

В диссертационный совет 24.2.312.12
при ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68

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**

Диссертационная работа Гребенщиковой М.М. посвящена решению актуальной научно-технологической проблемы создания новых биомедицинских материалов с комплексом заданных свойств для применения в ортопедии и травматологии.

Актуальность и научная значимость исследования не вызывают сомнений. Разработка биосовместимых материалов, сочетающих биостойкость и управляемую биоактивность, применение плазменных технологий для создания многослойных наноструктурированных покрытий на основе тугоплавких соединений (нитридов гафния и титана) являются одним из приоритетных направлений современного материаловедения. Социальный эффект от внедрения таких материалов, связанный с сокращением сроков реабилитации, снижением количества осложнений и имплантационных инфекций повышают значимость диссертационной работы.

Научная новизна работы подкреплена значительным объемом экспериментальных данных. Среди научных результатов диссертации можно выделить следующие:

1. Разработаны принципиально новые композиции и архитектура многослойных наноструктурированных покрытий системы Hf-Ti-N_2 , наносимых методом ионно-плазменного осаждения. Установлено формирование в них переходных слоев состава HfTiN_2 и нанокристаллитов HfN , играющих ключевую роль в проявлении функциональных биоактивных свойств.

2. Предложен и экспериментально обоснован комбинированный подход, включающий предварительную модификацию поверхности подложки (включая коллагенсодержащие материалы) низкоэнергетическими ионами и

последующую активацию готового покрытия для управления кинетикой высвобождения биоактивных нанокристаллитов.

3. Впервые установлены количественные закономерности влияния параметров потока низкоэнергетических ионов ($W_i = 50-100$ эВ, $j_i = 0,5-1,5$ А/м²) на скорость миграции нанокристаллитов гафния в жидкие среды, что позволяет регулировать продолжительность биоактивной фазы имплантата.

4. Разработана физико-математическая модель на основе методов молекулярной динамики, описывающая механизм ослабления связи нанокристаллитов с покрытием при ионной бомбардировке, что представляет значительный вклад в материаловедение.

Автор применяет современные методы анализа структуры (РФА, СЭМ, АСМ), физико-механических свойств (наноиндентирование, склерометрия), а также развернутую биологическую оценку (*как in vitro*, так и *in vivo*). Особого внимания заслуживает использование метода молекулярно-динамического моделирования для верификации предложенного механизма модификации покрытий. Соответствие методик стандартам (ГОСТ) и наличие заключения этической комиссии свидетельствуют о высокой достоверности полученных результатов.

Диссертационная работа имеет большую практическую значимость, в т.ч.:

- Разработаны и охарактеризованы биомедицинские материалы для ортопедии на основе натуральной кожи с барьерными и антимикробными свойствами, что позволяет снизить миграцию хрома в 35 раз.

- Созданы материалы для травматологии на основе титанового сплава ВТ6 с покрытиями, повышающими коррозионную стойкость и обеспечивающими барьерный эффект по отношению к ванадию, снижая его миграцию на 5 порядков.

Апробация и публикационная активность соответствуют высокому уровню диссертационной работы. Основные результаты доложены на многочисленных международных и всероссийских конференциях.

Автореферат диссертации Гребенщиковой Марины Михайловны свидетельствует о том, что автором выполнена комплексная научная работа, обладающая существенной новизной и высокой теоретической и практической значимостью.

Диссертационная работа Гребенщиковой М.М. соответствует паспорту специальности 2.6.17. Материаловедение, и 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), а её автор заслуживает присуждения

5.9

Адрес организации: 426067, УР, г. Ижевск, ул. им. Татьяны Барамзиной, д. 34
Тел. 8(3412) 50-82-00 (приемная), 8(3412) 43-79-02 (канцелярия)
E-mail: udnc@udman.ru

Дата подписания отзыва: «20» 01, 2026 г.

ПОДПИСЬ *Марьенков В. И.*
УДОСТОВЕРЯЮ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ПО ОБРАЗОВАНИЮ И КАДРОВОМУ УПРАВЛЕНИЮ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЛЮДИТЕЛ ДРОВ
КАДРОВ

ВАХРОМЕЕВА О. С.