

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
РХТУ.2.6.07 РХТУ им. Д.И. Менделеева
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 9/26
решение диссертационного совета
от 03 июня 2026 г. № 18

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Ньеин Чан Мое, представившему диссертационную работу на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» по научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Диссертация принята к защите «22» апреля 2026 г., протокол №17, диссертационным советом РХТУ.2.6.07 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 15 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 267 от «08» июля 2022 г., с изменениями, внесенными приказами и.о. ректора № 317А от «01» ноября 2023 г., № 189 А от «14» июля 2025 г. Полномочия диссертационного совета продлены приказами и.о. ректора № 52 ОД от «24» марта 2025 г., № 89 ОД от «05» мая 2025 г.

Соискатель Ньеин Чан Мое, 1993 года рождения, в 2019 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по направлению 18.04.01 Химическая технология (диплом магистра 107718 0954572).

В 2024 г. Ньеин Чан Мое окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (диплом об окончании аспирантуры 107734 0245686).

С 01 сентября 2024 по настоящее время Ньеин Чан Мое продолжает обучение в качестве соискателя на кафедре технологии неорганических веществ и электрохимических процессов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Диссертационная работа выполнена на кафедре технологии неорганических веществ и электрохимических процессов в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Бродский Владимир Александрович, доцент кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

– доктор химических наук, профессор **Ольшанская Любовь Николаевна**, профессор кафедры «Экология и техносферная безопасность», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»;

– кандидат химических наук **Ботрякова Инна Геннадьевна**, старший научный сотрудник лаборатории строения поверхностных слоев, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 16 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе в 4 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Chemical Abstracts; 12 тезисах докладов – в материалах всероссийских и международных конференций, получен 1 патент РФ на полезную модель.

Опубликованные работы посвящены разработке покрытия на основе диоксида свинца, модифицированного оксидами металлов, с целью создания анодных материалов, способных заменить дорогостоящие аноды на основе металлов платиновой группы и, в частности, ОРТА (оксидно-рутениево-титановый анод) в различных электрохимических процессах. Публикации посвящены исследованию электрохимического поведения нерастворимых анодов с покрытием из PbO_2 , с добавками TiO_2 , SnO_2 и других оксидов в низкотоковых электрохимических процессах, в т.ч. получения неорганических веществ, включая синтез гипохлорита натрия и хлората натрия, получения гидроксида натрия и серной кислоты в процессе утилизации солевых отходов методом мембранного электролиза. В опубликованных работах отражены исследования, посвящённые использованию анодов на основе PbO_2 , с добавками TiO_2 в процессе электрофлотационного извлечения тяжёлых металлов из водных растворов с повышенным солесодержанием. Опубликованные работы полностью отражают результаты, полученные в диссертации.

Апробация результатов научного исследования подтверждена публичными докладами на 9 международных и всероссийских конференциях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Ньеин Ч.М., Абакумов М.В., Касаткина В.В., Колесников А.В., Мазурова Д.В. Электроосаждение покрытий диоксида свинца из щелочных электролитов с композиционными добавками и анализ их структуры // Химическая промышленность сегодня. 2022. № 5. С. 24-33. (Chemical Abstracts)

2. Ньеин Ч.М., Абакумов М.В., Рыкалина У.С., Бродский В.А., Колесников А.В. Исследование электрофлотационного извлечения тяжёлых металлов из модельных растворов с диоксид-свинцовым анодным материалом // Гальванотехника и обработка поверхности. 2023. Т. 31, № 2. С.21-29. (Chemical Abstracts)

3. Ньеин Ч.М., Абакумов М.В., Колесников А.В., Бродский В.А. Утилизация солевых отходов методом электродиализа с получением вторичных продуктов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 96–103. (Scopus)

4. Ньеин Ч.М., Абакумов М.В., Колесников А.В., Бродский В.А., Новиков В.Т. Исследование процесса обессоливания раствора сульфата натрия методом стационарного электродиализа в трёхкамерном электролизёре // Химическая промышленность сегодня. 2023. № 4. С. 43-50. (Chemical Abstracts)

В материалах тезисов докладов и конференций:

1. Ньеин Ч.М. Получение анодных покрытий из диоксида свинца введением в их структуру композиционных добавок / Ч.М. Ньеин, М.В. Абакумов, М.К. Исаев, А.В. Колесников // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022): сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 18 – 20 апреля 2022 года. Том 4. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2022. – С. 177–180.
2. Касаткина В. В. Осаждение диоксида свинца из щелочного электролита с добавлением композиционных добавок / В.В. Касаткина, М.В. Абакумов, Ч.М. Ньеин, Д.В. Мазурова, А.В. Колесников // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: Сборник материалов IX Всероссийской конференции, посвященной 55-летию Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, Чебоксары, 01 – 02 декабря 2022 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, 2022. – 338 с. – С. 188–189.
3. Ньеин Ч.М. Получение новых анодных материалов на основе диоксида свинца с введением композиционных добавок в их структуру / Ч.М. Ньеин, М.В. Абакумов, В.А. Бродский, А.В. Колесников // Материалы Международного молодёжного научного форума «Ломоносов-2023» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2023. ISBN 978-5-317-06952-0.
4. Абакумов М.В. Переработка солевых техногенных отходов I-II классов опасности методом электролиза с получением вторичных продуктов / М.В. Абакумов, А.М. Мостовая, Ч.М. Ньеин, А.В. Колесников // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: Сборник материалов IX Всероссийской конференции, посвященной 55-летию Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, Чебоксары, 01 – 02 декабря 2022 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2022. – 338 с. – С. 82–83.
5. Абакумов М. В. Усовершенствованная конструкция электролизёра фильтр-прессного типа для получения пероксида водорода электрохимическим методом / М.В. Абакумов, А.В. Колесников, В.А. Бродский, Ч.М. Ньеин // Материалы Международного молодёжного научного форума «Ломоносов-2023» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова [Электронный ресурс]. – М.: МАКС Пресс, 2023. ISBN 978-5-317-06952-0.
6. Ньеин Ч.М. Влияние состава среды на эффективность извлечения гидроксидов тяжелых металлов из сточных вод методом электрофлотации / Ч.М. Ньеин, В.А. Бродский // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2024» / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, Е.И. Зимакова [Электронный ресурс]. – М.: ООО СИПНН Н.Д. Кондратьева, 2024. ISBN 978-5-901-64042-5.
7. Ch. M. Nyein, V. A. Brodsky, S. W. Jima, and C. Myo. Practical Application of Lead Dioxide Anode for Removal of Heavy Metals from Wastewater // Advances in Ecology and Environmental Engineering: Proceedings of the 2nd International Conference on Ecology and Environmental Engineering (RusEcoCon-2024), Moscow, March 25 – 29, 2024. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2024. – 560 p. – P. 243-254.
8. Ньеин Ч.М. Влияние композиционных добавок на морфологию электрохимического диоксида свинца / Ч.М. Ньеин, М.В. Абакумов, М.К. Исаев, А.В. Колесников // Успехи в химии и химической технологии. – 2022. – Т. 36, № 4 (253). – С. 107-109.
9. Ньеин Ч.М. Разработка и совершенствование технологии очистки сточных вод методом электрофлотации / Ч.М. Ньеин, В.А. Бродский // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2023: Сборник докладов IV Национальной научной конференции, Москва, 15

декабря 2023 года. – Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2024. – С. 592-596.

10. Ньеин Ч.М. Использование электрода на основе диоксида свинца в процессе обессоливания жидких техногенных отходов методом мембранного электролиза / Ч.М. Ньеин, В.А. Бродский // Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: Сборник научных трудов по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции в рамках VI Всероссийского научно-общественного форума «Экологический форсайт», Саратов, 30 – 31 октября 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2024. – С.85-89.

11. Ньеин Ч.М. Использование анодов на основе PbO_2 в процессе получения хлоратов натрия / Ч.М. Ньеин, Т.А. Хейн, В.А. Бродский, А.В. Перфильева // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 7 – 12 октября, 2024, Федеральная территория «Сириус», Россия. Сборник тезисов докладов в 7 томах. Том 2. – М.: ООО «Буки Веди», 2024. – 528 с. – ISBN 978-5-00202-666-1 [т. 2] – С.212.

12. Бродский В.А. Использование электродных материалов на основе PbO_2 допированных TiO_2 в качестве замены электродов ОРТА в электрофлотационном процессе / В.А. Бродский, Ч.М. Ньеин, С.В. Джима // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, 7 – 12 октября, 2024, Федеральная территория «Сириус», Россия. Сборник тезисов докладов в 7 томах. Том 4. – М.: ООО «Буки Веди», 2024. – 324 с. – ISBN 978-5-00202-668-5 [т. 4] – С.104.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

От официальных оппонентов:

1. Доктор химических наук, профессор **Ольшанская Любовь Николаевна**, профессор кафедры «Экология и техносферная безопасность» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»;

Замечания и вопросы по работе

1. Согласно рекомендациям (ГОСТ 8.417-2002 (Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин)) требуется отделять знак процента (%), (как и знаки других единиц измерения) от цифрового значения неразрывным пробелом. Те же требования относятся к знаку градуса Цельсия ($^{\circ}C$). Его следует отделять от цифры неразрывным пробелом спереди. Это особенно важно для технической и научной документации. Данные рекомендации не соблюдены автором.

2. Диссертантом в методической части не указана повторность экспериментов, например, при установлении составов исследованных в работе покрытий PbO_2 с добавками TiO_2 , Y_2O_3 , ZrO_2 , SnO_2 и этиленгликоля (при анализе микрофотографий поверхностей, полученных методом сканирующей электронной микроскопии (рис.12, с.94 и др.)).

3. Из представленных соискателем результатов РФА следует, что добавки Y_2O_3 и ZrO_2 не входят в структуру осадка при электроосаждении PbO_2 , так как они отсутствуют в полученном покрытии; при этом частицы TiO_2 и SnO_2 входят в структуру осадка PbO_2 (табл. 4-6).

Хотелось бы получить более подробные пояснения – чем обусловлено такое поведение вводимых компонентов и материалов основы (нержавеющая сталь, свинец, титан) и какое влияние они оказывают на свойства формирующихся PbO_2 покрытий.

4. Измерения микротвердости материалов PbO_2 , PbO_2-TiO_2 и PbO_2-SnO_2 , как характеристики надежности и долговечности электродов в электрохимических системах (рис. 15-17), показали её различия и выявили влияния TiO_2 и SnO_2 на механические свойства диоксида свинца. Увеличение твердости при добавлении TiO_2 автор связывает с механизмом дисперсного упрочнения материала, а неравномерность профиля твердости для PbO_2/SnO_2 –

со сложностью гомогенного распределения оксида олова в матрице диоксида свинца и влиянием термических процессов на микроструктуру материала.

Не совсем ясно – о каких термических процессах идет речь?

5. На рисунках и в таблицах не указан доверительный интервал (погрешность измерения). При этом, например, некоторые кривые на рисунках 19 (с.109), 20 (с.111), 24 (с.118), 55, 56 (с.185 и др.) практически не отличаются (сливаются) и пересекаются.

Приведенные замечания не отражаются на общей положительной оценке диссертации, которая обладает всеми необходимыми элементами: актуальностью, достоверностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью результатов.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации, являющейся завершенной научно-квалификационной работой, в которой получен большой объём новых данных, посвящённых разработке покрытия на основе диоксида свинца, модифицированного оксидами металлов, с целью создания анодных материалов, способных заменить дорогостоящие аноды на основе металлов платиновой группы и, в частности, ОРТА (оксидно-рутениево-титановый анод) в электрохимических процессах получения неорганических веществ, включая синтез гипохлорита натрия и хлората натрия, получения гидроксида натрия и серной кислоты. Кроме того, крайне важным представляется использование и апробация разработанных электродных материалов в процессах очистки сточных вод с использованием электрофлотации и электрокоррекции рН.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертационная работа Ньеин Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» представляет собой завершенное научное исследование, обладающее научной новизной, теоретической и практической значимостью, выполненное на высоком уровне по актуальной теме, связанной с повышением энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов на основе диоксида свинца.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии в части: п. 3 Электрохимические, химические, физические и комбинированные методы обработки поверхностных материалов и нанесения покрытий. Гальванопластика и гальваностегия; п. 4 Технология электрохимического синтеза органических и неорганических веществ, электролиза, электрорафинирования и электроэкстракции. Электромембранные и электрофорезные технологии; п. 8 Экологические вопросы коррозии, противокоррозионных и электрохимических технологий. Очистка, регенерация, обезвреживание и утилизация отходов электрохимических производств и использование противокоррозионной техники.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертационное исследование Ньеин Чан Мое отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ имени Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Автор исследования, Ньеин Чан Мое, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

2. Кандидат химических наук **Ботрякова Инна Геннадьевна**, старший научный сотрудник лаборатории строения поверхностных слоев, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук».

Вопросы и замечания по работе

1. Ни разу в ходе обсуждения результатов авторы не назвали свои покрытия «композитными анодами», хотя в литературном обзоре этот термин неоднократно встречается по отношению к подобного рода покрытиям. То есть это широко употребляемый и признанный научный термин.
2. рис. 21-23. Скорость развёртки потенциала 200 мВ/с говорит о том, что анодные поляризационные кривые снимались в течение 5 с. Исследование какой-либо кинетики по таким быстро снятым кривым вообще в принципе является нонсенсом для подобного типа процессов. Авторы не приводят никаких сравнительных литературных данных для ОРТА и PbO_2 . Форма кривых, их наклон, полученных авторами говорит о том, что высока вероятность неправильной постановки эксперимента и большой омической составляющей (особенно это заметно в случае с ОРТА и PbO_2).
3. Нет данных по толщине покрытия для всех исследований, кроме пункта 3.8.1. Хотя в методике указано, что толщину покрытий измеряли с использованием тринокулярного микроскопа. Неясно делали ли это при помощи неразрушающего контроля или с помощью анализа поперечного среза покрытия.
4. В тексте диссертации говорится об анализе градиента твердости по толщине слоя. Не совсем ясно как удалось померить градиент твёрдости по толщине, делали ли шлифы исследованных покрытий.
5. п.2.3.1 «Продолжительность электрофлотации составила 15 минут, процесс проводили при $i_v = 0,1; 0,4; 0,8$ А/л.» А чем обусловлен переход от А/дм² к А/л и какая анодная плотность тока в итоге реализуется на поверхности исследуемых анодов? Почему выбраны именно эти значения $i_{об}$?
6. Не совсем ясно было из текста диссертации, а зачем в принципе нужны были добавки к PbO_2 , если и так сам PbO_2 осаждается с образованием мелкозернистых, компактных и слабо пористых покрытий. Также недостаточно обоснован выбор этих добавок, не рассмотрены свойства использованных оксидов.
7. В перечне анализируемых анодов (взятых для сравнения с исследуемыми) не было магнетита, хотя это широко используемый анодный материал, в том числе в производстве гипохлорита натрия.
8. В п.3.4 есть сравнение только с одним анодом, ОРТА, в одном подпункте из одиннадцати - 3.4.5. Не совсем ясно почему приводится большой массив данных по электрофлотации только для одного типа анодных покрытий и заявляется об их эффективности.
9. п.3.4.5 «В растворах с концентрацией сульфата натрия 1 г/л и $i_v = 0,1$ А/л степень извлечения на PbO_2-TiO_2 выше, чем ОРТА.» В связи с этим не совсем ясен выбор объёмной плотности тока равной 0,4 А/л, при которой проводилось большинство исследований в данном разделе, почему отклонили $i_v = 0,1$ А/л.
10. Не совпадает описание кривых на рис.32 и рис.33 в тексте диссертации с авторефератом. Описание табл.10 в тексте не совпадает с цифрами в ней.
11. п.3.8.1 «Изменение веса электрода также было незначительным» Это смотря с чем сравнивать, авторы не привели изначальную массу анодного покрытия. Соответственно не ясен процент убыли массы, что более показательнее, чем абсолютная величина.

Сделанные замечания не затрагивают сути работы и основных выводов диссертации. Научные выводы диссертационной работы, как и выносимые на защиту положения, достаточно обоснованы. Работа изложена последовательно, сбалансирована в своих основных частях и, в целом, хорошо оформлена.

Текст автореферата полностью отражает материалы диссертации, содержание и выводы соответствуют основным положениям работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертационная работа Ньеин Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» является завершённой научно-квалификационной работой. Автором получен большой объём новых экспериментальных и теоретических данных, посвящённых разработке новых анодных материалов на основе диоксида свинца, модифицированного оксидами металлов и способных заменить дорогостоящие аноды на основе металлов платиновой группы и, в частности, ОРГА в процессах электрохимического синтеза неорганических веществ, включая синтез гипохлорита натрия и хлората натрия, получения гидроксида натрия и серной кислоты. Проведены испытания устойчивости анодов в различных электрохимических процессах и представлен технико-экономический расчёт получения и использования разработанных анодов по сравнению с анодами ОРГА. Отдельно следует отметить испытание и оценку эффективности использования разработанных анодов на основе диоксида свинца в процессах электрофлотационной очистки сточных вод от ионов металлов и электрокоррекции pH растворов, что расширяет области применения разработанных анодов.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии в части: п. 3. Электрохимические, химические, физические и комбинированные методы обработки поверхностных материалов и нанесения покрытий. Гальванопластика и гальваностегия; п. 4. Технология электрохимического синтеза органических и неорганических веществ, электролиза, электрорафинирования и электроэкстракции. Электромембранные и электрофорезные технологии; п. 8. Экологические вопросы коррозии, противокоррозионных и электрохимических технологий. Очистка, регенерация, обезвреживание и утилизация отходов электрохимических производств и использование противокоррозионной технике. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертационное исследование Ньеин Чан Мое отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Автор исследования, Ньеин Чан Мое, заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Отзыв ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»).

Вопросы и замечания по работе

1. Диссертантом предложены электроды на основе PbO_2 для очистки сточных вод от тяжелых металлов (электрофлотация), электрокоррекции pH природных и техногенных вод, получения гипохлорита натрия. В разделе 3.8 показана потеря массы данного электрода при всех исследованных процессах. Однако, концентрация Pb^{2+} в обработанных растворах не измерена и не обсуждена, хотя ПДК свинца в питьевой воде составляет 0,01 мг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Экологические аспекты утилизации PbO_2 -электродов также не рассмотрены.

2. В тексте диссертации отсутствуют указания на количество параллельных экспериментов, не представлены значения стандартного отклонения или доверительного

интервала, отсутствует оценка погрешности или неопределенности измерений. Автор делает выводы о преимуществах предлагаемого электрода PbO_2-TiO_2 перед ОРТА на основании результатов единичных измерений, различия между которыми нередко составляют единицы процентов, т. е. в пределах типичной экспериментальной погрешности.

3. Термин «энергоресурсоэффективность», вынесенный в заголовок работы не определен, его критерии не сформулированы. Сравнение энергопотребления (раздел 3.9) показывает сопоставимые значения для PbO_2-TiO_2 и ОРТА.

4. Автор неоднократно утверждает, что покрытия из щелочного электролита формируются «преимущественно в α -модификации» PbO_2 , и обсуждает различия свойств α - и β - PbO_2 (литобзор, раздел 3.1). Однако XRD-анализ не описан в экспериментальной части работы. Заявленный в преамбуле раздела 2.2 (с.70) «рентгенофазовый анализ» на проверку оказывается рентгенофлуоресцентным (с.74), т. е. элементным, а не фазовым.

5. Положения, выносимые автором на защиту, в большинстве случаев таковыми не являются. Приведенные диссертантом под эгидой положений высказывания представляют собой либо описание результата исследования, либо действия, или наименование раздела работы.

6. Ряд пунктов, содержащих элементы новизны, помещен в раздел «Практическая значимость» (новые данные о влиянии фоновых солей, систематизация механизмов деградации электродов).

7. В тексте диссертации обнаруживаются ошибки и стилистические неточности, в некоторых случаях, по-видимому, связанные с машинным переводом и генерацией текста искусственным интеллектом.

Приведенные замечания не затрагивают основные результаты работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Диссертационная работа обладает актуальностью, достоверностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью результатов. Выводы работы достоверны и подтверждены экспериментальными данными, полученными автором самостоятельно.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, являющейся завершённой научно-квалификационной работой, в которой получен большой объём новых данных, посвященных разработке и испытаниям анодов на основе диоксида свинца PbO_2 , модифицированных диоксидами титана и олова, в различных электрохимических процессах, в т.ч. при синтезе гипохлорита натрия и хлората натрия, получении гидроксида натрия и серной кислоты, электрокоррекции pH растворов, а также в процессах очистки сточных вод и высококонцентрированных растворов электролитов от ионов тяжёлых металлов с использованием метода электрофлотации.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертационная работа Ньеин Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» представляют собой завершённое научное исследование, обладающее новизной, теоретической и практической значимостью, выполненное на хорошем уровне по актуальной теме, связанной с повышением эффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания и применения новых электродов на основе диоксида свинца, модифицированного диоксидами титана и олова.

Диссертационное исследование Ньеин Чан Мое отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Автор исследования, Ньеин Чан Мое, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9.

Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Диссертация, автореферат и отзыв рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Аналитической химии, сертификации и менеджмента качества» (АХСМК) ФГБОУ ВО «КНИТУ» (протокол №13 от 14 мая 2026 г.).

Отзывы на автореферат:

1. Отзыв кандидата экономических наук **Ерёмина Игоря Владимировича**, проректора по инновационному и инфраструктурному развитию ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания:

в работе целесообразно было бы шире раскрыть вопрос масштабирования предложенной технологии изготовления электродов для промышленного применения.

Указанные замечания не снижают общей положительную оценку работы.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Судя по автореферату, диссертационное исследование Ньеин Чан Мое соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа является завершённым научно-квалификационным исследованием, в котором изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ.

Представленная диссертационная работа на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Ньеин Чан Мое, заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических технических процессов и защита от коррозии.

2. Отзыв доктора технических наук, профессора **Лазарева Сергея Ивановича**, заведующего кафедрой «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

Следует отметить, что автором проведены исследования морфологии, структуры и электрохимических характеристик покрытий. Однако интерпретация полученных результатов в большинстве случаев носит описательный характер и не сопровождается углублённым теоретическим анализом.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

На основании данных автореферата можно сделать вывод, что диссертационное исследование Ньеин Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД.

Считаю, что Ньеин Чан Мое заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

3. Отзыв кандидата химических наук **Губина Александра Федоровича**, научного консультанта ООО «НТЦ ВАТТ». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. При объяснении изменения адгезионных свойств анодных покрытий PbO_2/TiO_2 , автор связывает их с увеличением площади контакта покрытия с основой и изменением структуры осадка. Однако площадь контакта зависит от методов подготовки основы и является во всех опытах одинаковой, а видимая структура осадка также не является очевидной причиной, влияющей на адгезионное состояние покрытия.

2. Изменение состояния границы раздела оксид/основа при проведении анодных процессов является основной причиной разрушения электродов, поэтому необходимо расширение данных о долговременной устойчивости электродов в рассмотренных электрохимических процессах.

3. Представленные результаты получены преимущественно с использованием модельных растворов, но для разработки рекомендаций для практического использования необходимы подтверждающие данные с использованием промышленных растворов.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Отмеченные замечания имеют частный характер и не снижают общей высокой оценки работы. Работа Ньеин Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а её автор, Ньеин Чан Мое заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии.

4. Отзыв доктора химических наук, профессора **Реформатской Ирины Игоревны**, профессора кафедры процессов горения и экологической безопасности ГПС МЧС России. Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. Электролиз проводили в стеклянной ванне объемом 0,1 л и использовании электродов малого размера (с. 6,7 автореферата). Не приведены сведения относительно того, может ли увеличение размеров ванны и электродов повлиять на протекание процесса электроосаждения покрытий.

2. На с. 7 автореферата указано, что в качестве анодов использовали титан, нержавеющую сталь, свинец и никель, однако все приведенные экспериментальные результаты относятся исключительно к титановой подложке.

3. В работе имеются синтаксические и грамматические ошибки.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Высказанные замечания не снижают научной ценности выполненной работы. Судя по автореферату, диссертационная работа Ньеин Чан Мое соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а соискатель заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии (технические науки).

5. Отзыв кандидата технических наук **Васильевой Евгении Григорьевны**, научного сотрудника лаборатории радиозологии института проблем безопасного развития атомной энергетики российской академии наук (ИБРАЭ РАН). Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. В автореферате встречаются незначительные орфографические ошибки, наличие которых не влияет на техническую составляющую представленной работы.

2. В работе недостаточно полно раскрыты физико-химические механизмы влияния модифицирующих добавок (TiO_2 , SnO_2) на процессы формирования анодных покрытий. В частности, не рассматриваются возможные изменения кристаллической структуры, дефектности, распределения фаз и их влияние на электрохимическую активность материалов.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Несмотря на указанные замечания, работа может быть оценена положительно.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Ньеин Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а её автор, Ньеин Чан Мое заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии.

6. Отзыв доктора технических наук **Ермакова Василия Васильевича**, доцента кафедры «Химическая технология и промышленная экология» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. В работе не использованы методы математического и численного моделирования, что ограничивает уровень теоретической обоснованности результатов. Применение многомерных математических моделей (например, при варьировании концентраций фоновых солей) позволило бы более глубоко интерпретировать экспериментальные данные и спрогнозировать поведение системы при изменении условий эксплуатации электродов.

2. Не рассмотрены вопросы экологической безопасности материалов, содержащих свинец и их влияние на чистоту получаемых продуктов, что особенно важно при очистке сточных вод, а также вопросы утилизации отработавших электродов.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Диссертантом проведено широкое и квалифицированное исследование в области технологий электрохимического синтеза неорганических веществ и разработки новых электродных материалов. Кандидатская диссертация Ньеин Чан Мое соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД.

Считаю, что Ньеин Чан Мое достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии.

7. Отзыв доктора технических наук, профессора **Атамановой Ольги Викторовны**, профессора кафедры «Экология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания

1. Из автореферата непонятно, какова была повторность измерений в экспериментах.

2. Не понятно, проведена ли апробация разработанных электродов в производственных условиях.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Судя по автореферату, диссертация Ньейн Чан Мое «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» выполнена на хорошем научном уровне и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а её автор, Ньейн Чан Мое заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии.

8. Отзыв доктора технических наук, профессора **Соловьевой Нины Дмитриевны**, профессора кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» ЭТИ (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания:

1. чем определяются наилучшие электрохимические характеристики электрода диоксид свинца-диоксид титана (с.15 автореферата) по сравнению с системой диоксид свинца-диоксид кремния?

2. в результате деградации анодов будут образовываться растворимые соли свинца, следовательно, потребуется удаление токсичных соединений. Как это может сказаться на экономической эффективности использования данных материалов?

3. во второй главе указаны в качестве анодного материала-подложки нержавеющая сталь, титан, свинец, никель (с.7 автореферата). Причина, по которой отказались от ряда материалов?

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Указанные вопросы не затрагивают существа работы и не снижают её общей положительной оценки.

Диссертационная работа Ньейн Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» соответствует критериям, установленным п.9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (со всеми изменениями и дополнениями, в текущей редакции). Тема диссертации, её содержание соответствует заявленной специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии. Автор - Ньейн Чан Мое, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по данной специальности.

9. Отзыв доктора технических наук, профессора **Николаевой Ларисы Андреевны**, доцента кафедры «Инженерная экология и безопасность труда» и кандидата технических наук **Липантьева Романа Евгеньевича**, доцента кафедры «Инженерная экология и безопасность труда» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». Отзыв положительный.

Вопросы и замечания:

1. В работе недостаточно подробно рассмотрены вопросы масштабирования технологии получения покрытий PbO_2-TiO_2 и особенности их эксплуатации в условиях длительной промышленной работы при повышенных плотностях тока.

2. Недостаточно раскрыты вопросы экологической безопасности применения свинецсодержащих электродных материалов.

Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы

Указанные выше замечания не снижают общей высокой оценки выполненной работы.

Диссертационная работа Ньейн Чан Мое «Повышение энергоресурсоэффективности

электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов» представляет собой самостоятельное, законченное научное исследование с грамотно поставленными задачами и их блестящим решением. Она соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 (с изм. и доп., вступившем в силу с 01.01.2025), предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, как научная квалификационная работа, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, связанные с повышением энергоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ, разработкой и исследованием новых анодных материалов на основе диоксида свинца, совершенствованием процессов мембранного электролиза, электрофлотации и электрокоррекции pH, а также снижением эксплуатационных затрат и повышением эффективности электрохимической переработки растворов и жидких техногенных отходов, а её автор, Ньеин Чан Мое, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.9. Технология электрохимических производств и защита от коррозии.

На замечания Ньеин Чан Мое дал ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью, достижениями в научных исследованиях с близкой тематикой, наличием у оппонентов и ведущей организации публикаций в рецензируемых журналах и их высоким профессиональным уровнем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

получены новые экспериментальные результаты, характеризующие процесс электроосаждения покрытий диоксида свинца из щелочных электролитов с композиционными добавками (TiO_2 и SnO_2);

показано, что электроды на основе $\text{PbO}_2\text{-TiO}_2$ можно рекомендовать в качестве дешёвой и простой альтернативы получения дорогостоящих анодных материалов на основе металлов платиновой группы для различных электрохимических процессов с плотностью тока не выше 5 A/дм^2 , в том числе, в электрофлотационном процессе, процессе получения гипохлорита и хлората натрия и процессах обессоливания и электрокоррекции pH;

установлено, что разработанные электродные материалы обладают высокой стабильностью и устойчивостью в средах с повышенным содержанием солей. В исследованных электрохимических процессах разработанные аноды на основе $\text{PbO}_2\text{-TiO}_2$ могут заменить анод ОРТА, что приводит к повышению выхода целевых продуктов и экономической эффективности процессов в целом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

экспериментально **установлены** закономерности формирования покрытий PbO_2 из щелочных плюмбитных электролитов, определено влияние плотности тока, температуры и состава на их морфологию, прочность и адгезию;

расширены теоретические представления о поведении модифицированных электродов на основе PbO_2 в процессах синтеза неорганических веществ – гипохлорита и хлората натрия,

серной кислоты и гидроксида натрия, а также в процессах электрофлотации, электрокоррекции рН и мембранного электролиза;

автором **использован** комплекс современных физико-химических методов исследования: для изучения морфологии покрытий использован метод сканирующей электронной микроскопии (JEOL 1610LV); элементный состав был определен с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (EDX-700). Твердость покрытий оценивали с использованием микротвердомера (DuraScan-70); адгезионные свойства исследовали с помощью автоматического устройства PosiTest AT-A; толщину покрытий измеряли с использованием тринокулярного микроскопа Levenhuk MED 40T; анодные поляризационные кривые были получены с применением потенциостата IPC-Pro; концентрацию ионов металлов в растворе определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (КВАНТ 2 А).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны технологические режимы процесса осаждения анодных покрытий на основе PbO_2 с добавкой TiO_2 , обеспечивающие получение прочных и стойких покрытий, пригодных для промышленного использования в различных электрохимических процессах с плотностью тока не выше 5 A/дм^2 , в том числе, в электрофлотационном процессе, процессе получения гипохлорита и хлората натрия, процессах обессоливания и электрокоррекции рН.

показана возможность использования разработанного анодного материала на основе PbO_2 с добавкой TiO_2 в процессах электрохимического синтеза гипохлорита и хлората натрия, электрохимического мембранного обессоливания растворов сульфата натрия с получением растворов серной кислоты и гидроксида натрия, процессах электрофлотации и электрокоррекции рН, в том числе, применительно к растворам с повышенным содержанием.

изучен процесс деградации электродов PbO_2-TiO_2 в различных электрохимических процессах и средах, даны рекомендации по увеличению срока службы электродов и определены области их применения. Показано, что разработанный электрод демонстрирует высокую электрохимическую устойчивость в различных процессах в интервале анодных плотностей тока $1-5 \text{ A/дм}^2$.

Полученные результаты могут быть использованы в электрохимических процессах получения неорганических веществ, включая синтез гипохлорита натрия и хлората натрия, получения гидроксида натрия и серной кислоты. Кроме того, разработанные электроды могут быть использованы в процессах водоочистки методами электрофлотации и электрокоррекции рН. Разработанные электродные материалы удовлетворяют требованиям к доступности и низкой стоимости используемых в их изготовлении материалов, а также простоте изготовления, что делает их подходящими для применения в развивающихся странах, в частности в Республике Союз Мьянма.

Экономическая целесообразность применения разработанных анодных материалов на основе PbO_2-TiO_2 обусловлена низкой стоимостью материала по сравнению с анодами ОРТА,

применяемыми в исследуемых процессах: разработанные материалы почти в 10 раз дешевле при сопоставимом сроке службы в условиях анодной плотности тока не выше 5 А/дм².

Перспективы дальнейшего развития исследований:

- расширение перечня электрохимических процессов, в которых допустимо использование разработанных электродных материалов,
- расширение перечня модифицирующих добавок для электродов на основе PbO₂, в т.ч. с использованием CeO₂, RuO₂, Fe₃O₄ и т.д.

Оценка достоверности результатов исследования:

достоверность **экспериментальных результатов** обусловлена применением современного сертифицированного оборудования с использованием корректно выбранных методик экспериментов и подтверждается воспроизводимостью экспериментальных результатов;

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах и не противоречит опубликованным экспериментальным данным по теме диссертации;

идеи базируются на анализе полученных (проверяемых и воспроизводимых) экспериментальных результатов, учитывают имеющиеся в литературе сведения по исследуемой тематике и не противоречат известным закономерностям в области формирования электрохимических покрытий;

использованы общепринятые методики статистической обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя:

- 95% объема экспериментальных данных получено лично соискателем;
- соискатель принимал участие в планировании экспериментов;
- соискатель лично провел анализ полученных результатов исследования и принял активное участие в подготовке публикаций по теме диссертационной работы.

Диссертационная работа Ньейн Чан Мое на тему «Повышение энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ за счет создания новых электродных материалов полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. №103 ОД. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача по разработке новых электродных материалов на основе диоксида свинца для улучшения энергоресурсоэффективности электрохимических процессов получения неорганических веществ и процессов очистки сточных вод методом электрофлотации.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.07 РХТУ им. Д.И. Менделеева 03 июня 2026 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Ньин Чан Мое.

Присутствовало на заседании – 13 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции – 2, в том числе докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации: 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии – 6.

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

Результаты тайного голосования:

«за»	–	<u>11</u>
«против»	–	<u>0</u>
«воздержались»	–	<u>0</u>

Проголосовали 2 члена диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за»	–	<u>2</u>
«против»	–	<u>0</u>
«воздержались»	–	<u>0</u>

Итоги голосования:

«за»	–	<u>13</u>
«против»	–	<u>0</u>
«воздержались»	–	<u>0</u>

Председатель диссертационного совета _____ д.т.н., профессор Ваграмян Т.А.

Ученый секретарь диссертационного совета _____ к.т.н. Чуднова Т.А.

Дата «03» июня 2026 г.

