

минут. Масса навески исследуемых образцов составляла ~ 10 мг на 110 мл раствора МГ концентрацией 27.2 мг/л и ~ 50 мг на 200 мл для раствора КФ концентрацией 88 мг/л. Величины сорбционной емкости МГ лежат в диапазоне от 67 до 87 мг/г. Фотодеградацию красителей фиксировали после облучения раствора с установившимся равновесием светодиодной УФ-лампой LGUVLED 405 nm, мощностью 30 Вт/м² в фотореакторной ячейке. Для оценки фотокаталитического эффекта использовали расчет константы скорости реакции разложения в модели первого порядка. Для исследуемых образцов эта величина составила $2.8 - 6.3 \cdot 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$.

1. Bavykin D.V., Walsh F.C. Elongated titanate nanostructures and their applications // European Journal of Inorganic Chemistry. 2009. V. 8. P. 977-997.

2. Kasuga T., Hiramatsu M., Hoson A., Sekino T., Niihara K. Formation of Titanium Oxide Nanotube // Langmuir. 1998. V. 14. No. 12. P. 3160-3163.

3. Wang W.-A., Shi Q., Wang Y.-P., Cao J.-L., Liu G.-Q., Peng P.-Y. Preparation and characterization of iodine-doped mesoporous TiO₂ by hydrothermal method // Applied Surface Science. 2011. V. 257. No. 8. P. 3688-3996.

4. Синельщикова О.Ю., Масленникова Т.П., Беспрозванных Н.В., Гатина Э.Н., Власов Е.А. Синтез и исследование каталитической активности наноструктурированных калиевых титанатов, допированных Ni, Mg, Al, Fe, Cr // Физика и химия стекла. 2018. Т.44. №4. С. 394-400.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРИОГЕЛЕЙ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ФОСФАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ

Лыткина Д.Н., Садыков Р.Т., Чернышев А.А., Козик В.В., Курзина И.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Фосфаты кальция (ФК) зарекомендовали себя как превосходные материалы для замещения костной ткани и восстановления функций костей для улучшения остеокондукции [1]. Гидроксиапатит (ГА) широко используются благодаря его биосовместимости, нетоксичности и остеокондуктивности [2]. Керамическим материалам не свойственна пластическая деформация, при возникновении трещины материал будет разрушаться [3], поэтому актуальным остается получение новых материалов на основе ГА и полимеров, которые способны дополнять свойства керамики. Одним из таких полимеров является поливиниловый спирт (ПВС), который способен формировать биосовместимые криогели. Цель работы заключалась в получении композиционных материалов на основе фосфатов кальция и поливинилового спирта.

Композиционные материалы получали добавлением раствора гидрофосфата кальция в суспензию гидроксида кальция в растворе поливинилового спирта. Соотношения компонентов были подобраны так, что итоговая концентрация ПВС и фосфата кальция составили по 10 масс.%. Расчет исходных компонентов проводили с соблюдением стехиометрического соотношения Ca/P=1,67 с целью получить гидроксиапатит. Полученную суспензию перемешивали 2 часа, при температуре 90 °С, до pH ~ 7 и замораживали при -20 °С (образец К1), выдерживали суспензию 2 суток и замораживали (образец К2), подвергали СВЧ обработке, выдерживали 2 суток и замораживали (образец К3). Схема получения материала представлена на рисунке 1. По аналогии с композиционными материалами были получены фосфаты кальция ГА1-ГА3 (рис.1).



Рис 1. Схема получения композиционных материалов ГА-ПВС

Секционные доклады

Рентгенофазовый анализ показал (рис. 2), что основной кальций-фосфатной фазой полученных материалов является гидроксиапатит ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_{2\text{гекс}}$) и присутствует остаточный гидроксид кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Наличие поливинилового спирта как и выдерживание смеси с обработкой СВЧ излучением не оказывают влияния на состав фаз в материалах.

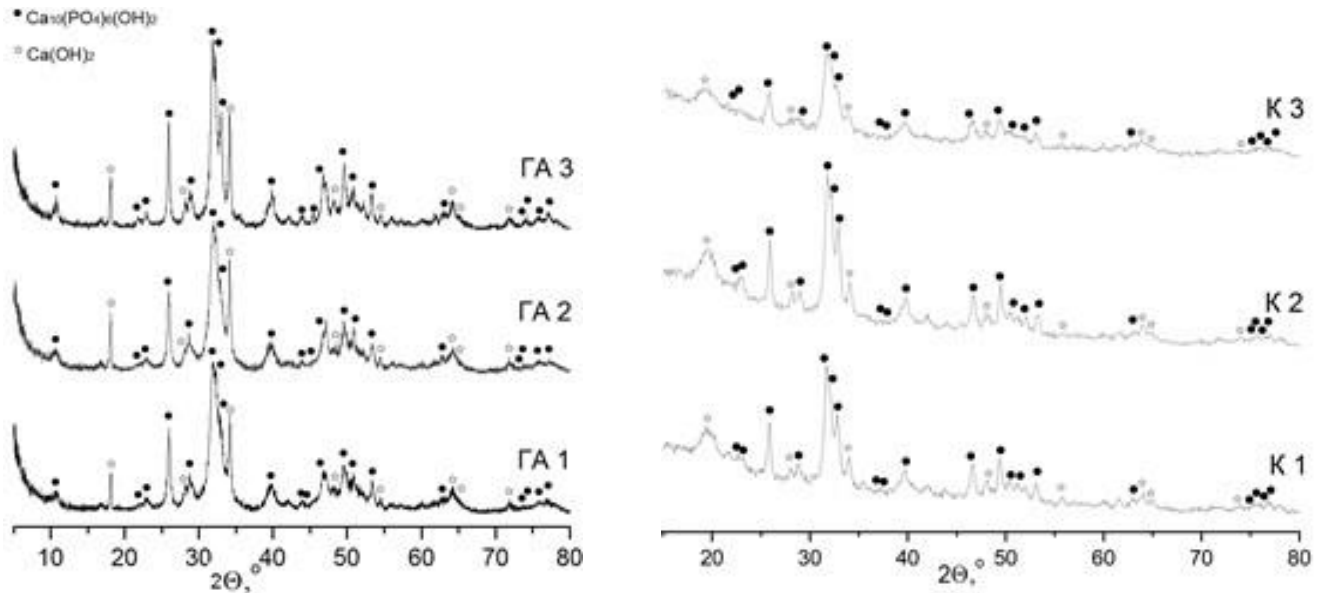


Рис 2. Дифрактограммы полученных фосфатов и композиционных материалов

Однако исследование морфологии поверхности методом СЭМ показало, что средний размер частиц гидроксиапатита изменяется в зависимости от количества стадий получения материала. Материал К3 полученный с использованием СВЧ излучения имеет в составе самые мелкие частицы до 1,5 μm . Это может являться результатом того, что в процессе СВЧ обработки формируется больше центров кристаллизации в сравнении с материалами полученными с выдерживанием суспензии (К2) или замороженных сразу после синтеза (К1).

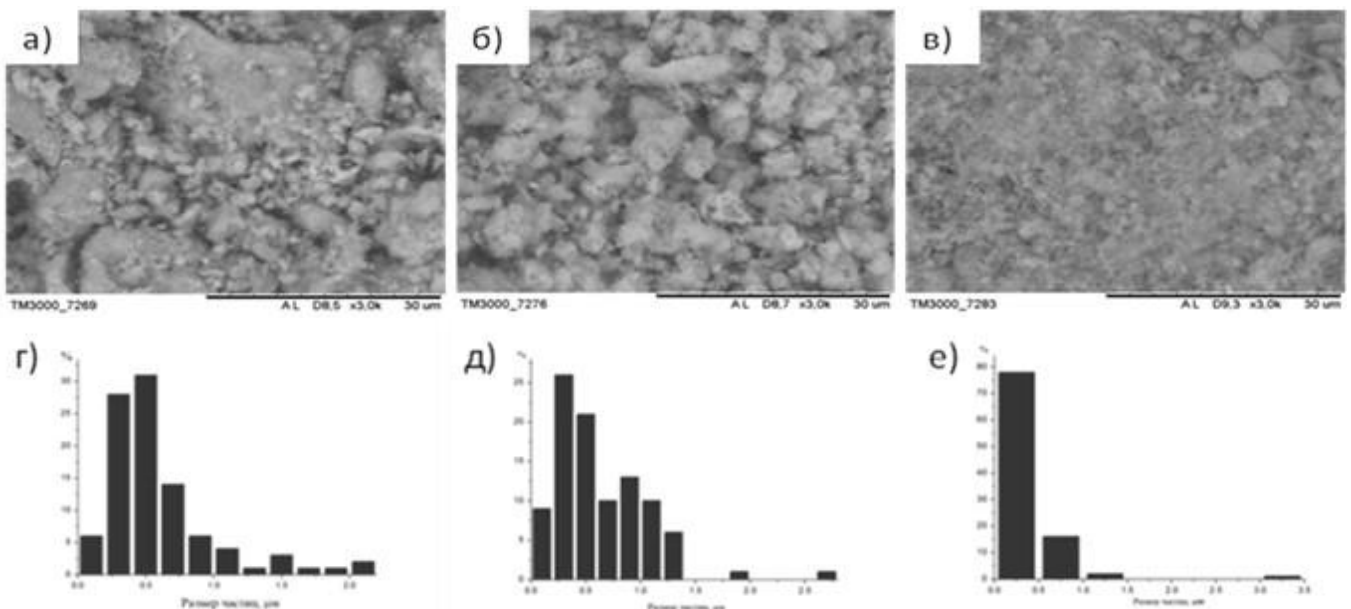


Рис 3. СЭМ изображения композитов ПВС-ГА а) К1, б) К2, в) К3; гистограммы распределения частиц по размерам г) К1, д) К2, е) К3

Распределение элементов по поверхности срезов композиционных материалов показывает, что минеральная и полимерная фаза распределены слоями во всех композиционных материалах. Соотношение Ca/P выше чем у гидроксиапатита ($\text{Ca}/\text{P}=1,67$) т.к. в составе материалов присутствует остаточный $\text{Ca}(\text{OH})_2$ который увеличивает долю кальция в соотношении.

Таблица 1. Элементный состав поверхности материалов полученный методом РСМА

Образец	Элементы (масс.%)			
	Ca	P	O	Ca/P
K1	16,19	7,83	43,77	2,28
K2	17,06	7,86	42,37	2,17
K3	15,03	6,15	44,58	2,44

В результате получены новые композиционные материалы на основе гидроксиапатита и криогелей поливинилового спирта. Методом рентгенофазового анализа установлено, что основной фазой минерального наполнителя композита является гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (гекс.). Обработка СВЧ и выдерживание смеси в течении 2-х суток способствуют уменьшению среднего размера частиц кальций-фосфатных материалов. Исследование морфологии поверхности показало, что композиционные материалы имеют неоднородную слоистую структуру, что подтверждено распределением элементов по поверхности материалов. Соотношение Ca/P на поверхности материалов выше чем литературное значение, т.к. в составе присутствует вторая фаза содержащая кальций $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования (проект № 0721-2020-0037).

1. J.R. Jones, L.M. Ehrenfried, L.L. Hench Optimising bioactive glass scaffolds for bone tissue engineering // Biomaterials. 2006. Vol. 27. P. 964-973.
2. Mucalo M. Hydroxyapatite (HAp) for Biomedical Applications. Elsevier: Amsterdam. 2015. 404 p.
3. Dorozhkin S.V. Calcium orthophosphate bioceramics // Eurasian Chemico-Technological J. 2015. No. 12. P. 247–258.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ TiO_2 - SiO_2/CaO СО СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ КАТИОНИТА ТОКЕМ-200

Лютова Е.С., Козик В.В., Борило Л.П.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

В последние годы, перспективным материалом для имплантатов можно считать композиции на основе кальций-фосфатов, модифицированные кремнием и титаном для улучшения функциональных характеристик. Во многих работах установлено, что присутствие кремния в составе кальций-фосфатного материала ускоряет сращивание имплантата с костью. Уменьшается размер кристаллитов и изменяется структура зерен кальций-фосфатных материалов при частичном замещении фосфатных групп силикатными.

Кальций-фосфаты могут быть природного или синтетического происхождения. Их можно получить, используя несколько методов. В последние годы золь-гель синтез является перспективным методом получения биоматериалов. Использование золь-гель метода при получении золя для системы TiO_2 - SiO_2 при формировании оболочки сферы позволяет контролировать размер частиц, необходимый для сохранения пористости материала и обеспечения доступа физиологическим жидкостям ко всему объему ткани.

Целью данной работы является получение композиционных материалов TiO_2 - SiO_2/CaO со сферической формой частиц на основе катионита Токем-200 и изучение физико-химических, биологических свойств.

Стабильность золя зависит от времени, необходимого для растворения предшественника золя (бутанол-вода-кислота до добавления алкоксида). Так же необходимо соблюдать порядок смешения компонентов при приготовлении золь. Приготовление золь проводили в соответствии с методикой, описанной в литературе [1]. Состав золь: TiO_2 (65 мол.%) – SiO_2 (30 мол. %) – P_2O_5 (5 мол.%). Созревание золь проводили при комнатной температуре в течение 3 суток. Внешний каркас, полученных материалов, представлял собой TiO_2 - SiO_2 , а внутренняя часть была заполнена Ca^{2+} (образец TiO_2 - SiO_2/CaO). Выбран кальцийсодержащий образец катионита Токем-200 на основе акрил-дивинилбензола, благодаря высокой селективности к Ca^{2+} . Образцы Токем-200 с Ca^{2+} погружали