

Хоанг Вьет Хунг, аспирант  
М. А. Трубицын, проф., канд. тех. наук  
Л. В. Фурда, доцент, канд. хим. наук  
(НИУ «БелГУ», г. Белгород, Россия)

## РЕЗОРБИРУЕМОСТЬ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ БИОМАТЕРИАЛОВ, ДОПИРОВАННЫХ КАРБОНАТ- И СИЛИКАТ-АНИОНАМИ

Актуальной проблемой современного медицинского материаловедения является разработка и создание новых синтетических биоматериалов для реставрации костных дефектов, максимально приближенных по составу к минеральному матриксу костей человека и животных. На сегодняшний день в большей степени этим требованиям отвечают материалы на основе гидроксиапатита  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$  (ГАП), которые уже на протяжении ряда лет успешно используются в качестве имплантатов в медицинской клинической практике [1-2]. Согласно имеющимся сообщениям, наиболее эффективным способом регулирования биологической активности таких биоматериалов является модифицирование ГАП биосовместимыми анионами, которое позволяет получать биомиметические продукты, сходные с биоапатитом костной ткани [3]. Известно, что введение карбонатных ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  в кристаллическую решетку ГАП способствует повышению его биоактивности, а присутствие кремния в структуре гидроксиапатита благоприятствует процессу остеоинтерграции, повышая скорость остеогенеза *in vivo* при имплантации в организм [4-5].

В связи с этим целью данной работы являлось исследование процессов резорбции синтетического биомиметического кальций-дефицитного гидроксиапатита, допированного карбонат- и силикат-анионами.

В предварительных опытах методом осаждения из водных растворов были получены и охарактеризованы физико-химическими методами образцы наноразмерного биомиметического БМГАП, допированного карбонат- и силикат – анионами, отвечающие формуле  $[\text{Ca}_{10-d}(\text{PO}_4)_{6-x-y}(\text{CO}_3)_x(\text{SiO}_4)_y(\text{OH})_{2+x-y-2d} \cdot n\text{H}_2\text{O}]$  с мольными соотношениями  $\text{Ca}/(\text{PO}_4^{3-} + \text{CO}_3^{2-} + \text{SiO}_4^{4-}) = 1.50; 1.55; 1.60$ . Этим образцам были присвоены

индексы: БМГАП1.50; БМГАП1.55 и БМГАП1.60. В качестве образца сравнения был получен наноразмерный немодифицированный гидроксиапатит.

В настоящее время биоактивность кальций-фосфатных биоматериалов прямо оценивать по их способности к резорбции, т.е. интенсивности растворения в модельных растворах. В данной работе в качестве модельного раствора использовали сантимолярный раствор соляной кислоты. Для этого в химические стаканы помещали навески БМГАП массой  $0.2 \pm 0.002$  г, заливали 50 мл раствора HCl и осуществляли непрерывное перемешивание при помощи магнитной мешалки. Через заданное время экспозиции потенциометрическим методом измеряли pH раствора. Результаты измерений представлены на рисунке 1.

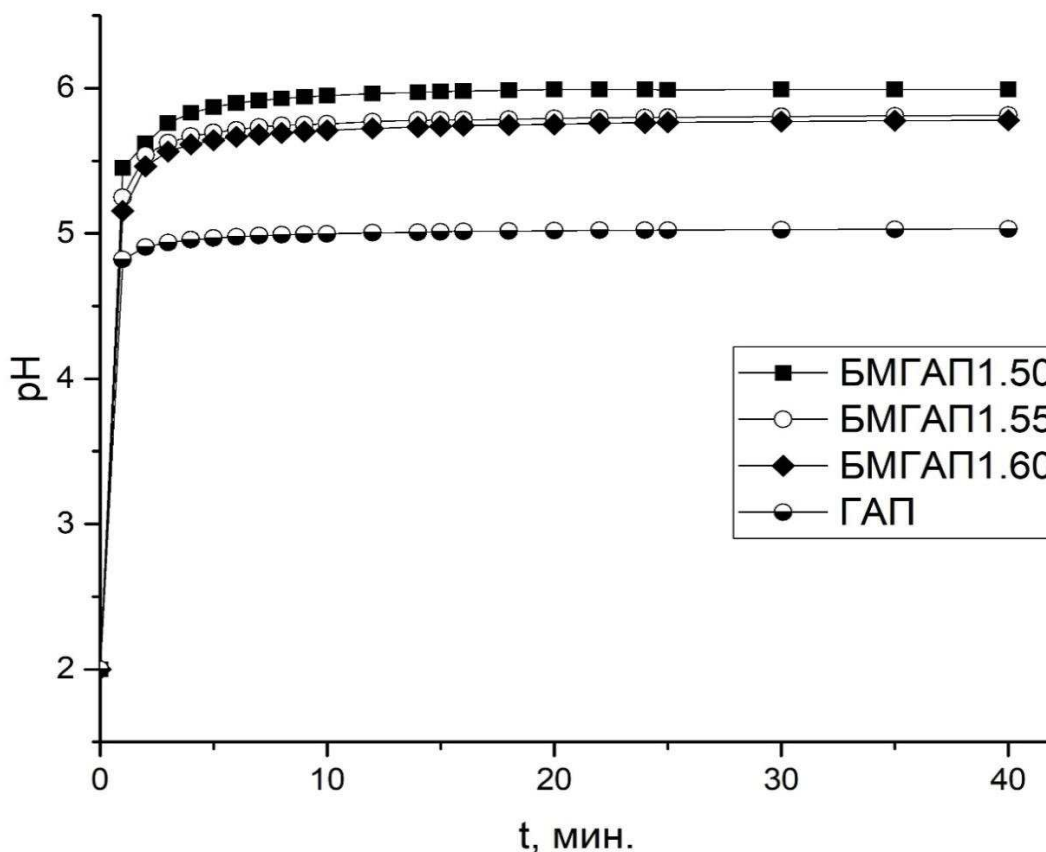


Рисунок 1 – Динамика растворения образцов БМГАП и ГАП в 0,01М растворе HCl.

Сравнительный анализ графиков показал, что образцы БМГАП обладают повышенной биоактивностью по сравнению с немодифицированным ГАП. Наибольшее значение растворимости

наблюдается у БМГАП1.50. Таким образом, введение силикат - и карбонат- анионов оказывает существенное влияние на резорбируемость разработанных биомиметических материалов на основе ГАП.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aleksandra Szczes, Lucyna Holysz, Emil Chibowski. Synthesis of hydroxyapatite for biomedical applications, *Adv. Colloid Inter. Sci.* 249 (2017) 321-330.

2. Adeleke S.A., Ramesh S., Bushroa A.R., Ching Y.C., Sopyan I., Maleque M.A., Krishnasamy S., Chandran Hari, Misran H., Sutharsini U. The properties of hydroxyapatite ceramic coatings produced by plasma electrolytic oxidation, *Ceram. Int.* 44 (2018) 1802-1811.

3. Gibson I.R., Best S.M., Bonfield W. Chemical characterization of silicon-substituted hydroxyapatite, *J. Biomed. Mater. Res.* 4 (1999) 422–428.

4. Gibson I.R., Bonfield W. Novel synthesis and characterization of an AB-type carbonate-substituted hydroxyapatite, *J. Biomed. Mater. Res.* 59 (2002) 697-708.

5. G. Munir, G. Koller, L.D. Silvio et al. The pathway to intelligent implants: osteoblast response to nano silicon-doped hydroxyapatite patterning, *J. R. Soc. Interface.* 80 (2011) 678–688.

Работа выполнена с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования "Технологии и Материалы НИУ "БелГУ".