

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Тажиббаевой Айгерим Шотаевны на тему «Разработка способов получения антикоррозионных покрытий на основе оксида титана и стеариновой кислоты», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «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 направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки и/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); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Диссертационная работа выполнена в рамках проектов, финансируемых Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан: «Разработка принципиально новых технологий комплексной переработки полиметаллического сырья» (№ BR19777171, 2023–2025 гг.) по приоритетному направлению развития науки «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции» «Электрохимическое извлечение лития из растворов переработки литий-ионных батарей» (№ AP25794557, 2025–

			2027 гг.) по приоритетному направлению развития науки «Экология, окружающая среда и рациональное природопользование».
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие электрохимических методов получения композиционных антикоррозионных покрытий и повышения стабильности электродных материалов для водных натрий-ионных аккумуляторов. В работе решены актуальные научные задачи, связанные с исследованием закономерностей формирования покрытий Ni-TiO ₂ и Cu-TiO ₂ , а также разработкой способа модификации поверхности анодного NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C стеариновой кислотой. Полученные результаты имеют научную и практическую значимость и могут быть использованы при разработке защитных покрытий и электрохимических систем накопления энергии.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий;	Диссертационная работа выполнена на высоком уровне

		2) средний;	самостоятельности. Автором проведены анализ научной литературы, постановка цели и задач исследования, выполнены эксперименты по электроосаждению композиционных покрытий и модификации анодного материала $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$, проведены электрохимические и коррозионные испытания, обработка и интерпретация полученных результатов. Автор также принимал непосредственное участие в подготовке научных публикаций и патентов по теме диссертации.
		3) низкий;	
		4) самостоятельности нет.	
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	Актуальность диссертационной работы обоснована в полной мере и обусловлена необходимостью повышения коррозионной стойкости металлических покрытий и стабилизации электродных материалов, работающих в водных электролитах. Автор убедительно показывает существующие ограничения традиционных методов защиты и необходимость разработки новых антикоррозионных покрытий и способов
		1) обоснована;	
		2) частично обоснована;	
		3) не обоснована.	

		модификации электродных материалов.
4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Содержание диссертационной работы полностью отражает заявленную тему исследования.	
1) отражает;		
2) частично отражает;	В работе последовательно рассмотрены вопросы получения композиционных покрытий Ni-TiO ₂ и Cu-TiO ₂ , изучения их структуры и коррозионных свойств, а также разработки защитного покрытия на основе стеариновой кислоты для анодного материала NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C. Полученные результаты непосредственно соответствуют теме диссертационной работы.	
3) не отражает.		
4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Цель и задачи исследования полностью соответствуют теме диссертационной работы.	
1) соответствуют;	Поставленные задачи охватывают изучение закономерностей формирования композиционных покрытий, исследование их коррозионной стойкости, а также разработку способа модификации анодного материала NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C и оценку его электрохимических характеристик.	
2) частично соответствуют;		
3) не соответствуют.		
4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:		

	1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Основные разделы диссертационной работы объединены общей научной задачей разработки антикоррозионных покрытий и повышения устойчивости материалов к коррозионной деградации в различных электрохимических средах. В первой части работы исследуются закономерности формирования композиционных покрытий Cu-TiO ₂ и Ni-TiO ₂ и их защитные свойства, тогда как во второй части рассматривается возможность повышения стабильности анодного материала NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C путем формирования гидрофобного защитного слоя. Оба направления исследований основаны на использовании поверхностной модификации материалов для снижения интенсивности коррозионных и побочных процессов. Вместе с тем объекты исследования, используемые методы и области практического применения отдельных разделов различаются, вследствие чего
--	---	--

		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	взаимосвязь между ними носит частичный характер. Предложенные автором научные и технические решения являются обоснованными и аргументированными. В работе проведен анализ литературных данных, выполнено сравнение полученных результатов с известными подходами в области композиционных электрохимических покрытий и защиты электродных материалов. Показано, что предложенные методы позволяют повысить коррозионную стойкость покрытий и улучшить электрохимические характеристики анодного материала $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научная новизна полученных результатов подтверждается проведенными исследованиями. В работе выполнено сравнительное исследование процессов электроосаждения композиционных покрытий Ni-TiO_2 и Cu-TiO_2, установлены закономерности влияния параметров электролиза на состав и коррозионные свойства покрытий. Впервые предложен

	2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	покрытий Ni-TiO₂ и Cu-TiO₂, а также предложенным способом модификации анодного материала NaTi₂(PO₄)₃/C стеариновой кислотой. Практическая значимость работы подтверждается возможностью применения разработанных покрытий для защиты металлических конструкций и использования модифицированных электродных материалов в водных натрий-ионных аккумуляторах. Результаты исследований подтверждены публикациями в международных рецензируемых изданиях и патентами.
6. Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (кваликатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Обоснованность основных выводов диссертационной работы подтверждается результатами комплексных экспериментальных исследований, выполненных с применением современных методов физико-химического и электрохимического анализа. Для исследования состава, структуры и свойств материалов использованы методы СЭМ, ЭДС, РФА, ИК-Фурье спектроскопии, измерения

		краевого угла смачивания, потенциодинамической поляризации и гальваностатического циклирования. Полученные результаты подтверждаются экспериментальными данными, сопоставлены с литературными сведениями и опубликованы в рецензируемых научных изданиях.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: Положение 1. 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:
		Положение доказано результатами потенциодинамических исследований в 3 %-ном растворе NaCl. Установлено, что включение частиц TiO₂ в никелевую матрицу способствует снижению плотности тока коррозии и скорости коррозии композиционных покрытий по сравнению с чистым никелевым покрытием. Полученные зависимости между плотностью тока осаждения и коррозионными характеристиками покрытия не являются очевидными и представляют научный интерес. Результаты опубликованы в статье, посвященной

	1) узкий;	электроосаждению покрытий TiO ₂ .
	2) средний;	
	3) широкий;	
	4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
	7.5 Доказано ли в статье?	
	1) да;	
	2) нет;	
	3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	
	Положение 2. 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 ;	Положение подтверждается результатами измерения краевого угла смачивания и данными ИК-Фурье спектроскопии. Показано, что обработка поверхности стеариновой NaTi ₂ (PO ₄) ₃ /C кислотой приводит к формированию гидрофобного слоя, вследствие чего краевой угол смачивания увеличивается с 69° до 145°. Предложенный способ модификации является новым для данного класса материалов и представляет практический интерес для водных натрий-ионных систем.

	3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положений невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно	
	Положение 3. 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 положений невозможно. 7.5 Доказано ли в статье?	Положение подтверждено результатами гальваностатического циклирования в водном электролите 1 М NaClO₄. Установлено, что модификация поверхности NaTi₂(PO₄)₃/C стеариновой кислотой при содержании 2 мас. % обеспечивает повышение кулоновской эффективности до 99,0 % при скорости 2С. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии поверхностной модификации на электрохимическое поведение материала.

		1) да; 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:	Выбор методологии исследования является обоснованным и соответствует поставленным цели и задачам диссертационной работы. Методики получения композиционных покрытий, модификации анодного материала и проведения электрохимических исследований описаны достаточно подробно, что обеспечивает воспроизводимость полученных результатов.
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) да; 2) нет.	
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов физико-химического и электрохимического анализа, включая сканирующую электронную микроскопию (СЭМ), энергодисперсионную спектроскопию (ЭДС), рентгенофазовый анализ (РФА), ИК-Фурье спектроскопию, измерение краевого угла смачивания, потенциодинамическую
		1) да; 2) нет.	

		поляризацию и гальваностатическое циклирование. Применение данных методов обеспечивает достоверность полученных результатов и корректность их интерпретации.
	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 и установленные закономерности подтверждены результатами экспериментальных исследований. Выявлены зависимости между условиями электроосаждения и свойствами композиционных покрытий, а также между модификацией поверхности анодного материала и его электрохимическими характеристиками. Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными и подтверждают достоверность сделанных выводов.
	1) да; 2) нет.	
	8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные положения и утверждения диссертационной работы подтверждены ссылками на современные отечественные и зарубежные научные публикации. Литературный обзор содержит анализ современных исследований в области композиционных

		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	электрохимических покрытий, коррозионной защиты и электродных материалов для водных натрий-ионных аккумуляторов
		Использованные источники литературы являются достаточными для проведения полноценного литературного обзора и обоснования выбранного направления исследований. Список использованных источников включает 121 наименование отечественной и зарубежной научной литературы, что позволяет объективно оценить современное состояние рассматриваемой проблемы.	
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет.	Диссертационная работа имеет теоретическое значение, поскольку полученные результаты расширяют представления о закономерностях формирования композиционных электрохимических покрытий с дисперсной фазой TiO_2 , механизмах включения частиц в металлическую матрицу и влиянии условий электроосаждения на коррозионные свойства

	9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет.	покрытий. Результаты исследования также дополняют представления о механизмах подавления коррозионных процессов в водных электрохимических системах путем формирования гидрофобных защитных слоев на поверхности электродных материалов. Диссертационная работа обладает практической значимостью. Разработаны оптимальные условия получения композиционных покрытий Ni-TiO₂ и Cu-TiO₂, обладающих повышенной коррозионной стойкостью. Предложенный способ модификации анодного материала NaTi₂(PO₄)₃/C стеариновой кислотой отличается простотой реализации, низкой стоимостью и может быть использован при разработке водных натрий-ионных аккумуляторов. Полученные результаты могут найти применение в области антикоррозионной защиты металлических изделий и электрохимических систем накопления энергии.

	9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Предложения по практическому применению результатов являются новыми и основаны на разработанных режимах получения композиционных электрохимических покрытий и способе модификации поверхности анодного материала $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ стеариновой кислотой. Разработанные подходы могут быть использованы при создании антикоррозионных покрытий и совершенствовании электродных материалов для водных натрий-ионных аккумуляторов.
10. Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертационная работа написана научным стилем, имеет логичную структуру и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам Ph.D. Материал изложен последовательно и понятно. Вместе с тем в тексте встречаются отдельные стилистические и редакционные неточности, не оказывающие существенного влияния на содержание и научную ценность работы

11. Замечания к диссертации	1. В диссертационной работе объединены два научных направления — получение композиционных покрытий Ni-TiO_2 и Cu-TiO_2 и модификация анодного материала $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$. Несмотря на общую направленность исследований на повышение устойчивости материалов к коррозионным процессам, взаимосвязь между указанными направлениями могла бы быть раскрыта более подробно. 2. При исследовании модифицированного материала $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$ электрохимические испытания проведены в электролите 1 М NaClO_4. Представляет интерес изучение эффективности стеариновой кислоты в других водных электролитах, используемых в натрий-ионных системах. 3. Недостаточно обосновано влияние гидрофобного слоя стеариновой кислоты на смачивание электрода водным электролитом и перенос ионов натрия. 4. Модификация стеариновой кислотой сопровождается снижением удельной емкости по сравнению с исходным материалом, однако вопрос оптимального компромисса между емкостью и кулоновской эффективностью рассмотрен недостаточно подробно. 5. Отдельные электрохимические кривые требуют дополнительного пояснения относительно соотношения зарядной и разрядной емкости.
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 диссертационного исследования опубликованы три научные статьи, результаты которых отражают основные положения и выводы диссертации. Статья «Electrodeposition of composite coatings based on sorber matrix included titanium dioxide in sulfuric acid solutions», опубликованная в журнале International Journal of Biology and Chemistry, посвящена исследованию закономерностей формирования композиционных покрытий Cu-TiO_2. В работе изучено влияние плотности тока, концентрации электролита, концентрации TiO_2 и условий перемешивания на состав и свойства покрытий, а также предложен подход к определению содержания дисперсной фазы в покрытии с использованием кулонометрического метода. Работа имеет прикладной характер и послужила основой для дальнейших исследований композиционных покрытий. Статья «Electrodeposition of nickel-titanium dioxide coatings and powders from aqueous sulfate solutions», опубликованная в журнале Polyhedron, посвящена исследованию процессов электроосаждения композиционных покрытий Ni-TiO_2 и их коррозионных свойств. Работа выполнена на современном научном уровне с применением электрохимических и физико-химических методов исследования и содержит новые результаты по влиянию условий осаждения на состав и свойства покрытий.

	Статья «Steagic acid induced hydrophobic protection of $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ for long-term operation in aqueous Na^+ ion systems», опубликованная в журнале Journal of Electroanalytical Chemistry, посвящена поверхностной модификации $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ стеариновой кислотой для повышения стабильности водных натрий-ионных аккумуляторов. Работа отличается высокой актуальностью, использованием современных методов исследования и содержит новые результаты в области защиты электродных материалов и повышения их электрохимической стабильности.
13. Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	В целом опубликованные работы выполнены на высоком научном уровне, соответствуют современным направлениям исследований в области электрохимии, материаловедения и электрохимических систем накопления энергии, а их результаты полностью отражают содержание диссертационной работы. Диссертационная работа на тему «Разработка способов получения антикоррозионных покрытий на основе оксида титана и стеариновой кислоты» выполнена на актуальную тему и представляет собой завершённое научное исследование, содержащее новые научные результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость. Автором получены результаты, способствующие развитию научных представлений в области электрохимического получения композиционных покрытий и повышения стабильности электродных материалов в водных электрохимических системах. Основные положения диссертации достаточно обоснованы, подтверждены экспериментальными исследованиями и опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Представленные результаты свидетельствуют о соответствии диссертационной работы требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07104 – «Химическая технология неорганических веществ». Решение официального рецензента: 1. Присудить степень доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07104 – «Химическая технология неорганических веществ».

PhD, Старший научный сотрудник
 ЧУ "National Laboratory Astana",
 Nazarbayev University




Батырбекұлы Дәурен

Старший научный сотрудник
 ЧУ "National Laboratory Astana",
 Nazarbayev University

