

ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Догадкина Дмитрия Сергеевича «Физические закономерности формирования структуры и функциональных свойств кальций-фосфатных покрытий на титане в процессе плазменно-электролитического оксидирования», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Техническая физика»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату её утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) <u>диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы);</u> 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утверждённому Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Основные результаты диссертационной работы Догадкина Д.С. были выполнены в рамках реализации проекта «Разработка и реализация конкурентоспособных научно-обоснованных технологий для обеспечения устойчивого развития горно-металлургической отрасли Восточно-Казахстанской области» (BR24992854), финансируемого при поддержке Комитета науки МНВО РК в период 2024–2026 гг. Диссертационная работа Догадкина Д.С. выполнена соответствии с основными задачами приоритетного направления развития науки Республики Казахстан в области биомедицинского материаловедения и аддитивных технологий.
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 представляет собой значимый вклад в развитие биомедицинского материаловедения. Важность исследования детально раскрыта через решение фундаментальной проблемы несоответствия модулей упругости костной ткани и металлических имплантатов (эффект «экранирования

			напряжений»). Автором научно обоснован комплексный подход к модификации поверхности титанового сплава, позволяющий создавать биоактивные системы с регулируемыми трибомеханическими характеристиками.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>высокий</u> ; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Представленные в работе результаты получены при непосредственном и активном участии соискателя. Автор самостоятельно реализовал методику формирования кальций-фосфатных покрытий на титановых сплавах, полученных методом 3D-печати, что потребовало глубокой проработки технологических режимов. Самостоятельность автора подтверждается структурой его публикаций: в ряде ключевых статей в международных изданиях (Coatings, Journal of Functional Biomaterials, Materials) диссертант является первым автором, что указывает на его определяющий вклад в проведение исследований и обобщение результатов.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>обоснована</u> ; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	В диссертации представлено четкое обоснование актуальности темы, обусловленное растущим спросом на высокотехнологичные имплантаты с индивидуальной архитектурой. Автор акцентирует внимание на решении актуальной междисциплинарной задачи – преодолении эффекта «экранирования напряжений» путем создания кальций-фосфатных покрытий с регулируемыми механическими свойствами. Разработка режимов ПЭО для формирования пористых керамикоподобных структур на СЛП-титане является своевременным ответом на вызовы современного здравоохранения в области травматологии и ортопедии, направленным на улучшение качества жизни пациентов.

		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>отражает</u>; 2) частично отражает; 3) не отражает. 	<p>Содержание работы в полной мере соответствует её теме и охватывает все аспекты формирования биоактивных покрытий на титане в процессе плазменно-электролитического оксидирования. Приведенный анализ научно-технической литературы обосновывает выбор методов модификации, а экспериментальные разделы, посвященные изучению морфологии, элементного состава и трибомеханических свойств кальций-фосфатных слоев на СЛП-подложках, детально раскрывают физические закономерности, заявленные в названии. Все разделы диссертации направлены на достижение единой цели, обеспечивая содержательную целостность исследования.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>соответствуют</u>; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют. 	<p>Цель и задачи диссертационного исследования полностью соответствуют его теме. Задачи подобраны таким образом, что их решение в совокупности обеспечивает исчерпывающее раскрытие темы. Программа исследований полностью охватывает предметную область, заявленную в заголовке работы.</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует. 	<p>В диссертации соблюдена четкая иерархия и логическая связь между всеми этапами исследования. Цель и задачи работы находят свое полное отражение в содержании глав, где последовательно изучаются технологические режимы ПЭО, морфология образующихся слоев и их функциональный отклик. Каждое научное положение аргументировано совокупностью полученных данных, что обеспечивает внутреннее единство работы и обоснованность итогового заключения.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые</p>	<p>Новые научные решения детально аргументированы</p>

		<p>решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует. 	<p>результатами комплексного анализа. Автор проводит сравнительную оценку полученных кальций-фосфатных покрытий с известными литературными данными, подчеркивая достижение оптимального баланса между модулем упругости и износостойкостью. Использование современного аттестованного оборудования и корректная интерпретация экспериментальных данных позволяют считать предложенные методы формирования биоактивных слоев обоснованными и превосходящими традиционные способы по ряду функциональных параметров.</p>
5.	Принцип новизны научной	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%). 	<p>Основные положения и результаты работы характеризуются научной новизной, подтвержденной патентом РК на полезную модель и статьями в рецензируемых зарубежных и отечественных изданиях. Впервые на научно-обоснованном уровне продемонстрирована возможность управления трибомеханическими свойствами и пористостью биоактивных слоев на СЛП-титане путем варьирования электрических параметров ПЭО. Автором впервые предложен и экспериментально доказан механизм образования кристаллического гидроксиапатита при критических значениях напряжения (300 В) за счет плазмохимических реакций в электролите, что ранее не было детально описано для аддитивно-изготовленных титановых сплавов сложной архитектуры.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 	<p>Выводы диссертации представляют собой результат глубокого осмысления автором полученных данных. Новизна выводов обоснована выявлением ранее неизвестной корреляции между параметрами ПЭО и</p>

		<p>25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>сохранением оптимальных механических свойств системы при сохранении высокой пористости. Сравнение с результатами других исследователей в области биоматериалов подтверждает оригинальность и самостоятельность сформулированных в работе заключений.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%);</u></p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>Разработанная автором методика представляет собой новое технологическое решение для биомедицины. Предложенные технические решения подтверждаются полученным патентом на полезную модель, что указывает на их оригинальность и практическую реализуемость.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (квалитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).</p>	<p>Все основные выводы диссертации базируются на весомых научных доказательствах, полученных в ходе комплексных экспериментальных исследований. Достоверность результатов подтверждается применением современных методов исследования материалов (РЭМ-ЭДС, XRD, ИК-Фурье спектроскопия) и достаточным объемом статистической выборки при проведении наноиндентирования и трибологических испытаний. Выводы логически вытекают из анализа экспериментальных данных и полностью соответствуют защищаемым положениям. Научная состоятельность работы подтверждена публикациями в авторитетных зарубежных изданиях с высоким импакт-фактором.</p>

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	В диссертационной работе соискателем представлены три положения, выносимых на защиту.
		<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u>.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <u>широкий</u>.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	<p>№1. Установлены физические закономерности влияния напряжения плазменно-электролитического оксидирования (200-300 В) на структурно-фазовую эволюцию кальций-фосфатных покрытий на титане. Показано, что рост напряжения приводит к увеличению толщины покрытия от 1 до 35-37 мкм и последовательной трансформации фазового состава от анатаза к рутилу и гидроксиапатиту. Определено, что формирование гетерофазной анатазно-рутильной структуры при 250 В обеспечивает минимизацию модуля упругости и снижение скорости износа до $2,765 \times 10^{-4}$ мм³/Н·м, тогда как режим 300 В характеризуется преобладанием биоактивной гидроксиапатитной фазы.</p>
		<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u>.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p>	<p>№2. Обнаружено, что процесс плазменно-электролитического оксидирования приводит к увеличению содержания β-фазы титана в приповерхностных слоях подложки, что способствует снижению эффективного модуля упругости композита «покрытие-подложка» со 110 до 25-35 ГПа и повышению его пластичности.</p>

		<p>2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <u>широкий</u>.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	
		<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u>.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <u>широкий</u>.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	<p>№3. Определено, что применение октетной геометрии ячейки размером 2 мм с толщиной прутка 250 мкм (пористость 80,5 %, размер пор 750 мкм) обеспечивает согласование эффективного модуля упругости полученной структуры с механическими характеристиками трабекулярной кости (1–22,3 ГПа), что подтверждено методами конечно-элементного моделирования и эмпирического анализа.</p>
8.	<p>Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	<p>Методология исследования базируется на системном подходе к анализу. Автором корректно выбраны методы исследования. Описание используемого аттестованного оборудования и статистическая обработка данных о высокой достоверности представленной информации. Примененные методы</p>

		адекватны поставленным задачам и позволяют с высокой точностью интерпретировать физические закономерности изучаемого процесса.
	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Для достижения цели работы автором применен комплексный методический подход, включающий использование прецизионных измерительных систем. Анализ проводился с использованием современного ПО, что позволило объективно оценить параметры полученных образцов. Использование данных технологий подтверждает высокую достоверность и воспроизводимость полученных в ходе исследования физических величин.
	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): 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Выявленные в диссертации закономерности подтверждены комплексным экспериментальным исследованием. Достоверность выводов подкреплена результатами испытаний. Экспериментальный фундамент работы достаточен для признания всех сформулированных выводов и взаимосвязей достоверными и научно обоснованными.
	8.4 Важные утверждения подтверждены /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Все ключевые положения диссертации аргументированы ссылками на достоверную научную литературу. Представленный в работе обзор свидетельствует о тщательной проработке значительного объема информации, касающейся как классических основ технической физики, так и новейших разработок в сфере аддитивного производства имплантатов из титановых сплавов. Ссылки на актуальные публикации последних 5–10 лет подтверждают соответствие диссертации

			<p>современному уровню развития науки. Автор демонстрирует умение критически анализировать данные различных исследовательских групп, что подкрепляет достоверность выдвинутых в работе защищаемых положений.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора.</p>	<p>Используемые в работе источники литературы обеспечивают репрезентативность и высокую научную ценность литературного обзора. В диссертации системно представлены результаты отечественных и зарубежных ученых, работающих на стыке технической физики, аддитивного производства и биомедицины. Тщательная проработка публикаций позволила автору аргументированно обосновать выбор ПЭО-технологии как наиболее перспективного метода решения задач остеоинтеграции, что подтверждает достаточность и актуальность источников.</p>
9.	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>; 2) нет.</p>	<p>Теоретическая ценность работы заключается в установлении корреляционных связей между фазовым составом и функциональными свойствами кальций-фосфатных покрытий на аддитивно-изготовленном титане. Разработанные в диссертации научные подходы представляют ценность для специалистов в области технической физики. Результаты исследования могут быть внедрены в учебные курсы, что подчеркивает научно-образовательный потенциал работы.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>;</p>	<p>Практическая ценность диссертации заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций по выбору параметров плазменно-электролитического оксидирования для модификации поверхности СЛП-изделий из титана. Предложенная технология</p>

		2) нет.	позволяет получать материалы с модулем упругости, максимально приближенным к характеристикам костной ткани, что минимизирует риск отторжения имплантатов. Полученные данные могут служить основой технологических регламентов производства имплантатов, а подтверждённая патентом новизна решений указывает на высокую готовность результатов к промышленному внедрению.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%);</u> 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Практические предложения, сформулированные в работе, являются новыми и направлены на совершенствование технологии производства персонализированных имплантатов. Применение данных решений позволит сократить производственный цикл и повысить конкурентоспособность отечественных разработок в области биомедицинского материаловедения.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое;</u> 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана на высоком научно-методическом уровне и характеризуется высоким уровнем академического письма. Текст работы выстроен логично. Результаты исследований представлены в строгой последовательности, что обеспечивает лёгкое восприятие сложных физических закономерностей. Оформление графического материала выполнено качественно и наглядно иллюстрирует основные выводы работы.
11.	Замечания к диссертации	В целом необходимо отметить следующие замечания по содержанию и оформлению диссертации: 1) На мой взгляд, следовало бы более подробно обосновать преимущества разработанных технологических режимов формирования кальций-фосфатных покрытий на титановых сплавах с использованием физических закономерностей. Это несомненно придало наглядность	

		<p>установленным научным фактам.</p> <p>2) Из диссертации не ясно какова точность измерения параметров плазменно-электролитического оксидирования для модификации поверхности СЛП-изделий из титана, и какова стабильность технологических режимов в процессе эксперимента.</p> <p>3) Анализируя распределение элементов при разных напряжениях (200 В, 250 В и 300 В), автор утверждает, что с ростом напряжения увеличивается толщина слоя диоксида титана и количество Са и Р. Однако при этом не приводятся данные о воспроизводимости результатов экспериментов.</p> <p>4) В третьей главе автор утверждает, что полученные результаты хорошо согласуются с данными учёных Алиасгари С., Скелетон П., Сантосом П.Б., и др. с использованием тех же напряжений и подложек из Ti-6Al-4V. Из диссертации не ясно, что нового обнаружено автором в отличие от предыдущих исследований.</p> <p>5) Имея обширный экспериментальный материал, соискатель не даёт интерпретацию связи технологических параметров с характеристиками прочности, твёрдости, что являлось бы интересным в научном плане.</p> <p>6) По требованиям к оформлению диссертационных работ все единицы измерения должны быть указаны в системе СИ. Однако некоторые параметры экспериментов приведены во внесистемных единицах. Например, температура в основном приведена в градусах Цельсия (стр. 37-38, 40, 45-46, 96 и др.). при повторных ссылках не указаны страницы (с. 18, 29 и др.).</p> <p>7) В работе встречаются грамматические и стилистические ошибки.</p> <p>Однако, отмеченные недостатки и замечания не являются принципиальными и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы Догаджитна Д.С.</p>
12.	<p>Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный</p>	<p>Основные результаты исследования представлены в серии самостоятельных научных статей, опубликованных в авторитетных отечественных и зарубежных журналах. Высокий уровень публикаций, их логическая связь с темой диссертации и признание в международных базах данных доказывают способность автора проводить исследования мирового уровня. Представленные работы в полной мере отвечают стандартам, установленным для соискателей степени доктора философии (PhD).</p>

	уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Рекомендую ходатайствовать перед Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для присуждения докторанту Догадкину Дмитрию Сергеевичу степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05301 – Техническая физика».

Официальный рецензент:

Доктор физико-математических наук, профессор
кафедры физики твёрдого тела и технологии новых материалов
Некоммерческого акционерного общества
«Казахский Национальный университет имени аль-Фараби»

Яр-Мухамедова Гульмира Шарифовна

11.06.2026

Сведения о рецензенте:

Яр-Мухамедова Гульмира Шарифовна

доктор физико-математических наук

Специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

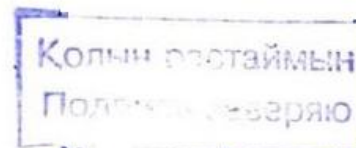
Телефон: +77014847494

e-mail: gulmira.yar-muhamedova@kaznu.edu.kz

Адрес: 050038 Алматы, Казахстан, пр. аль-Фараби, 71

Место работы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Должность: профессор кафедры физики твёрдого тела и технологии новых материалов



Кудиева Д.

