



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов  
XVII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

РОССИЯ, ТОМСК, 21 – 24 апреля 2020 г.

**Том 2. Химия**

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Abstracts  
XVII International Conference of Students  
and Young Scientists

RUSSIA, TOMSK, April 21 – 24, 2020

**Volume 2. Chemistry**

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ОСНОВЕ ЦИНК-МОДИФИЦИРОВАННОГО ГИДРОКСИАПАТИТА  
И БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИЭФИРОВ**

Э.А. Решетова, А.А. Гуцалова, Д.Н. Лыткина

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. И.А. Курзина

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [reshetova.elina@gmail.com](mailto:reshetova.elina@gmail.com)

**OBTAINING AND RESEARCH OF PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED  
ON ZINC-MODIFIED HYDROXYAPATITIS AND BIODEGRADABLE POLYESTERS**

E.A. Reshetova, A.A. Gutsalova, D.N. Lytkina

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.A. Kurzina

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: [reshetova.elina@gmail.com](mailto:reshetova.elina@gmail.com)

**ABSTRACT.** In the presents the results of synthesis and physicochemical analysis of ceramic composite materials based on calcium phosphates. The structure and properties of the materials obtained are characterized by methods such as x-ray phase analysis, scanning electron microscopy.

**Введение.** Последние десятилетия характеризуются возрастанием объема реконструктивно-восстановительных операций в биопротезировании, а также широким внедрением новых функциональных композиционных материалов. Организму человека свойственно отторжение инородного тела, что приводит к необходимости подбора материала, близкого по строению, структуре, химическому составу кости для улучшения адгезии, биоактивности и биосовместимости [1].

Целью работы является получение и исследование физико-химических свойств композиционного материала на основе цинк-модифицированного гидроксиапатита ( $Zn_xGA$ ) и сополимера лактида и гликолида (СЛГ). Наиболее подходящим материалом является модифицированный ионами гидроксиапатит, основной фосфат кальция состава  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ . Ионы  $Zn^{2+}$  обладают бактерицидным, бактериостатическим, противовирусным и антисептическим действием в отношении более чем 500 патогенных микроорганизмов и вирусов. Их антимикробный эффект сильнее, чем у пенициллина, биомицина и других антибиотиков за счет ингибирующего действия на штаммы бактерий, которые являются устойчивыми к действию антибиотиков [2]. Актуальность применения СЛГ в качестве полимерной составляющей композитов обусловлена оптимальной скоростью его биодegradации в жидкостях организма и нетоксичностью продуктов его распада до молочной и гликолевой кислот [3].

**Материалы и методика исследования.** Рентгенофазовый анализ проведен на дифрактометре Shimadzu XRD 6000, с использованием базы данных PCPDFWIN и программы полнопрофильного анализа POWDER CELL 2.4. Микроструктуру, элементный состав образцов определяли методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) на сканирующем электронном микроскопе Hitachi– 3000. Соотношение компонентов и распределение по

поверхности определяли с помощью элементного анализа на приставке для энергодисперсионного микроанализа Quantax-70. Погрешность определения содержания элементов данным методом варьируется в зависимости от атомного номера элемента, и в среднем составляет  $\pm 0,3$  масс. %. Морфологию поверхности и степень дисперсности композитов оценивали методом секущей по микрофотографиям, при увеличении 5000 раз. Молекулярные массы полимеров определяли методом гель-проникающей хроматографии (ГПХ) на жидкостном хроматографе Agilent 1200

**Экспериментальная часть.** Порошки ( $Zn_xGA$ ) синтезировали жидкофазным методом с использованием СВЧ-излучения при  $pH \approx 11$  по схеме [2]:



где  $x = 0,1$  и  $0,5$  количество моль катионов цинка.

В качестве исходных компонентов СВЧ-синтеза ( $Zn_xGA$ ) использовали раствор нитрата кальция ( $C_m = 0,5$  моль/л) и гидрофосфата аммония ( $C_m = 0,3$  моль/л), соблюдая мольное соотношение элементов  $Ca/P = 5/3$ , характерного для гидроксиапатита. Варьируя содержание нитрата цинка в ходе синтеза, получили линейку образцов с различным количеством моль цинка в образцах. Для получения пористой керамики добавляли порообразующий агент NaCl 25 мас.%, который в последующей стадии вымачивали. Полученные пористые подложки пропитывали в растворе сополимера лактида и гликолида (СЛГ) в хлороформе с обработкой ультразвуком. СЛГ получали методом ионной полимеризации с раскрытием цикла из L-лактида и гликолида [3]. Молекулярная масса СЛГ составила ( $M_w = 1,9 \cdot 10^4$  г/моль).

**Результаты.** Результаты РФА композитов показали наличие фазы ГА с ячейкой типа  $Ca_5(PO_4)_3OH_{\text{гекс}}$ , примесных фаз фосфатов кальция не обнаружено. Результаты СЭМ показали, что композиты представляют собой агломераты частиц с разнообразной формой и размерами. Среднее значение размеров частиц для  $Zn_{0,1}GA+СЛГ$  составило  $1,2 \pm 0,1$  мкм, а для  $Zn_{0,5}GA+СЛГ$  –  $0,9 \pm 0,1$  мкм. Уменьшение размеров частиц может быть связано с количеством вводимой концентрации ионов цинка.

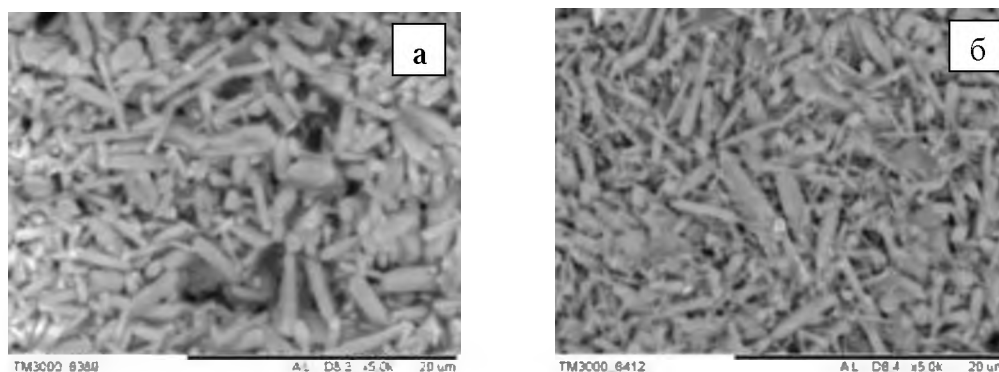


Рис. 1 СЭМ изображения композитов а)  $Zn_{0,1}GA+СЛГ$ , б)  $Zn_{0,5}GA+СЛГ$

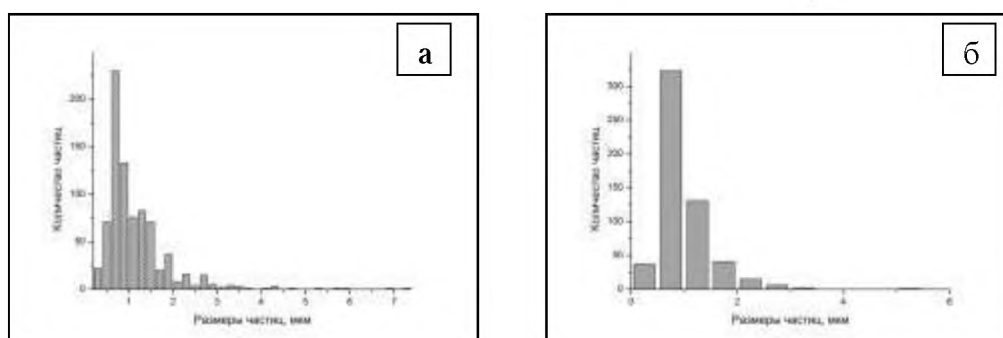


Рис. 2. Гистограммы количественного распределения частиц а)  $Zn_{0,1}GA+СЛГ$ , б)  $Zn_{0,5}GA+СЛГ$

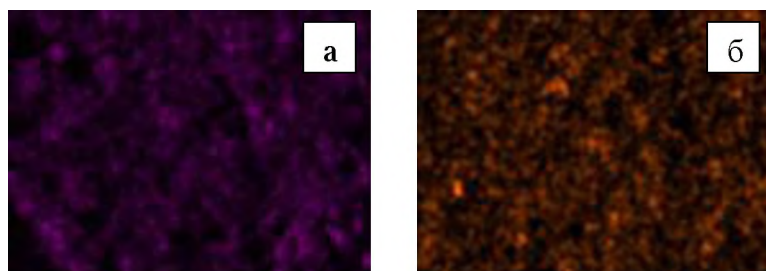


Рис. 3. Распределение углерода по поверхности композитов а)  $Zn_{0,1}GA+СЛГ$ , б)  $Zn_{0,5}GA+СЛГ$

РСМА композита по углероду (рис.2) подтверждают, что СЛГ равномерно распределен по подложке из гидроксиапатита. Элементный состав поверхности представлен в таб.1.

Таблица 1

Элементный состав порошков  $ZnGA$

Образец	Содержание элементов (в атм.)					$\frac{Ca+Zn}{P}$
	O	Ca	P	Zn	C	
$Zn_{0,1}GA+СЛГ$	57,5	12,8	7,3	0,2	22,2	1,7
$Zn_{0,5}GA+СЛГ$	56,3	15,9	9,6	1,3	16,8	1,8

**Закключение.** Определен фазовый состав полученной керамики, который представлен основной фазой  $Ca_5(PO_4)_3OH_{гекс.}$  Размер частиц полученного материала для  $Zn_{0,1}GA+СЛГ$  составляет  $1,2\pm 0,1$  мкм, а для  $Zn_{0,5}GA+СЛГ$  –  $0,9\pm 0,1$  мкм. Покрытие СЛГ по поверхности пористого  $Zn_xGA$  является равномерным. Таким образом, качественная оценка фазового состава и элементного состава позволяет рекомендовать композиты для дальнейшего исследования их свойств с перспективой применения в качестве композитов для регенерации костной ткани.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования (проект номер 0721-2020-0037). Работа выполнена в рамках научного проекта при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хэнч Л., Джонс Д. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей. М: Техносфера, 2007. – 304 с.
2. Lytkina, D.; Gutsalova, A.; Fedorishin, D.; Korotchenko, N.; Akhmedzhanov, R.; Kozik, V.; Kurzina, I. Synthesis and Properties of Zinc-Modified Hydroxyapatite // J. Funct. Biomater. – 2020. – V. 11. – P. 10.
3. Lytkina D., Berezovskaya A., Korotchenko N., Kurzina L, Kozik V. Preparation of composite materials based on hydroxyapatite and lactide and glycolide copolymer // AIP Conference Proceedings. – 2017. – Vol. 1899. – № 1. – P. 020015-1-020015-6.