**Биокерамика со сложной архитектурой на основе смешанокатионных силикогерманатофосфатов для регенерации костной ткани**

***Леонтьев Н.В.1, Евдокимов П.В.1,2, Путляев В.И.1,2***

*Аспирант, 2 год обучения*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия*

*2 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*E-mail: nleontev@inorg.chem.msu.ru*

Современные подходы к восстановлению костных дефектов направлены на концепцию регенеративной медицины, где акцент сделан не на механическом заполнении дефекта инертным имплантатом, а на замещении биоактивного материала нативной костью в результате направленного стимулирования регенеративных процессов организма (остеоиндукции). В рамках данного подхода материал выполняет роль пористого каркаса (скаффолда), который должен обеспечивать направленный рост костной ткани. Введение дополнительных макро- и микроэлементов, помимо традиционных биогенных элементов (Ca, P, O), в состав биокерамического матрикса способствует стабилизации высокотемпературных фаз с оптимальной скоростью резорбции, то есть необходимой скоростью поступления биохимически активных элементов в организм, и, тем самым, специфически активировать именно те процессы, которые связаны с регенерацией костной ткани.

Остекондуктивные свойства материала, такие как содействие прорастанию костной ткани в объем имплантата, формирование сети кровеносных сосудов, а также поддержка адгезии и пролиферации клеток, обеспечиваются благодаря структуре взаимосвязанных макропор, созданной с использованием стереолитографической 3D-печати.

Представлены результаты стереолитографического формования остеоиндуктивной биокерамики со сложной макропористой архитектурой на основе смешаннокатионных силикогерманатофосфатов состава (Ca, Mg, Sr, Na, K, Cu, Zn)a(PO4, SiO4, GeO4)b, включающих остеоиндуктивные элементы в позициях структуры глазерита. Повышенная конфигурационная энтропия твердых растворов, обусловленная многоэлементным составом, позволяет стабилизировать высокотемпературные полиморфы глазерита (a = 2, b = 1), обладающие значительной резорбируемостью. Путем быстрого охлаждения от 1500 ºC удается также стабилизировать высокотемпературные полиморфы глазеритоподобных структур нагельшмидтита (a = 7, b = 4) и карнотита (a = 5, b = 3). Рост эффективности стабилизации достигается усложнением элементного состава. В системах CaMPO4 – Ca2XO4 (M = Na, K; X = Si, Ge) наблюдаются расширяющееся поля твердых растворов со структурой глазерита (a = 2, b = 1).

Оценка растворения керамик в модельных экстремальных растворах показала, что скорость растворения материалов увеличивается с усложнением их химического состава, что обеспечивает более быстрое высвобождение осеоиндуктивных ионов. Исследования острой цитотоксичности материалов продемонстрировали, что смешанокатионные силикогерманатофосфаты, включающие до 8 элементов, способствуют активной пролиферации клеток фибробластов, что подтверждает их потенциальную пригодность для восстановления костных дефектов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-19-00219.*