

СИНТЕЗ ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ КАК ПРЕКУРСОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИФАЗНОЙ МАКРОПОРИСТОЙ БИОКЕРАМИКИ

Тихонов А.А.*, Путляев В.И.**,**

** Факультет наук о материалах Московского государственного
университета
имени М.В. Ломоносова, 119992, Москва, Россия, e-mail
andytikhon94@gmail.com*

*** Химический факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова, 119992, Москва, Россия*

Вопрос восстановления поврежденных костных тканей, а также их заболеваний является достаточно актуальным в области современной медицины. Для лечения костных дефектов и регенерации функций кости используются различные биоимпланты, наиболее перспективными из которых являются биокерамические композиты на основе фосфатов кальция. До недавнего времени основной составляющей имплантов для роста кости был гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГА) – основная неорганическая составляющая костной ткани. Основным его недостатком является низкая скорость резорбции. Поэтому в настоящее время исследуются альтернативные материалы для замены костной ткани, например, импланты на основе гомогенных смесей двух фаз: ПФК $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (пирофосфат кальция)/ТКФ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (трехкальциевый фосфат), ТКФ/ГА. Основными прекурсорами для создания таких смесей являются слоистые фосфаты кальция, в частности, ОКФ $\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (октакальциевый фосфат) и «интеркалированный» ОКФ, в котором гидрофосфат-ион замещен на остаток карбоновой кислоты.

ОКФ стал объектом исследования из-за своей слоистой структуры, представляющей собой чередующиеся апатитоподобные и гидратированные слои. Из-за наличия мостиков $[\text{Ca}-\text{HPO}_4-\text{Ca}]$ в гидратированном слое возможно проводить замещение гидрофосфат аниона на остатки карбоновых кислот, к примеру, ацетат-, сукцинат- или цитрат-анионов [1]. Проводя замещение гидрофосфат-иона на остаток карбоновой кислоты, мы увеличиваем соотношение Са к Р в полученном соединении, что позволяет получать смеси разных составов в результате термолиза таких соединений. Варьирование состава бифазных смесей позволяет изменять механические и биологические свойства биокерамики на их основе, в частности скорость резорбции, т.е. растворения импланта в среде организма.

Целью нашей работы стал синтез прекурсоров для создания бифазной биокерамики (ТКФ/ПФК, ТКФ/ГА) с варьируемым соотношением фаз. Основными задачами были поиск условий синтеза ОКФ и дальнейшее изучение их термолита для получения биокерамики.

В ходе работы нами были проведены реакции замещения гидрофосфат-анионов в структуре брушита $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и ОКФ на остатки уксусной, янтарной и лимонной кислот. Методом РФА было показано, что замещение произошло только в случае интеркаляции сукцинат-аниона. Степень замещения в структуре ОКФ варьировалась с помощью изменения условий синтеза. Таким образом, были получены образцы ОКФ-сукцината со степенью замещения (x) от 0.28 до 0.95. Полупродукты термолита таких соединений при обжиге дают бифазные смеси на основе ТКФ/ПФК ($x < 0.67$) или ТКФ/ГА ($x > 0.67$).

Нами была изготовлена макропористая керамика на основе полупродуктов термолита ОКФ и ОКФ-сукцината при 450°C и 600°C . Суспензии таких порошков наносились на пенополиуретановые губки или трехмерные формы (метод реплик), после чего производился их обжиг при 1100°C в течение 3 часов. Полученные образцы не отличались приемлемым уровнем прочности, что могло быть связано с плохим усаживанием частиц порошков на синтетические каркасы. Еще одним способом создания макропористой керамики является метод удаляемых (порообразующих) добавок.

[1] Milenko Markovic, Bruce O. Fowler, and Walter E. Brown. *Chem. Mater.* 1993, 5, 1401-1405.