

Отзыв

**на автореферат диссертации Гребенщиковой Марины Михайловны
на тему: «Научно-технологические основы создания биомедицинских
материалов с многослойными наноструктурированными биоактивными
и биостойкими покрытиями с применением плазменных технологий»
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.17. Материаловедение**

В настоящее время существует достаточно широкий ассортимент материалов для изготовления протезно-ортопедических изделий, и изделий медицинского назначения, однако, несмотря на их очевидные достоинства и спектр материалов - полимерных, металлических, композиционных, определенные недостатки снижают эффект от их использования. Так, устойчивость к антимикробным средствам требует сопровождения медикаментозной поддержки в послеоперационный период, недостаточная прочность делает невозможным использование хрупких полимеров для репарации костей, и т.п.

Автор предлагает альтернативу таким материалам и способам их получения, а именно - сложносоставленные материалы, полученные с применением плазменных технологий, таких как метод ионно-плазменного нанесения покрытий и модификации поверхностей потоком низкоэнергетических ионов. Эти методы позволяют получать материалы для биомедицинского применения на основе традиционных для медицинской практики компонентов, но с измененной структурой и новыми поверхностными свойствами, что отвечает требованиям современных медицинских технологий. Среди поверхностных свойств можно упомянуть биологическую активность в отношении болезнетворной микрофлоры, устойчивость к резорбции имплантата, а также регулируемое время биоактивности, повышение цитосовместимости и барьерных свойств.

Автореферат диссертации Гребенщиковой М.М. отражает комплексное междисциплинарное исследование, такой подход является современным и эффективным для решения сложных научно-технических задач в области создания новых материалов, что подчеркивает высокую актуальность представленной работы и ее соответствие современным тенденциям развития науки и технологий.

Цель исследования — разработка научно-технологических основ получения биомедицинских материалов с биостойкостью, с многослойными покрытиями на основе нитридов гафния и титана. Ключевой аспект заключается в придании этим покрытиям управляемых биоактивных свойств

за счет направленного низкоэнергетического ионного воздействия, что позволяет контролировать высвобождение биоактивных компонентов на требуемые периоды времени.

В ходе работы автором исследованы физические процессы вакуумно-дугового разряда на катодах из титана и гафния. Количественно определены ключевые параметры генерируемой плазмы и формируемых покрытий (скорости конденсации, ионные токи, микротвердость). Особого внимания заслуживает исследование влияния ионной бомбардировки на формирование адгезионного слоя и микро- и наноструктуры покрытий.

К числу наиболее значимых научных результатов, впервые полученных в данном исследовании, можно отнести:

1. Установление закономерностей роста столбчатых кристаллов нитридов HfN и TiN.
2. Обнаружение и характеристика нанокристаллитов HfN размером 6-20 нм, формирующихся в процессе получения многослойного покрытия и возможность регулирования их биоактивности.
3. Выявление и описание промежуточного слоя со структурой замещения TiHfN₂.

Теоретическая часть работы подкреплена разработкой физической модели, учитывающей потенциал Леннарда-Джонса для ионов Ar⁺ и многочастичный оптимизированный по заряду потенциал (COMB) для системы TiN-HfN. Проведенное с использованием программного пакета LAMMPS моделирование подтвердило ключевой механизм работы покрытия: ослабление связи нанокристаллитов HfN с матрицей под воздействием ионов с энергией 50-100 эВ, что обосновывает возможность управляемого высвобождения биоактивных компонентов.

Методический уровень исследования является высоким, а примененный комплекс современных диагностических методов адекватен поставленным задачам. Полученные количественные данные подтверждены независимыми методами, что говорит о их надежности. Проведение биологических испытаний в соответствии с международными стандартами и наличие положительных заключений профильных институтов (ВНИИИМТ, Центр гигиены) придает результатам работы высокую степень достоверности и свидетельствует о готовности разработок к практическому внедрению.

Диссертационное исследование полностью соответствует паспорту научной специальности 2.6.17 «Материаловедение» (пп. 5, 12, 15). Важным практическим достоинством работы является ее завершенность, разработаны схемы получения биомедицинских материалов на разных подложках, схемы

апробированы, получен биомедицинский материал, материал внедрен с получением экономического эффекта в 7,45 млн. рублей.

Заключение

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации, представляющей собой целостную, фундаментальную и прикладную научную работу. Исследование обладает четкой логической структурой, сочетающей глубокий теоретический анализ с решением конкретных технологических задач по созданию конкурентоспособных биомедицинских материалов.

Апробация и публикационная активность соответствуют высокому уровню диссертационной работы. Основные результаты доложены на многочисленных международных и всероссийских конференциях. Публикации включают 94 работы, в том числе 3 статьи в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, 38 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 7 – в журналах, входящих в ядро РИНЦ, а также патенты.

Диссертационная работа Гребенщиковой М.М. соответствует критериям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к докторским диссертациям (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013).

Автор работы, Гребенщикова М.М. обладает необходимыми научными достижениями и заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Я, Давлетбаев Руслан Сагитович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



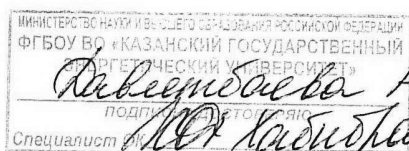
Р.С. Давлетбаев

Давлетбаев Руслан Сагитович, доктор химических наук (специальность 02.00.04 Физическая химия), доцент, должность: заведующий кафедрой «Материаловедение и технологии материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

Адрес: 420066, г. Казань,
ул. Красносельская, 51, КГЭУ.
Тел.: +7 (843) 519-43-22
Почта: darus@rambler.ru



Р.С. Давлетбаев



Давлетбаев Р.С.

подпись

Специалист *А.А. Кадыбрахманова* *В.А.*

Заяв. № 05-8496
« 24 » 01 2026 г.
подпись *С.С.С.*