

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

Работа посвящена созданию нового поколения биомедицинских материалов для травматологии и ортопедии, сочетающих долговременную биосовместимость и биостойкость с управляемой временной биоактивностью, направленной на подавление патогенной микрофлоры в критический послеоперационный период. Основой материалов являются многослойные покрытия из нитридов гафния и титана с варьiruемым временем биоактивных свойств за счет воздействия потока низкоэнергетических ионов. Актуальность темы исследования обусловлена остро стоящими проблемами современной восстановительной медицины. Это инфекционные осложнения, аллергические реакции на металлы имплантатов, миграции токсичных ионов (ванадия, хрома) и ограниченный срок службы биоматериалов. Предложенные автором наноструктурированные покрытия, активированные потоком низкоэнергетических ионов, представляют собой новое решение в данной области.

В автореферате приведены следующие основные результаты:

- Разработаны научно-технологические основы получения биоактивных и биостойких материалов за счет формирования многослойных нитридных гафний-титановых покрытий и их контролируемой модификации.
- Установлены механизмы формирования нанокристаллитов нитрида гафния (с размерами в диапазоне 6-20 нм) в покрытии и их последующего высвобождения под действием потока низкоэнергетических ионов в жидкие среды, что является физической основой для управления антимикробным эффектом во времени.
- Разработана молекулярно-динамическая модель процесса взаимодействия низкоэнергетических ионов с покрытием, объясняющая ослабление связи нанокристаллитов с поверхностью.
- Продемонстрированы барьерные свойства покрытий, за счет которых происходит снижение миграции токсичных ионов из подложки (ванадия – в 10^5 раз, хрома – в 35 раз), что критически важно для долговечности использования и безопасности имплантатов и материалов для ортопедии.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в создании двух типов материалов: на металлической основе (титан ВТ6) для имплантатов и на полимерной основе (натуральная кожа) для ортопедических изделий, с оптимизированными для каждой подложки технологическими режимами.

Разработаны и доведены до конкретных технологических рекомендаций и режимов (давление, токи, напряжения, времена экспозиции) процессы ионно-плазменного осаждения многослойных нитридных гафний-титановых покрытий; процессы ВЧЕ-плазменной предварительной модификации коллагеновых материалов; активации готовых покрытий потоком низкоэнергетических ионов аргона и азота в соотношении 70/30 для задания требуемой кинетики высвобождения биоактивных нанокристаллитов.

Достоверность результатов обоснована широким спектром современных физико-химических методов исследования, статистической обработкой данных, комплексными биологическими испытаниями (*in vitro*, *in vivo*), включая цитотоксичность и исследования на лабораторных животных, а также успешным внедрением результатов в производство.

Апробация и публикационная активность автора включают доклады на более чем 40 российских и международных конференциях. Публикационный список из 94 работ, включая статьи в журналах, индексируемых в Scopus/WoS, рецензируемых ВАК, и из ядра РИНЦ, а также патенты, полностью соответствует требованиям для докторской диссертации и отражает значительный личный вклад автора.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. Погрешность полученных значений позволяет оценить точность и достоверность измерений, что критически важно для сравнения разных подходов, оценки качества приборов и методик. В автореферате не приводятся погрешности измерений.
2. Микротвердость выражается как отношение приложенной нагрузки к площади образовавшегося отпечатка в ГПа. В таблице 2 на стр 20 приводятся значения твердости и микротвердости, но не указан размер покрытия, на котором эти значения получены. Отсутствует сравнение свойств с применяемыми современными покрытиями в данных направлениях медицины.

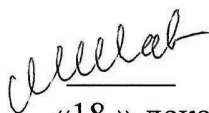
Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы, носят рекомендательный характер. Считаю, что диссертация представляет собой завершенное научное исследование, имеющее новизну, теоретическую значимость и полностью удовлетворяет всем критериям

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 автор, Гребенщикова Марина Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Я, Шавелкина Марина Борисовна, даю согласие на обработку своих персональных данных.

Шавелкина Марина Борисовна, доктор физ.-мат. наук, должность: ведущий научный сотрудник научный сотрудник лаборатории 2.3 - плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, тел. (495) 485-10-27, mshavelkina@gmail.com

В.н.с., д.ф.-м.н.



Шавелкина Марина Борисовна

«18» декабря 2025 г.

Подпись Шавелкиной Марины Борисовны заверяю:

Уч. секретарь ОИВТ РАН, д.ф.-м.н.



А.Д. Киверин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур (ОИВТ РАН) 125412, г.
Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2, (495) 485-82-44, webadmin@ihed.ras.ru