

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Тажибаевой Айгерим Шотаевны на тему «Разработка способов получения антикоррозионных покрытий на основе оксида титана и стеариновой кислоты», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D07104 – Химическая технология неорганических веществ»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлению развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); <u>3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).</u>	Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки Республики Казахстан «Передовые материалы и технологии», утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан. Исследование направлено на решение фундаментальных и прикладных задач материаловедения, связанных с разработкой композиционных электрохимических покрытий и порошков на основе металлов с включением диоксида титана, а также органических защитных барьеров для стабилизации электродных материалов водных натрий-ионных систем, и выполнено на базе кафедры общей и неорганической химии КазНУ имени аль-Фараби.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие химической технологии неорганических веществ, гальванотехники и электрохимической энергетики. В работе научно обоснован адсорбционно-электрофоретический механизм соосаждения частиц TiO ₂ с металлическими матрицами Ni и Cu из водных растворов. Установленные

			закономерности влияния параметров электролиза на состав и структуру композитов расширяют теоретические представления о процессах электрокристаллизации гетерогенных систем. Кроме того, теоретически обоснована и практически реализована концепция кинетической стабилизации фосфатных анодных материалов со структурой NASICON в агрессивных водных средах посредством создания гидрофобного органического барьера.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности:	Уровень самостоятельности автора является высоким. Докторант принимала непосредственное участие в формулировании целей и задач исследования, планировании и проведении масштабного экспериментального комплекса. Автор лично выполнила эксперименты по электроосаждению композиционных покрытий и порошков, синтезу и гидрофобной модификации анодного материала $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ стеариновой кислотой. Ею самостоятельно проведены коррозионные и гальваностатические испытания, а также осуществлена обработка и интерпретация данных физико-химических методов анализа (СЭМ, ЭДС, РФА, ИК-Фурье, лазерного анализа размеров частиц и др.). Полученные научные результаты, патенты и публикации полностью отражают ключевой личный вклад автора в развитие исследуемого научного направления.
		1) высокий;	
		2) средний;	
		3) низкий;	
		4) самостоятельности нет.	
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	Актуальность диссертационной работы обоснована масштабностью проблемы коррозионного разрушения металлов и функциональных материалов, наносящего значительный экономический и экологический ущерб. Разработка долговечных композиционных электрохимических покрытий с оксидной дисперсной фазой отвечает современным вызовам по созданию износ- и коррозионно-стойких материалов для промышленности. С другой стороны, создание простых и экологически
		1) обоснована;	
		2) частично обоснована;	
		3) не обоснована.	

			безопасных способов защиты анодов водных натрий-ионных аккумуляторов от паразитных процессов саморазряда и деградации является критически важной задачей для развития безопасной стационарной энергетики. Данное обстоятельство подтверждает своевременность и актуальность выбранной темы.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Содержание диссертации полностью соответствует заявленной теме и в полном объеме раскрывает подходы к получению антикоррозионных покрытий как на основе диоксида титана, так и на основе стеариновой кислоты. В работе логично представлены развернутый литературный обзор, детальное описание экспериментальных методик и оборудования, а также глубокое обсуждение результатов исследования кинетики электроосаждения, структуры и защитных свойств КЭП систем Ni–TiO ₂ и Cu–TiO ₂ , процессов синтеза и гидрофобизации электродного материала NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C.
		<u>1) отражает;</u>	
		2) частично отражает;	
		3) не отражает.	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Поставленная в диссертации цель - разработка способов получения антикоррозионных покрытий на основе TiO ₂ в составе КЭП и порошков с матрицами Ni, Cu и органического барьера на основе стеариновой кислоты для NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C - прямо вытекает из названия темы. Сформулированные пять взаимосвязанных задач последовательно ориентированы на достижение цели, и охватывают изучение параметров электроосаждения, оценку коррозионной стойкости КЭП, разработку способа модификации анодного материала и исследование его электрохимического поведения. Задачи логически структурированы и полностью соответствуют теме диссертации.
		<u>1) соответствуют;</u>	
		2) частично соответствуют;	
		3) не соответствуют.	
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	В диссертационной работе выдержана четкая внутренняя логика. Литературный обзор формирует теоретический фундамент, раскрывает проблемы промышленной коррозии и
		<u>1) полностью взаимосвязаны;</u>	

		2) взаимосвязь частичная;	барьерной защиты, а также деградации анодов в водных батареях. Экспериментальная часть содержит описание методов получения и аттестации покрытий. В разделе результатов закономерно и последовательно развиваются идеи барьерной защиты, от внедрения инертных частиц TiO_2 в гальванические осадки никеля и меди до осаждения молекул стеариновой кислоты на фосфатный анод. Выводы работы лаконичны, аргументированы и напрямую вытекают из экспериментального материала.
		3) взаимосвязь отсутствует.	
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	
		<u>1) критический анализ есть;</u>	
		2) анализ частичный;	
5.	Принцип научной новизны	3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	В работе представлен аналитический обзор современного состояния технологий противокоррозионной защиты и модификации поверхностей. Автор критически оценивает ограничения существующих однокомпонентных покрытий (например, микропористость никеля). При рассмотрении методов стабилизации $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ автором проведено детальное сопоставление предложенного способа модификации стеариновой кислотой с известными трудоемкими и дорогостоящими стратегиями (атомно-слоевое осаждение Al_2O_3 , применение углеродных и полимерных покрытий, введение ПАВ в электролит). Новые решения аргументированы результатами сравнительных физико-химических и электрохимических испытаний, что позволяет объективно оценить их технологические преимущества.
		4) анализ отсутствует.	
		5.1 Научные результаты и положения являются новыми?	
		<u>1) полностью новые;</u>	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	Представленные научные результаты обладают полной новизной. Автором впервые проведено систематическое сравнительное исследование электроосаждения КЭП с фазой TiO_2 в двух различных матрицах (Ni, Cu) и доказан их нефарадеевский характер внедрения. Впервые установлена нелинейная зависимость скорости коррозии покрытий Ni– TiO_2 от плотности тока осаждения в хлоридной среде. Обнаружен эффект подавления анизотропного роста
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			кристаллов никеля частицами TiO_2 при сверхвысоких плотностях тока, приводящий к образованию сферических порошков. Также впервые разработан и реализован высокоэффективный способ гидрофобизации поверхности $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ стеариновой кислотой из этанольного раствора.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми?	Выводы диссертации являются полностью новыми, оригинальными и строго обоснованными. Сформулированы конкретные количественные и качественные закономерности: определены оптимальные режимы последовательного электролиза КЭП Ni-TiO_2 , выявлены диапазоны плотностей тока, обеспечивающие минимальную скорость коррозии (0,19 мм/год), и описан механизм массопереноса в сернокислом электролите для Cu-TiO_2 . Выводы по гидрофобной модификации анода четко фиксируют кардинальное изменение краевого угла смачивания (до 145°) и прирост кулоновской эффективности до 99,0%, что является принципиально новым результатом для данных систем.
		<u>1) полностью новые;</u>	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	Предложенные технологические решения обладают полной новизной и высокой степенью обоснованности. Разработанный способ модификации поверхности $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ стеариновой кислотой является экономически выгодной, простой в исполнении и экологически безопасной альтернативой вакуумным методам (ALD, CVD), поскольку не требует специализированного дорогостоящего оборудования и токсичных прекурсоров. Технические решения, касающиеся электрохимического синтеза композиционных покрытий и порошков, оптимизированы по составам электролитов и гидродинамическим режимам. Новизна и приоритетность предложенных способов подтверждены 5 патентами на полезную модель и одним патентом на изобретение.
		<u>1) полностью новые;</u>	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Основные выводы диссертации базируются на строгом и репрезентативном экспериментальном материале. Достоверность выводов обеспечена применением обширного комплекса современных независимых методов исследования: гальваностатического электролиза, циклической и линейной вольтамперометрии (метод Тафеля), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС), рентгенофазового анализа (РФА), ИК-Фурье спектроскопии, атомно-абсорбционной спектрометрии и прецизионных гальваностатических испытаний. Экспериментальные данные взаимно дополняют друг друга и находятся в полном согласии с теоретическими моделями (модель Гульельми) и мировыми тенденциями в области защиты материалов.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: Положение 1 7.1 Доказано ли положение? <u>1) доказано;</u> 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно. 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; <u>2) нет;</u> 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	Положение 1 доказано, так как в ходе исследований методом тафелевских экстраполяций в 3%-ном NaCl зафиксировано снижение плотности тока коррозии КЭП по сравнению с чистой никелевой матрицей. Внедрение мелкодисперсных частиц TiO₂ в интервале плотностей тока 100–800 А/м² обеспечивает их равномерное распределение, блокирует активные центры на поверхности и создает механический барьер для диффузии ионов хлора, существенно повышая защитные свойства покрытия. Положение 1 не является тривиальным, поскольку процесс одновременного электроосаждения никеля и электрофоретического внедрения TiO₂ подчиняется сложным, нелинейным кинетическим закономерностям. Изменение плотности тока влияет на выход по току, перенапряжение разряда и агрегационную устойчивость частиц в приэлектродном слое. Определение точного интервала, обеспечивающего оптимальное включение дисперсной фазы

		7.3 Является ли новым?	без роста внутренних напряжений и пористости осадка, требовало глубокого многофакторного анализа, что исключает очевидность этого решения. Положение 1 является новым, потому что впервые установлена нелинейная зависимость коррозионных параметров композиционных покрытий Ni–TiO₂ от плотности тока их осаждения в хлоридных средах. В отличие от известных работ, где диоксид титана внедрялся преимущественно для повышения износостойкости в узких стандартных режимах, в данном исследовании детально раскрыто влияние широкого диапазона плотностей тока на текстуру матрицы и характер распределения фазы TiO₂, что позволило обнаружить и научно обосновать экстремальный характер изменения защитных свойств КЭП. Уровень для применения положения 1 - средний, так как полученные результаты имеют межотраслевой характер и могут быть непосредственно применены на специализированных гальванических и машиностроительных предприятиях. Разработанные режимы осаждения КЭП Ni–TiO₂ не требуют коренной модернизации существующего стандартного оборудования для электроосаждения, технологический регламент адаптируется под действующие линии нанесения защитных покрытий. Данное обстоятельство локализует область внедрения рамками конкретных подотраслей химической технологии и металлообработки. Положение 1 доказано в статье Tazhibayeva A., Bayeshova A., Bayeshov A., & Osi'nska M. (2025). Electrodeposition of nickel-titanium dioxide coatings and powders from aqueous sulfate solutions. <i>Polyhedron</i>, 277, 117571.
		<u>1) да;</u>	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		<u>2) средний;</u>	
		3) широкий;	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		<u>1) да;</u>	Положение 2 доказано, так как методом измерения краевого угла смачивания («лежащей капли») зафиксировано
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	
		Положение 2	
		7.1 Доказано ли положение?	

		<u>1) доказано;</u>	кардинальное изменение гидрофильно-гидрофобных свойств поверхности: после модификации стеариновой кислотой угол увеличился с 69° до ~145°. Нанесение ультратонкого защитного слоя на структуру NaTi₂(PO₄)₃/C подтверждено появлением характеристических полос связей C–H в области 2850–2920 см⁻¹ на ИК-спектрах при полном сохранении фазовой чистоты исходного каркаса по данным РФА. Положение 2 не является тривиальным, поскольку формирование сплошного, бездефектного слоя стеариновой кислоты на высокопористом NaTi₂(PO₄)₃/C представляет собой сложную задачу. В отличие от энергоемких методов (ALD, CVD), здесь супергидрофобное состояние (краевой угол ~145°) достигается за счет самопроизвольной хемосорбции из раствора. При этом было необходимо исключить блокирование каналов диффузии ионов натрия и разрушение структуры электрода, что требовало прецизионного подбора концентрации модификатора. Положение 2 является новым, потому что впервые предложен и экспериментально реализован способ гидрофобизации поверхности анодного материала NaTi₂(PO₄)₃/C стеариновой кислотой методом осаждения из этанольного раствора. Ранее данный подход к защите фосфатных анодных материалов со структурой NASICON в водных натрий-ионных аккумуляторах не применялся. Уровень для применения положения 2 - средний, поскольку разработанный способ модификации прост в исполнении, не требует специализированного оборудования и совместим с действующими технологиями производства электродных материалов. Его практическое применение ограничивается пока областью водных электрохимических систем накопления энергии, однако принцип гидрофобной
		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	
		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		<u>2) нет;</u>	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		<u>1) да;</u>	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		<u>2) средний;</u>	
		3) широкий;	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		<u>1) да;</u>	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	

			барьерной защиты может быть распространён на иные классы анодных материалов. Положение 2 доказано в статье: Tazhibayeva A., Tanash A., Zhigalenok Y., Abdimomyn S., Zhumadil K., Malchik F. Stearic acid induced hydrophobic protection of $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ for long-term operation in aqueous Na-ion systems // Journal of Electroanalytical Chemistry. - 2025. - Vol. 998. - P. 119550. (Q1)
		Положение 3	Положение 3 доказано, поскольку в работе методами гальваностатического циклирования при скорости 2С установлено, что образец $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ с 2 мас. % стеариновой кислоты достигает кулоновской эффективности 99,0% к 100-му циклу. Это существенно превышает показатель исходного NTP/C (96,5%). Одновременно испытание саморазряда зафиксировало увеличение времени саморазряда на 13,3% - с 71 до 80 часов -при модификации 1 мас. % стеариновой кислотой, что соответствует снижению тока саморазряда примерно на 12%. Совокупность этих данных подтверждает защитное действие гидрофобного барьера. Положение 3 не является тривиальным, поскольку кулоновская эффективность определяется конкуренцией между целевой интеркаляцией Na^+ и паразитными реакциями восстановления кислорода и разложения воды. Достижение КЭ = 99,0% при умеренной скорости с применением столь простого модификатора, как стеариновая кислота, не являлось очевидным результатом. Положение 3 является новым, поскольку в работе впервые показано, что модификация $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ стеариновой кислотой при содержании 2 мас. % обеспечивает
		7.1 Доказано ли положение?	
		1) доказано;	
		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	
		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		2) средний;	
		3) широкий;	

		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	кулоновскую эффективность гальваностатического циклирования 99,0% при скорости 2С в водном электролите 1 М NaClO₄. Этот результат сопоставим или превосходит показатели, достигнутые с применением многостадийных методов (ALD Al₂O₃ и HfO₂, полипиррол, TiN-покрытие, полидофамин), однако получен посредством принципиально более простой и экономичной одностадийной функционализации поверхности. Уровень для применения положения 3 - средний, так как полученные результаты представляют практический интерес для разработчиков водных натрий-ионных аккумуляторов. Предложенный способ не требует дорогостоящего оборудования и токсичных реагентов, что повышает его технологическую привлекательность для масштабирования. Положение 3 доказано в статье: Tazhibayeva A., Tanash A., Zhigalenok Y., Abdimomyn S., Zhumadil K., Malchik F. Stearic acid induced hydrophobic protection of NaTi₂(PO₄)₃ for long-term operation in aqueous Na-ion systems // Journal of Electroanalytical Chemistry. - 2025. - Vol. 998. - P. 119550. (Q1)
		7.5 Доказано ли в статье?	
		<u>1) да;</u>	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Методология диссертационной работы обоснована и детально описана. Достоверность результатов обеспечена применением обширного комплекса современных независимых методов исследования: гальваностатического электролиза, потенциодинамической поляризации (циклическая и линейная вольтамперометрия, метод Тафеля), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС), рентгенофазового анализа, ИК-Фурье спектроскопии, атомно-абсорбционной спектрометрии, лазерного анализа размеров частиц, просвечивающей электронной микроскопии, а также метода измерения краевого угла
	Достоверность источников и предоставляемой информации	<u>1) да;</u>	
		2) нет.	

			смачивания и гальваностатического циклирования с измерением потенциала разомкнутой цепи.
	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:		Результаты получены с использованием современных приборов и методов научных исследований - потенциостатов-гальваностатов BioLogic SP-300 и CorrTest, сканирующих электронных микроскопов Hitachi S3400N, JEOL JSM-6610LV, Quanta 3D 200i, просвечивающего микроскопа JEOL ARM200F с корректором сферической аберрации, дифрактометров ДРОН-4-07 и Tongda TD-3700, ИК-спектрометра Alpha II FTIR (Bruker), лазерного анализатора Horiba Partica LA-960. Обработка данных проводилась с применением программного пакета GSAS-II (метод Ритвельда) и специализированного электрохимического программного обеспечения.
	<u>1) да;</u>		
	2) нет.		
	8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):		Теоретические выводы подтверждены экспериментальными данными. Адсорбционно-электрофоретический механизм включения TiO_2 обоснован данными ЦВА и гравиметрии; нелинейная зависимость скорости коррозии от плотности тока подтверждена методом Тафеля; гидрофобизация поверхности NTP/C доказана измерениями краевого угла смачивания, ИК-Фурье спектроскопией и ПЭМ; повышение кулоновской эффективности подтверждено длительным гальваностатическим циклированием.
	<u>1) да;</u>		
	2) нет.		
	8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.		Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу. Список использованных источников включает 121 наименование, преимущественно статьи в международных рецензируемых журналах (Electrochimica Acta, Journal of Electroanalytical Chemistry, ACS Applied Materials and Interfaces, Polyhedron и др.).

		8.5 Использованные источники литературы <u>достаточно</u> /не достаточно для литературного обзора.	Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора. В работе рассмотрены современные публикации по всем ключевым темам: механизмы коррозии металлов, теория КЭП (модели Гульельми и Селиса-Рооса-Бюленса), стратегии стабилизации NTP в водных электролитах, свойства гидрофобных органических барьеров.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Диссертация имеет теоретическое значение: установлены закономерности влияния параметров электролиза на состав, структуру и коррозионную стойкость КЭП в системах Ni–TiO ₂ и Cu–TiO ₂ ; подтверждён нефарадеевский механизм включения частиц TiO ₂ в соответствии с моделью Гульельми; теоретически обоснована и экспериментально реализована концепция гидрофобного органического барьера для подавления межфазных паразитных реакций в водных электрохимических системах.
		<u>1) да;</u>	
		2) нет.	Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике. Определённые оптимальные параметры электроосаждения КЭП Ni–TiO ₂ и Cu–TiO ₂ могут быть непосредственно использованы на гальванических предприятиях для защиты деталей, эксплуатируемых в агрессивных хлоридных средах. Разработанный способ модификации NTP/С стеариновой кислотой прост, дешёв, экологически безопасен и не требует специализированного оборудования.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	
		<u>1) да;</u>	
		2) нет.	
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Предложения для практики являются частично новыми (новыми являются около 75%). Оптимизация режимов электроосаждения КЭП опирается на известные принципы гальванотехники, однако конкретные составы электролитов, режимы тока и установленные нелинейные зависимости свойств покрытий являются оригинальными. Способ
		1) полностью новые;	
		<u>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</u>	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			модификации анода стеариновой кислотой является полностью новым для данного класса материалов.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма:	Диссертационная работа написана на высоком академическом уровне грамотным научным языком с использованием корректной специальной терминологии. Структура работы выдержана и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени PhD. Оформление ссылок и библиографии соответствует принятым нормам.
		1) высокое;	
		2) среднее;	
		3) ниже среднего;	
		4) низкое.	
11.	Замечания к диссертации	1) В таблице 1 (с.45-46) максимальное содержание TiO_2 в покрытии Ni-TiO_2 при оптимальной плотности тока 400 A/m^2 согласно гравиметрическому анализу составляет 0,97 мас. %. Однако на стр. 48 по данным ЭДС-анализа поверхности содержание Ti составляет 4,86 мас. %, что при пересчёте на TiO_2 даёт 8,1 мас. %, то есть расхождение почти на порядок. Автор объясняет это градиентом концентрации по толщине покрытия, однако количественное сопоставление двух методов и оценка погрешности каждого из них в тексте отсутствуют; 2) На стр. 57 при рентгенофазовом анализе порошков Ni-TiO_2 с использованием $\text{CuK}\alpha$-излучения фаза TiO_2 идентифицирована как рутил. Вместе с тем исходный порошок TiO_2, использованный в экспериментах, охарактеризован на стр. 35 как фаза анатаза (PDF 01-075-2551). Возможность фазового превращения анатаза в рутил в условиях электролиза при комнатной температуре в тексте не обсуждается; 3) Коррозионные испытания Ni-TiO_2 ограничены потенциодинамическими измерениями (метод Тафеля) в 3% NaCl. На стр. 51–55 не представлены данные гравиметрических или длительных иммерсионных испытаний, которые позволили бы оценить реальную скорость деградации покрытия во времени; 4) На стр. 46–47 (раздел 3.1.3) показано, что введение TiO_2 кардинально изменяет морфологию покрытия - вместо гладкой поверхности формируется развитый иерархический рельеф с существенно большей шероховатостью. Однако при обсуждении коррозионной стойкости на стр. 51–55 влияние повышенной шероховатости на коррозионное поведение покрытия не анализируется, хотя развитая поверхность потенциально увеличивает площадь контакта с агрессивной средой и может частично нивелировать барьерный эффект частиц TiO_2;	

		5) На стр. 71–76 представлены результаты циклирования в течение 100 циклов при скорости 2С. Вместе с тем стеариновая кислота является органическим соединением и потенциально подверженным постепенному вымыванию в водный электролит. Вопрос о химической стабильности органического барьера в электролите не рассматривается. 6) В тексте диссертации встречаются единичные погрешности редакционного характера. Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей научной ценности диссертационной работы.
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	По теме диссертационной работы соискателем опубликованы 3 статьи в журналах, входящих в базы Web of Science и Scopus; в двух статьях соискатель является первым автором: 1. Tazhibayeva Aigerim Shotaevna, Bayeshova Azhar Kospanovna, Bayeshov Abduali, Osi'nska Małgorzata. Electrodeposition of nickel-titanium dioxide coatings and powders from aqueous sulfate solutions // <i>Polyhedron</i> 277 (2025) 117571 2. Aigerim, T., Altynai, T., Yaroslav, Z., Saken, A., Kaiyrgali, Z., & Fyodor, M. (2025). Stearic acid induced hydrophobic protection of NaTi₂ (PO₄)₃ for long-term operation in aqueous Na-ion systems. <i>Journal of Electroanalytical Chemistry</i>, 119550. 3. Bayeshov, A., Tazhibayeva, A. S., Bayeshova, A. K., Osińska, M., & Zharmenov, A. A. (2023). Electrodeposition of composite coatings based on copper matrix included titanium dioxide in sulfuric acid solutions. <i>International Journal of Biology and Chemistry</i>, 16(1), 87-95. Журнал Polyhedron (Elsevier) является международным рецензируемым изданием в области неорганической и металлоорганической химии, индексируется в базах данных Scopus и Web of Science, входит во второй квартиль (Q2) по Web of Science. Журнал Journal of Electroanalytical Chemistry (Elsevier) является одним из наиболее авторитетных специализированных изданий в области электрохимии, индексируется в Scopus и Web of Science, входит в первый квартиль (Q1) по Web of Science. Журнал International Journal of Biology and Chemistry является профильным журналом в области химии и индексируется в базе Scopus. В целом научный уровень опубликованных статей является высоким и соответствует современным международным требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии по данному направлению подготовки.
13.	Решение официального рецензента (согласно	Диссертационная работа написана грамотным научным языком и выдержана в профессиональном стиле. Формулировки основных положений и выводов носят завершённый и обоснованный характер. Представленные результаты свидетельствуют о научной значимости выполненного исследования и

