

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия / 01.04.07 Физика
конденсированного состояния

Школа Исследовательская школа химических и биомедицинских технологий

Отделение Научно-исследовательский центр «Физическое материаловедение и
композитные материалы» ИШХБМТ

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Закономерности формирования гибридных биоразлагаемых волокнистых скэффолдов на основе поли-3-оксибутирата с улучшенным пьезоэлектрическим откликом

УДК 620.22-419.8:678.5:60:537.226.8

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-08	Чернозем Роман Викторович		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор- консультант	Чернов Иван Петрович	д.ф.-м.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ИШХБМТ	Трусова Марина Евгеньевна	д.х.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор НИЦМФКМ доцент	Сурменев Роман Анатольевич	к.ф.-м.н., доцент		

Аннотация

Большая часть трудоспособного населения страдает от травм и повреждений опорно-двигательной системы. В связи с этим ученые и врачи совместно работают над разработкой новых «умных» материалов для изготовления имплантатов на их основе. В ряде случаев для лечения требуется регенерация костной ткани, что обеспечивает потребность применения *биорезорбируемых* материалов, которые должны быть *биосовместимыми* и обеспечивать *механические свойства*, идентичные костной ткани. Данные требования, предъявляемые тканевой инженерией, могут быть успешно выполнены при использовании полимерных материалов. Ученые и инженеры в течение последних десятилетий активно занимаются получением и исследованием 3-Д полимерных скэффолдов, которые позволяют обеспечить эффективную транспортировку питательных веществ, адгезию и пролиферацию клеток.

Относительно недавно внимание специалистов привлекли пьезоэлектрические материалы, которые способны обеспечить электростимуляцию клеток и остеогенез. Деформация нецентросимметричной кристаллической решетки пьезоэлектрических материалов индуцирует электрические заряды на их поверхности. Изготовление пьезоэлектрических скэффолдов, удовлетворяющих требованиям тканевой инженерии, является трудной научно-технической задачей.

На данный момент известно небольшое число биорезорбируемых пьезоэлектрических полимеров, наиболее широко известным из которых является природный поли-3-оксибутират (ПОБ). Фукада в 1986 г. впервые измерил сдвиговые пьезоэлектрические свойства ПОБ пленок, которые обусловлены наличием α -фазы. Существование нормального пьезоэлектрического отклика ПОБ оставалось под вопросом до недавнего времени. Последние исследования кристаллической структуры ПОБ пленок, подвергнутых растяжению при нагреве, установили формирование β -фазы. Экспериментально было показано наличие *эффективного* нормального и сдвигового пьезоэлектрического отклика ПОБ скэффолдов, содержащих α - и β -фазы. Однако, пьезоэлектрические свойства поликристаллического ПОБ не известны.

Недавние исследования *in vitro* и *in vivo* показали более быстрое восстановление костной ткани по мере увеличения пьезоэлектрического отклика пленок на основе не биорезорбируемого поливинилиденфторида (ПВДФ). Пьезоэлектрические свойства ПОБ в несколько раз меньше ПВДФ, поэтому с целью повышения пьезоэлектрического отклика ПОБ в работе было решено использовать двумерные нанопластины восстановленного оксида графена (ВОГ), влияние которого на структуру и пьезоэлектрические свойства

ПОБ не исследовано. Однако, множество исследований демонстрируют увеличение пьезоэлектрических свойств ПВДФ с помощью добавления ВОГ.

Таким образом, данная работа направлена на комплексное исследование влияния ВОГ на структуру и пьезоэлектрические свойства ПОБ микроволокон, а также изучение механизма биомиметической минерализации карбоната кальция на поверхности волокон 3-Д ПОБ скэффолдов при воздействии ультразвука.

В **первой главе** представлен анализ литературы в рамках диссертационного исследования. Проанализированы требования, предъявляемые тканевой инженерией к биоматериалам и методы формирования полимерных ПОБ скэффолдов. Показана необходимость проведения исследований по улучшению пьезоэлектрических свойств скэффолдов.

Во **второй главе** описаны материалы и методы, необходимые для получения немодифицированных и гибридных ПОБ матриц с добавлением ВОГ методом электроформования, а также для анализа структуры, морфологии, молекулярного состава, физико-механических свойств и пьезоэлектрического отклика.

В **третьей главе** приведены результаты исследований о влиянии ВОГ на структуру, молекулярный состав и пьезоэлектрические свойства 3-Д ПОБ скэффолдов. Установлено увеличение значений поверхностного потенциала и пьезоэлектрического отклика ПОБ микроволокон при добавлении ВОГ вследствие изменения фазового и молекулярного состава скэффолдов.

В **четвертой главе** установлено, что добавление ВОГ не приводит к изменению морфологии, скорости биорезорбции и модуля Юнга ПОБ микроволокон. При этом, выявлено улучшение эластичности гибридных скэффолдов по сравнению с немодифицированными после инкубации в натрий-фосфатном буфере в течение 30 дней.

В **пятой главе** разработан механизм биомиметической минерализации фазы карбоната кальция на поверхности микроволокон 3-Д ПОБ матриц в динамических механических условиях. Анализ результатов минерализации позволил установить значительное увеличение массы фазы карбоната кальция при стимулировании пьезоэлектрического эффекта ПОБ микроволокон по сравнению со скэффолдами на основе ПОБ-3-оксивалерата, пьезоэлектрические свойства которого значительно меньше ПОБ. Немодифицированные и минерализованные 3-Д ПОБ матрицы демонстрируют отсутствие цитотоксического действия на остеобластоподобные человеческие клетки.