

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Крохичевой Полины Алексеевны на тему «Костные цементы на основе кальций-магний фосфатов с антибактериальным эффектом для реконструктивно-восстановительной хирургии», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Целью диссертационной работы Крохичевой П.А. является разработка и исследование новых неорганических цементных материалов, обладающих антибактериальной активностью для костной пластики.

Актуальность работы не вызывает сомнений. В современной реконструктивной хирургии существует острая потребность в биорезорбируемых, остеокондуктивных и антимикробных материалах, способных замещать костные дефекты сложной формы и конфигурации. Разработка отечественного цементного материала для восстановления костной ткани является стратегически важной задачей.

Автором был проведен широкий спектр исследований с использованием современного оборудования, включая микрокомпьютерную томографию. В качестве основы была выбрана перспективная система $(Ca+Mg)/P = 2,0$ с варьированием замещения катионов кальция магнием (20, 40, 60 мол. %). Для придания антибактериальных свойств была произведена функционализация цементных порошков катионами серебра (Ag^+) и цинка (Zn^{2+}) в количествах 0,5 и 1,0 мас. %. Полученные в ходе работы оригинальные данные, включающие синтез, фазовый и структурный анализ, изучение кинетики схватывания цементных материалов, механических и биологических свойств, и установленные зависимости «структура – свойства – биологический ответ», подтверждают научную новизну работы.

В работе с помощью комплексного физико-химического анализа определена зависимость фазового состава, морфологии и дисперсности цементных порошков на основе кальций-магний фосфатов при мольном соотношении $(Ca+Mg)/P=2$ от доли содержания $Mg/(Ca+Mg)$ равной 20, 40, и 60 %, и антибактериальных катионов Ag или Zn в количестве 0,5 и 1,0 мас. %. В ряду указанных составов, выявлены закономерности изменения параметров элементарной ячейки фаз β -ТКФ ($Ca_3(PO_4)_2$), Mg - β -ТКФ ($Ca_{2,589}Mg_{0,411}(PO_4)_2$) и станфилдит ($Ca_3Mg_3(PO_4)_4$), установлено химическое состояние и посчитаны химические сдвиги элементов.

Определен механизм фазообразования кальций-магний фосфатных цементных материалов, заключающийся в растворении исходных фаз цементного порошка, а именно Mg - β -ТКФ, станфилдит, MgO в процессе химического взаимодействия с цементной

жидкостью на основе 3,5 М водного раствора гидрофосфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и 1,5 М раствора гидрофосфата магния MgHPO_4 с последующим схватыванием и твердением, в результате которого формируются новые цементные фазы струвит $(\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ и ньюбериит $(\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$, формирование которых приводит к увеличению механических свойств и растворимости, а благодаря содержанию катионов Ag или Zn происходит увеличение антибактериальных свойств в отношении грамположительных *S. aureus* и грамотрицательных *E. coli* штаммов бактерий.

Установлена взаимосвязь между данными, полученными в экспериментах *in vitro* и *in vivo*, подтверждающая гипотезу об ускоренной биорезорбции, за счёт формирования фазы ньюбериит $(\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$, и улучшенных биологических свойствах благодаря присутствию катионов Mg и Ag в структуре КМФЦ материалов.

Работа представляет собой законченный цикл исследований – от синтеза цементного порошка и цементной жидкости до доклинических испытаний цементных материалов. Однако имеется замечание по автореферату, которое не снижает научной и практической значимости представленной работы:

- в исследованиях цитосовместимости на графиках приводятся периоды 1, 3 и 7 суток, а на подписи к рисунку 11 (стр. 18) указаны 1, 7 и 14 суток эксперимента,
- в разделах 5.3–5.4 описаны эксперименты на животных, но отсутствует информация о количестве животных в группах, критериях включения/исключения, методах статистической обработки данных. Это снижает воспроизводимость и доказательную силу результатов,
- в автореферате не отражены возможные ограничения предложенной технологии, такие как влияние вариаций синтеза на воспроизводимость свойств, потенциальная токсичность ионов Ag/Zn при длительном имплантировании, влияние pH среды на скорость биорезорбции.

Диссертационная работа Крохичевой П.А. выполнена на высоком научно-техническом уровне, по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований, практической значимости полученных результатов является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024) "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней") (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025) ВАК РФ предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, тема и содержание работы соответствует паспорту специальности 2.6.14, а

её автор Крохичева Полина Алексеевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

К.т.н, доцент кафедры «Физические проблемы
материаловедения Национального
исследовательского ядерного университета
«МИФИ»

Иванников Александр
Александрович

Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31.

Электронная почта: AAIvannikov@mephi.ru

Контактный телефон: 8 (495) 788-56-99 доб. 9085



Подпись удостоверяю
Наталишка
отдела регистрации
и приказов НИЯУ МИФИ
В. М. Самаровъ