

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Гребенщиковой Марины Михайловны
«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**

Автореферат диссертации Гребенщиковой Марины Михайловны раскрывает актуальную тему комплексного применения плазменных методов для получения и модификации материалов для травматологии и ортопедии. Проблема получения новых материалов приобретает особую значимость в настоящее время, ввиду неудовлетворительных результатов борьбы с антимикотико- и антибиотикорезистентностью микроорганизмов, присоединяющихся в процессе реабилитации пациентов с травмами и нарушениями в опорно-двигательном аппарате. Зоны контакта поверхностей «кожа человека – поверхность ортопедического изделия» подвержены взаимному трению, сдавливанию, и происходит это при высокой влажности, температуре, в присутствии белковых компонентов, что является благоприятными условиями для развития болезнетворных микроорганизмов, грибковых инфекций. Имплантаты, применяющиеся для остеосинтеза, в интерфейсе взаимодействия с костью также имеют серьезные нагрузки, подвергаются воздействию агрессивных сред живого организма, что ведет к асептическому расшатыванию, образованию полостей, а также миграции компонентов имплантата в живой организм.

Разработка эффективных биомедицинских материалов, позволяющих избежать этих проблем, повысить качество и скорость реабилитации, является актуальной задачей биомедицинского материаловедения. Эту задачу в работе предложено решить плазменными методами.

Целью представленной соискателем работы является создание биомедицинских материалов с биостойкостью и имеющих многослойные покрытия из нитридов гафния и титана, позволяющих за счет воздействия потока низкоэнергетических ионов придать им на требуемое время биоактивные свойства, а также разработка научно-технологических основ их создания.

Среди ключевых результатов, обеспечивающих научную новизну исследования, следует отметить, что:

- Разработаны научные основы создания биомедицинских материалов, которые обладают биостойкостью и биоактивностью. Это обеспечено

формированием многослойного покрытия из нитридов титана и гафния, модифицированного потоком низкоэнергетических ионов аргона и азота при параметрах $W_i = 50-100$ эВ. Эта модификация придает материалам биоактивные свойства в жидких средах с максимальной активностью до 10 суток.

- Бомбардировка гафниевого нитридного покрытия низкоэнергетическими ионами Ag приводит к ослаблению связей между нанокристаллитами и покрытием и облегчает их десорбцию в жидкие биологические среды.
- В работе показано, что предварительная модификации коллагенового материала ПНЭИ аргона, генерируемых из ВЧ разряда пониженного давления обеспечивает получение многослойных покрытий из нитридов гафния и нитридов титана для биомедицинского материала с высокой адгезионной прочностью, обладающих биостойкостью и биоактивностью за счет формирования на поверхности подслоя из активированных концевых групп коллагена, а также повышения упорядоченности структуры в порах и межфиламентных пространствах.
- Установлено, что ПНЭИ аргона после проведения предварительной модификации коллагенсодержащей подложки и последовательное чередование потоков плазмы с ионами титана и гафния в среде азота позволяет формировать чередующиеся слои нитридов гафния и титана с нанокристаллитами размером 6-20 нм и титана

В работе проведено построение физической модели взаимодействия струйного высокочастотного емкостного разряда пониженного давления с многослойным покрытием нитридов титана и гафния.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в работе при получении покрытий, отработке параметров их нанесения и модификации поверхностей, а также при испытаниях материалов на биообъектах, обеспечили разработку научно обоснованных методов получения биомедицинских материалов для ортопедии и травматологии, и новых материалов для биомедицинского применения.

Исследование механических, физических и биологических характеристик материалов выполнено на современном оборудовании, результаты подтверждены математической обработкой данных, что позволяет сделать вывод о достоверности результатов исследования, их воспроизводимости.

Результаты работы неоднократно докладывались на конференциях различного уровня, а так же публиковались в журналах, входящих в Перечень ВАК.

Результаты работы внедрены, а экономический эффект составил 7,45 млн руб.

Заключение:

Автореферат свидетельствует о том, что диссертация Гребенщиковой М.М. представляет собой самостоятельное, законченное исследование, имеющее научную новизну, практическую и теоретическую значимость, выполненное на высоком научном и методическом уровне. Полученные результаты вносят весомый вклад в материаловедение, особенно в области создания биомедицинских материалов нового поколения.

Работа полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», 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, Лебедев Юрий Анатольевич, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Юрий Анатольевич Лебедев

доктор физико-математических наук,

И.О. заведующего лабораторией плазмохимии и физикохимии импульсных процессов

Главный научный сотрудник,

тел.: 8(495)6475927, доб. 322,

адрес электронной почты: lebedev@ips.ac.ru.

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)

119991, Москва. Ленинский проспект, 29,

тел. 8(495) 9544275, e-mail: tips@ips.ac.ru

Подпись д.ф.-м.н. Ю.А. Лебедева удостоверяю

Ученый секретарь ИНХС РАН

Доктор химических наук

13.01.2026 г.



Ю.В. Костина

