

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Преображенского Ильи Ивановича
«Материалы для регенерации костной ткани на основе фосфатов
магния-натрия: керамика и наполненные гидрогели», представленной
на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальности 1.4.15 - химия твердого тела**

Костная ткань обладает способностью к самовосстановлению, однако при восстановлении обширных костных дефектов и для ускорения процесса заживления необходимо использовать имплантаты из различных материалов. На данный момент в литературе представлено большое количество материалов, предназначенных для имплантации костной ткани, которые можно разделить на резорбируемые и нерезорбируемые в среде организма. Наибольший интерес представляют материалы, которые способны растворяться в среде организма и стимулировать образование новой костной ткани за счет выделения при растворении биосовместимых ионов. Невысокая растворимость традиционно используемых фосфатов кальция, таких как гидроксиапатит и трикальцийфосфат, побуждает проводить поиск новых материалов с более высокой скоростью растворения, которые также должны характеризоваться химической совместимостью с костной тканью и не вызывать негативного влияния на организм. Поставленная в работе цель направлена на разработку и установление закономерностей формирования керамических и композиционных материалов, обладающих большей растворимостью по сравнению с фосфатами кальция. Стоит отметить, что в работе впервые предложено использование керамики на основе замещенных фосфатов магния и композита гидрогель/фосфаты магния в качестве имплантата для лечения дефектов костной ткани.

С точки зрения получения керамических материалов важным является изучение фазовых превращений соединений исследуемой системы $Mg_3(PO_4)_2 - Mg_4Na(PO_4)_3$. Данная система осложняется наличием большого количества полиморфных превращений фосфатов магния-натрия, и в данной работе было изучено влияние полиморфных превращений на синтез искомым соединений, а также на свойства спеченной керамики. Было показано, что в случае фосфата магния-натрия ($MgNaPO_4$) большой объемный эффект при полиморфном превращении ведет к растрескиванию керамики и ухудшению механических свойств, в то время как использование тетрамагнийнатриевого фосфата ($Mg_4Na(PO_4)_3$) позволяет получить плотные керамические материалы с высокими значениями прочности на сжатие.

В работе использовано большое количество современных физико-химических методов исследования, которые подтверждают достоверность полученных результатов. Для образцов керамики были проведены первичные биологические испытания на клетках остеобластов. С использованием установленных параметров стереолитографической печати были получены композиты на основе гидрогелей из смеси мономеров акрилатных производных полиэтиленгликоля, наполненных фосфатами магния, что является важным практическим результатом работы. При использовании цифровых методов производства возможно обеспечение индивидуального подхода к лечению пациентов за счет подбора размера и формы напечатанной конструкции.

Выносимые на защиту положения соответствуют заявленной специальности, а выводы работы вытекают из поставленных задач. Результаты работы были представлены на многих научных конференциях, включая международные, и опубликованы в 9 статьях, рецензируемых в системах РИНЦ, Web of Science и Scopus.

Автореферат состоит из традиционных разделов и подробно объясняет суть работы и полученные результаты. В качестве замечаний выделяются:

- 1) В тексте автореферата не указана мотивация использования смеси мономеров акрилатных производных полиэтиленгликоля. Какие недостатки имеют гидрогели на основе полиэтиленгликоль-диакрилата?
- 2) Почему для получения конструкций на стереолитографическом принтере было выбрано соотношение мономеров ПЭГМА/ПЭГДА 30/70?
- 3) Для более точного описания результатов рентгенофазового анализа я бы рекомендовал использование специализированного программного обеспечения, например, приближение Ритвельда (Rietveld refinement).
- 4) Для результатов таблицы 1 не приведены значения выдержки образцов при максимальной температуре, а также работы по ее оптимизации. Также нет физических механизмов, описывающих увеличение прочности на сжатие с ростом температуры. Каким образом изменение размера зерен определяет изменение механических свойств также не обсуждается. Нет данных о модуле Юнга, который также имеет важное значение и определяет биомеханику взаимодействия с костью.
- 5) Результаты биологических исследований описаны таким образом, что материалы не влияли на поведение клеток, например, не оказывали цитотоксического действия, что несомненно является положительным результатом работы. Однако, я бы также рекомендовал выделить некоторые ключевые результаты, где влияние материалов было стимулирующим на определённые клеточные процессы.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация и автореферат отвечают требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела» (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Преображенский Илья Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – «Химия твердого тела».

Сурменев Роман Анатольевич

Доктор технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Доцент (01.04.07 – физика конденсированного состояния)

Директор Научно-исследовательского центра «Физическое материаловедение и композитные материалы», Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Адрес организации: 634055, г. Томск, пр. Ленина, д. 30, ТПУ

Телефон (моб.): +7(903)953-09-69

e-mail: rsurmenev@mail.ru

Я, Сурменев Роман Анатольевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

И.о. ученого секретаря ТПУ

Новикова В.Д.