

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ И ПОЛИСАХАРИДОВ

Цыганова А.А., Голованова О.А.

«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

golovanoa2000@mail.ru

Материалам для костной регенерации посвящено достаточно большое число исследований, в последние годы оформилась четкая тенденция к композиционным материалам и многофазным системам. Основными требованиями, которые предъявляются к биоактивным материалам, являются относительно высокая скорость растворения (сопоставимая со скоростью образования новой ткани) и активное участие поверхности в биохимических реакциях, протекающих на границе имплантат/кость. Поэтому актуальным являются поиски материала свойства, которого, в том числе растворимость в биологических средах, легко варьировать. Однако разработка способа получения высокорезорбируемых материалов, отвечающих основным требованиям к имплантатам, сложная исследовательская задача [1].

В данной работе предлагается остановить свое внимание на композиционных материалах на основе фосфатов кальция, исторически первых материалах для заполнения костных дефектов, обладающих биосовместимостью и способных к остеоинтеграции и остеокондукции, и полисахаридов, материалов которые благодаря своей низкой токсичности, биосовместимости и противовоспалительным свойствам являются прекрасным сырьем для создания материалов медицинского назначения.

Синтез смеси ортофосфатов кальция проводился при концентрации осадкообразующих ионов Ca^{2+} и HPO_4^{3-} 0,0375 и 0,050 моль/л соответственно, температуре 40°C, pH=6.5 и введении добавки ионов магния в концентрации 12.5 ммоль/л. Смешивание растворов проводилось при охлаждении (0-5°C). После вызревания осадка под маточным раствором, в течение 48 ч, твердую фазу отделяли от раствора фильтрованием, высушивали при температуре ~ 80 °C до постоянной массы и полного удаления химически несвязанной воды, взвешивали и исследовали с применением группы физико-химических методов.

Для получения композиционных материалов в качестве биополимеров были использованы: 2% водная суспензия альгината натрия; 2% раствора хитозана в 0,5% уксусной кислоте; 2% водный гель высокомолекулярной гиалуроновой кислоты; альгинат-хитозановый ПЭК – смесь 1:1 2% водной суспензии альгината натрия и 2% раствора хитозана в 0,5% уксусной кислоте; альгинат-гиалуроновый гель - смесь 1:1 2% водной суспензии альгината натрия и 2% водного геля высокомолекулярной гиалуроновой кислоты. В суспензию вводили порошок материал в количестве 10, 30, 50 масс.% и подвергали интенсивному перемешиванию. Пену помещали в тигель и высушивали при температуре 25 °C, 200°C и 400°C.

Методами РФА и ИК-спектроскопии установлено, что внедрение порошкового материала в матрицу альгината натрия не изменяет его состав, вне

зависимости от соотношения наполнитель/матрица (рис.1). А ИК-спектры образцов содержат весь набор характерных для фосфатов кальция и альгината натрия (рис.2).

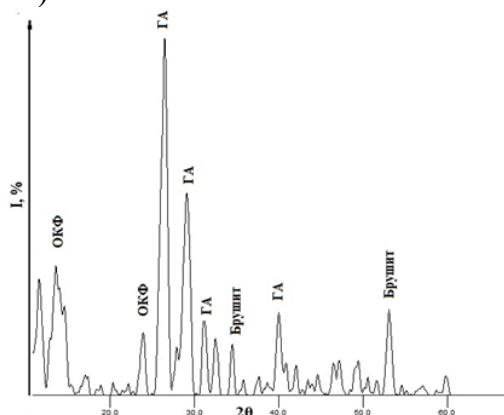


Рис.1. Дифрактограмма материала на основе альгината натрия 20/80
Т_{сушки}= 200°С

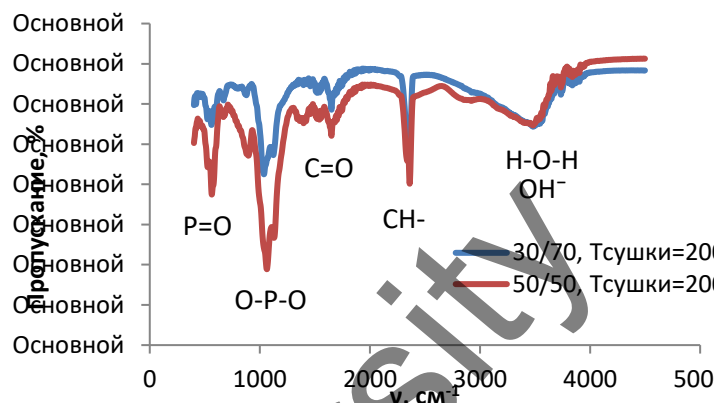


Рис.2. ИК-Спектры композиционных материалов на основе альгината натрия

Известно, что альгиновые кислоты способны связывать двухвалентные катионы металлов, таких как Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} . Кроме того взаимодействие с такими катионами приводит к быстрому связыванию друг с другом разных макромолекул полимера с образованием инотропных гелей.

Для установления механизма взаимодействия альгината натрия с неорганическим наполнителем был проведен эксперимент, к гелю альгината натрия добавляли в количестве 0,5 и 1,0 %-масс. смеси фосфатов кальция (наполнителя) и измеряли при этом динамическую вязкость геля. При добавлении 1% наполнителя к гелю альгината натрия полимерная композиция сшивается в течение 3-4 минут. Если уменьшить концентрацию наполнителя до 0,5 %-масс., то композиция плохо сшивается, гель остается текучим (табл.1).

Табл.1. Значения динамической вязкости геля

Динамическая вязкость матрицы, Па с	Динамическая вязкость матрицы в присутствии наполнителя, Па с	
	0.5%	1.0%
5,992±0,060	7,580±0,076	11,855±0,118

Ввиду того, что трехкомпонентная смесь фосфатов кальция является труднорастворимой, при получении композита во время перемешивания частицы успевают равномерно распределиться во всем объеме полимера.. В итоге поверхность полученных композитов выглядит как пористый матрикс, в котором равномерно распределена твердая фаза (рис.3). А при более детальном рассмотрении частиц композита видно, что материал наполнителя полностью покрыт матрицей и частицы композита представлены в форме агломератов различной формы (рис.4).

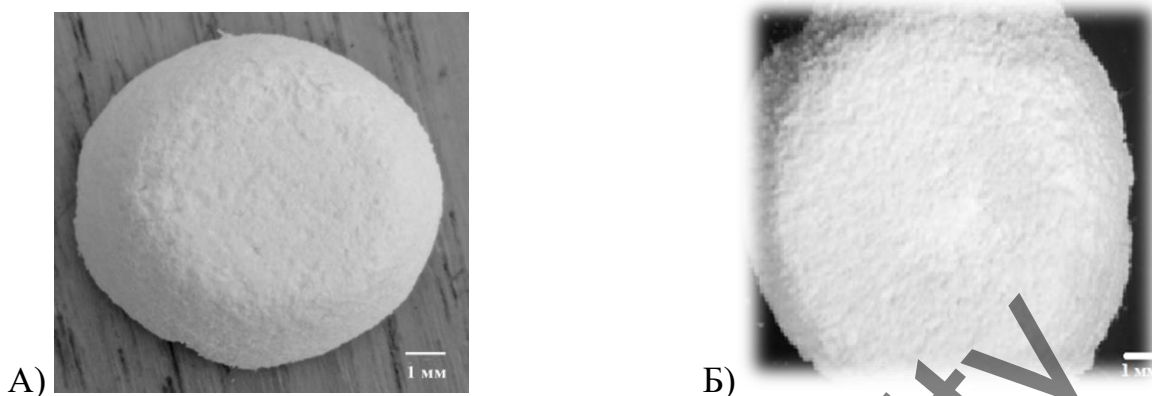


Рис.3. Фотографии материала на основе альгината натрия с соотношением наполнитель/матрица 20/80 ув. x10 А) $T_{\text{сушки}}=25^{\circ}\text{C}$, Б) $T_{\text{сушки}}=200^{\circ}\text{C}$

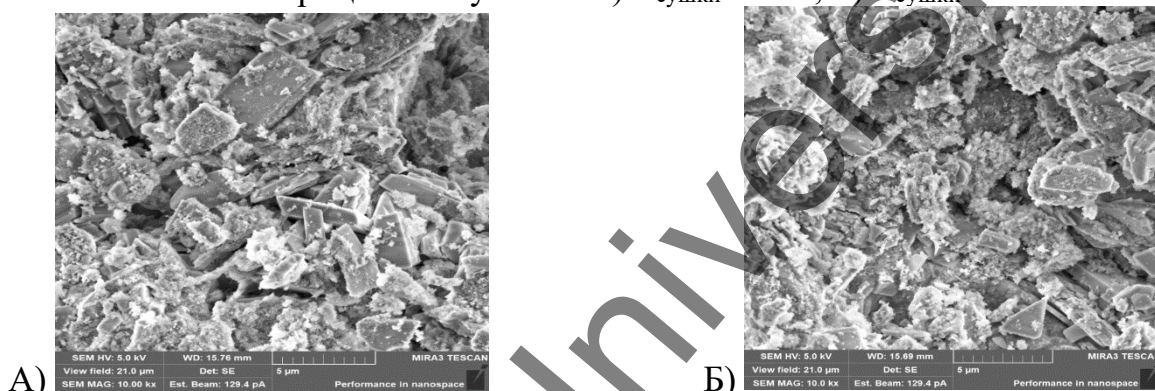


Рис.4. Фотографии композиционного материала на основе альгината натрия с соотношением наполнитель/матрица А – 20/80, Б – 50/50, $T_{\text{сушки}}=200^{\circ}\text{C}$.

Методом БЭТ установлено, что удельная поверхность композиционного материала, характеризующегося соотношением наполнитель/матрица 20/80 и температурой сушки 25°C , возрастает по сравнению с порошковым материалом от $23 \text{ м}^2/\text{г}$ до $39 \text{ м}^2/\text{г}$, а увеличение температуры сушки образца до 200°C и 400°C уменьшает удельную поверхность до $37 \text{ м}^2/\text{г}$ и $33 \text{ м}^2/\text{г}$ соответственно, что связано с уплотнением композиционных материалов.

При изучении биорезорбируемости полученных материалов установлено, что резорбируемость композитов выше, чем у соответствующего образца без биополимера, но при увеличении соотношения наполнитель/матрица и увеличении температуры сушки композитарезорбируемость снижается.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-03-2023-«Фундаментальная теория кристаллизации ОМА и физико-химических методов исследования патогенного минералообразования в организме человека с целью профилактики, блокирования патогенов и создания биомиметических систем доставки лекарств»).

Литература

A. Tsyganova and O. A. Golovanova. Synthesis of a composite material based on a mixture of calcium phosphates and sodium alginate. *Inorganic Materials*, 2019, Vol. 55, No. 11, pp. 1156–1161