в том числе на использование TiCxNy в ОТЭ (увеличение ресурса с 12 до 32 ч). В разделе «Степень разработанности» сказано, что влияние параметров МР на структуру и свойства покрытий «практически не изучено», что не согласуется с содержанием обзора. Прошу уточнить, что именно является новым по сравнению с [144 и 145].

8. Механизм действия подслоя. Утверждается, что подслой принимает на себя окисление, замедляя образование IrOx и растворение Ir, и защищает углеродные компоненты. Прямых подтверждений нет: не приведены данные о скорости коррозии углерода (CO2 в отходящем газе или потеря массы ГДС), о растворении Ir, о составе и структуре подслоя после испытаний. В послойном электроде подслой расположен между слоями катализаторов. В таком случае ГДС и носитель Pt/C остаются без покрытия, поэтому связь эффекта с защитой углеродных материалов не вполне ясна. Сдвиг начала роста тока на два цикла (рис. 30А) и ЦВА (рис. 30Б) не позволяют сделать однозначный вывод. В табл. 6 рост тока при 1.51 В с числом циклов трактуется как признак стабильности слоя Ir, но такой рост может отражать образование IrOx или изменение площади поверхности. Сохранение электрохимически активной площади Pt заявлено, но ее значения не приведены.

9. Оформление работы и технические неточности.

Работе не хватает четкости, однозначности терминологии и тщательности описания, что проявляется практически во всех разделах. Так, из описания цели и задач работы не ясно, о повышении долговечности каких углеродных материалов обратимого топливного элемента идет речь – материалов газодиффузионных слоев, углеродного носителя платиносодержащих катализаторов или и тех, и других? Использование защитного покрытия в качестве подслоя – подслоя для чего (см. задачу работы № 5)? Разделение каких каталитических слоев с помощью подслоя позволяет защитить их от «взаимного разрушения» и почему оно «взаимное» (см. пункт 3 раздела «Научная новизна»)? Нет расшифровки базового для методики нанесения термина - «потенциал смещения», он же «напряжение смещения».

Во введении нет раздела о личном вкладе автора и соответствии паспорту специальности. Работа А1 является обзорной, при этом в главах 3 и 4 автор ссылается на [А1] как на источник результатов. Нумерация рисунков 16–18 повторяется в разд. 3.1 и 3.2; в подписи рис. 17 указан режим постоянного тока вместо импульсного; в подписи рис. 21 указан образец 5 вместо 6; в разд. 1.6.2 дана ссылка на рис. 12 вместо рис. 7; в разд. 5.1 – на рис. 30В вместо 32В; для расчета $\lambda$ дана ссылка на формулу (20) вместо (19). Аббревиатура РВК используется и для реакции восстановления, и для реакции выделения кислорода (разд. 1.3.3). В разделе 1.5.3 сказано, что электроосаждением нельзя получать многослойные покрытия, что не соответствует литературным данным.

Заключение по работе положительное. На основании проведенной экспертизы сделан вывод, что диссертационная работа Синякова Матвея Владимировича является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, имеющую новизну и практическую значимость, а ее автор – Синяков Матвей Владимирович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 Технология неорганических веществ.

3. Отзыв на диссертацию официального оппонента, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедры химии и электрохимической энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» **Климовой Марии Андреевны**. В отзыве отражены актуальность темы, научная новизна, практическая значимость и теоретическая значимость.

Вопросы:

1. В разделе, посвященном формированию многослойного кислородного электрода указано, что толщина TiCN-подслоя не превышает 100 нм. Каким методом контролировалась фактическая толщина покрытия и ее равномерность на волокнистом газодиффузионном слое? Как изменение толщины покрытия влияет на омическое сопротивление, пористость и транспорт реагентов?
2. Оптимальным выбран режим постоянного тока с отрицательным смещением -200 В. Насколько чувствительны структура и защитные свойства $TiC_xN_y$ покрытия к изменению мощности, времени осаждения и геометрии подложки? Какие параметры, по мнению автора, являются критическими при масштабировании технологии на электроды большей площади?
3. Пятая глава диссертации посвящена исследованию влияния наводороживания титановых коллекторов тока на характеристики электролизера воды с протонообменной мембраной. Возможно ли применение исследованных в работе покрытий на основе соединений титана, в частности $TiC_xN_y$ для снижения наводороживания и повышения долговечности титановых коллекторов тока?
4. Рассматривалась ли возможность замены углеродного газодиффузионного слоя кислородного электрода на более устойчивый к коррозии материал, например пористый титан? Какие преимущества и ограничения, по мнению автора, имел бы такой подход по сравнению с нанесением защитного покрытия на углеродный ГДС?

Замечания и рекомендации:

1. В работе не приведена систематическая количественная оценка толщины всех исследованных защитных покрытий и ее разброса по поверхности образца. Для TiCN-подслоя

указано лишь ограничение «не более 100 нм». Поскольку толщина непосредственно влияет на сопротивление, газопроницаемость и полноту защиты углеродной поверхности, целесообразно дополнить описание методикой измерения и данными о воспроизводимости данного параметра.
2. Несмотря на продемонстрированное повышение долговечности ОТЭ при использовании защитного покрытия, основные ресурсные результаты получены в условиях ускоренного стресс-тестирования. В дальнейшем целесообразно провести длительные испытания устройства в условиях, максимально приближенных к реальным режимам эксплуатации, с оценкой стабильности электрохимических характеристик и ресурса работы.
3. Идентификация фазового состава тонких покрытий методом рентгенофазового анализа в ряде случаев носит предположительный характер и опирается на сопоставления слабых/перекрывающихся рефлексов с литературными данными. Для многокомпонентных покрытий $TiO_xN_y$ и $TiC_xN_y$ желательно подтверждение химического состояния и фазового состава дополнительными поверхностно-чувствительными методами, например РФЭС или рентгенографией в скользящем пучке.
4. В тексте имеется внутреннее несоответствие в указании толщины мембраны марки Nafion® 212: в разделе 2.1.4 приведено значение 50 нм, тогда как далее в разделе 2.3.1 указано 50,8 мкм. Очевидно, первое значение является технической ошибкой.
5. В диссертации присутствуют определенные редакционно-технические недочеты: нарушения нумерации разделов и рисунков, повторное использование номеров рисунков, отдельные несоответствия ссылок и подписей, а также отсутствие размерной шкалы на части микрофотографий. Эти недостатки не затрагивают существа полученных результатов.

Заключение по работе положительное. Диссертация Синякова Матвея Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, результаты диссертации оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью. Большая часть результатов отражена в публикациях и апробирована на профильных конференциях.

Диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом ректора №103 ОД от 14 сентября 2023 г., предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Синяков Матвей Владимирович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.7 Технология неорганических веществ.

4. Отзыв на автореферат кандидата химических наук, младшего научного сотрудника лаборатории электрокатализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина» Российской академии наук **Панченко Надежды Владимировны**.

В отзыве отмечена актуальность темы и практическая значимость работы. По работе имеется два замечания:
- В работе автор при изучении поверхности полученных покрытий упоминает размер отдельных частиц, однако про толщину всего покрытия информации нет, проводилась ли ее оценка?
- Исходя из описания содержания пятой главы изучение водородного насыщения в титановых коллекторах тока не связано с применением защитных покрытий. Проводилась ли оценка возможности применения приведенных в работе защитных покрытий в качестве защиты поверхности коллекторов тока от образования гидридов титана?

Указанные замечания носят характер уточнения и не снижают общей ценности полученных результатов. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, а ее автор - Синяков М.В. - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 Технология

неорганических веществ. Отзыв положительный.

5. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» **Спасова Дмитрия Дмитриевича**.

В отзыве на автореферат отмечена актуальность темы, а также наиболее важные результаты работы.

Замечания:

1. При изучении различных типов архитектуры кислородного электрода точка, при которой заканчивались измерения, установлена в 1 А/см$^2$. Чем обусловлен выбор данной точки? Возможно ли, что устройство проработало больше 20 указанных циклов?
2. На рисунке 7 приведены графики с оценкой вкладов омического и транспортного сопротивления при плотностях тока 0,07 А/см$^2$, 1 А/см$^2$ и 1,43 А/см$^2$. С чем связан выбор именно таких нестандартных значений плотности тока?

Указанные замечания носят характер уточнения и не снижают общей ценности полученных результатов. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, а ее автор - Синяков М.В. - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 Технология неорганических веществ. Отзыв положительный.

6. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, ведущего инженера кафедры технологии изотопов и водородной энергетики, старший научный сотрудник национальной аналитической сертификационной лаборатории Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» **Мосеевой Валерии Сергеевны**.

В отзыве на автореферат отмечена актуальность темы, а также наиболее важные результаты работы.

Замечания:

1. Изучалась ли эффективность ОТЭ в режиме топливного элемента после проведения циклов стресс-тестирования, описанных в главе 4? Как проведение циклов отразилось на вольтамперной характеристике этого режима?
2. На рисунках 2, 4, 6 отсутствуют шкалы размерности оптических микрофотографий.

Указанные замечания носят характер уточнения и не снижают общей ценности полученных результатов. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, а ее автор - Синяков М.В. - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 Технология неорганических веществ. Отзыв положительный.

Выбор официальных оппонентов основывается на компетентности в соответствующей отрасли науки, наличия у них публикаций по научной специальности и тематике защищаемой диссертационной работы. В качестве ведущей организации выбрана организация, широко известная своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способная определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*разработан* состав и способ нанесения неорганического защитного покрытия на основе соединений титана методом магнетронного распыления с заданными фазовыми составами и структурами. Представлены результаты физико-химических исследований полученных покрытий различного состава, на основе сравнительного анализа рекомендовано покрытие, обеспечивающее долгосрочную защиту углеродных ГДС.

*предложен* способ формирования многослойной архитектуры кислородного электрода обратимого топливного элемента с применением подслоя на основе покрытия состава $TiC_xN_y$, позволяющий повысить долговечность и эффективность обратимого топливного элемента.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

*определены* параметры магнетронного распыления, позволяющие создавать высокоэффективные износостойкие защитные покрытия электродов на основе углеродного материала. Подобные электроды могут применяться во многих электрохимических устройствах, в том числе, в обратимом топливном элементе.

*показано*, что применение защитного покрытия состава $TiC_xN_y$ в качестве подслоя в составе кислородного электрода может повышать количество циклов работы при переключении обратимого топливного элемента между режимами топливного элемента и электролизера воды. Результаты исследований могут быть использованы при создании высокоэффективных электродов для различных видов электрохимических устройств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

*экспериментальные данные* получены с использованием современного оборудования и стандартизированных аналитических средств;

*использованы* классические методики обработки данных и литературные данные, свидетельствующие об образовании соединений титана.

Личный вклад автора состоит в непосредственном выполнении диссертационного исследования, включая планирование его этапов, монтаж и отладку экспериментальных установок, проведение опытов, обработку и интерпретацию полученных данных, анализ, обсуждение и обобщение итоговых результатов.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ в части пунктов:

1. Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты.

9. Разработка оптимальных структур и конструкций, а также инновационных технологий изготовления материалов с заданными потребительскими и технико-экономическими показателями для обеспечения снижения затрат на организацию их производства и повышение качества продукции.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева 14 сентября 2023 г. № 103ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.06 22 октября 2026 г. принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Синякову Матвею Владимировичу за новые научно обоснованные технологические разработки, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Присутствовало на заседании 15 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции 4. Докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 8.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» - 10,

«против» - нет,

недействительные бюллетени - 1.

Проголосовало 4 члена диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за» - 4,

«против» - нет,

не проголосовало - нет.

**Итоги голосования:**

«за» - 14,

«против» - нет,

недействительные бюллетени - 1,

не проголосовало - нет.

Председатель диссертационного совета д.т.н, профессор Грунский В.Н.

Ученый секретарь
диссертационного совета к.т.н., доцент Стоянова А.Д.

Дата «22» октября 2026 г.