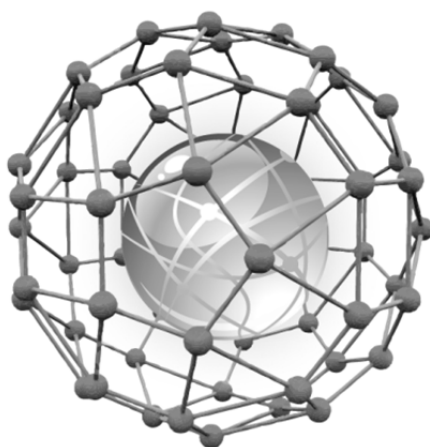


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Химический факультет

# ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Материалы Международной научной конференции  
21–22 мая 2015 г.

Том 1



Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2015

раствор  $\text{Al}_2\text{O}_3$  со шпинелью. Между крупными частицами шпинели наблюдаются более мелкие –  $\text{CoO}$ . Присутствует смешанная шпинель состава  $(\text{Mg}_{0,08}\text{Zn}_{0,07}\text{Al}_{0,15}\text{Co}_{0,7})\text{Al}_2\text{O}_4$ .

В результате скоростного нагрева при СВ-синтезе пигментов из гидроксидов поверхностного слоя НПА образуется  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , при этом происходит значительное уменьшение его объема, так называемая усадка, приводящая к нарушению его целостности. Процесс окисления алюминия начинается уже при  $618^\circ\text{C}$ , при этом тетраэдрически координированный  $[\text{AlO}_4]$  не успевает весь перейти в октаэдрическую координацию  $[\text{AlO}_6]$ , что приводит к тому, что часть алюминия, по данным микрорентгеноспектрального анализа, встраивается в структуру шпинели вместо кобальта, образуя при этом смешанную шпинель состава  $(\text{Mg}_{0,08}\text{Zn}_{0,07}\text{Al}_{0,15}\text{Co}_{0,7})\text{Al}_2\text{O}_4$ , при этом часть оксида  $\text{CoO}$  остается свободной. Это ухудшает цветовые характеристики пигмента.

Дополнительный отжиг при температуре  $1100^\circ\text{C}$  в течение двух часов не дает улучшения цветовых характеристик.

Таким образом, гидроксооксидный слой на поверхности НПА, его структурные изменения в процессе нагрева оказывают значительное влияние на температурные параметры СВ-синтеза и во многом определяют состав, структуру и цветность формируемых продуктов.

#### Список литературы

1. Радишевская Н.И., Касацкий Н.Г., Чапская А.Ю. и др. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез пигментов шпинельного типа // Стекло и керамика. 2006. №2. С.20–22.
2. Радишевская Н.И. Состав и структура защитной оксидно-гидроксидной оболочки на частицах нанопорошка алюминия / Н.И.Радишевская, А.Ю.Чапская, О.В.Львов, В.И.Верещагин, А.В.Коршунов // Известия ТПУ. 2011. Т.318, №3. С.19–23.

#### References

1. Radishevskaya N.I., Kasackij N.G., Chapskaya A.Yu. i dr. Samorasprostranyayuschij vysokotemperaturnyj sintez pigmentov shpinel'nogo tipa // Steklo i keramika. 2006. No 2. S.20–22.
2. Radishevskaya N.I. Sostav i struktura zaschitnoj oksidno-gidroksidnoj obolochki na chasticah nanoporoshka alyuminiya / N.I.Radishevskaya, A.Yu.Chapskaya, O.V.L'vov, V.I.Vereschagin, A.V.Korshunov // Izvestiya TPU. 2011. T. 318, No3. S.19–23.

УДК 546.41/547-326

## БИОАКТИВНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-L-ЛАКТИДА И ГИДРОКСИАПАТИТА

**Лыткина Дарья Николаевна**, аспирант кафедры неорганической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, химический факультет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, E-mail: darya-lytkina@yandex.ru

**Шапвалова Елена Григорьевна**, магистрант кафедры высокомолекулярных соединений и нефтехимии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, химический факультет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, E-mail: elena.shapovalova@to.ru

**Рассказова Людмила Алексеевна**, аспирант кафедры неорганической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, химический факультет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, E-mail: ly\_2207@mail.ru

**Филимошкин Анатолий Георгиевич**, д-р хим. наук, профессор кафедры высокомолекулярных соединений и нефтехимии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, химический факультет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, E-mail: filag05@rambler.ru

Актуальность работы обусловлена потребностью в новых материалах, которые находят применение в медицине (ортопедии, хирургии, стоматологии и др.) в качестве заменителей натуральной костной ткани при повреждениях, переломах и т.д.

Цель работы заключается в создании пористых композитов с гомогенным распределением гидроксиапатита в качестве неорганического наполнителя полимерной матрицы (поли-*L*-лактид).

Методы исследования: ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, капиллярная вискозиметрия, неорганический синтез.

Результаты: получены композиты на основе поли-*L*-лактида и гидроксиапатита. По результатам сканирующей электронной микроскопии можно судить о гомогенном распределении неорганического наполнителя в полимерной матрице.

**Ключевые слова:** поли-*L*-лактид, гидроксиапатит, композиционные материалы, биосовместимость, СВЧ-синтез.

## BIOACTIVE COMPOSITES BASED ON POLY-*L*-LACTIDE AND HYDROXYAPATITE

**Daria N. Lytkina**, postgraduate student, Department of Inorganic Chemistry, National Research Tomsk State University, Chemistry Department, 36, Lenina Avenue, Tomsk, 634050, Russia,  
E-mail: darya-lytkina@yandex.ru

**Yelena G. Shapovalova**, undergraduate student, Department of High molecular compounds and Petrochemistry, National Research Tomsk State University, Chemistry Department, 36, Lenina Avenue, Tomsk, 634050, Russia, E-mail: elena.shapovalova@ro.ru

**Liudmila A. Rasskazova**, postgraduate student, Department of Inorganic Chemistry, National Research Tomsk State University, Chemistry Department, 36, Lenina Avenue, Tomsk, 634050, Russia,  
E-mail: ly\_2207@mail.ru

**Anatoly G. Filimoshkin**, D.Sc., Professor, Department of High molecular compounds and Petrochemistry, National Research Tomsk State University, Chemistry Department, 36, Lenina Avenue, Tomsk, 634050, Russia, E-mail: filag05@rambler.ru

Relevance of the work is due to the need for new materials that are used in medicine (orthopedics, surgery, dentistry, and others) as a substitute for natural bone tissue injuries, fractures, etc.

The aim of the work is to obtain porous composites of hydroxyapatite as an inorganic filler with homogeneous distribution in the polymer matrix (poly-*L*-lactide).

The methods used in the work: IR spectroscopy, scanning electron microscopy, capillary viscosimetry, inorganic synthesis.

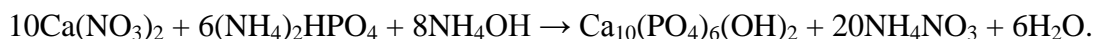
The results are as follows. Bioactive composites with improved mechanical properties based on poly-*L*-lactide and hydroxyapatite were prepared. The results of scanning electron microscopy confirm homogeneous distribution of the inorganic filler (HA) in the polymer matrix.

**Key words:** poly-*L*-lactide, hydroxyapatite, composite materials, biocompatibility, microwave synthesis

Поиск оптимальных материалов для замены и восстановления костной ткани, разработка и создание различных медицинских биокомпозитов на основе гидроксиапатита (ГА) и полилактида (ПЛ) являются перспективными направлениями исследований на стыке химии и медицины. Такие биокомпозиты, механические и другие важные свойства которых сопоставимы со свойствами кости, обладают достаточной прочностью и не вызывают отрицательных реакций иммунной системы организма [1, 2]. Ранее нами проведены исследования по получению биоактивных композитов на основе олигомеров молочной кислоты и ГА [3], которые имеют низкую механическую прочность.

Цель работы заключается в получении биосовместимых композитов на основе поли-*L*-лактида и гидроксиапатита с гомогенным распределением неорганического наполнителя в полимерной матрице.

Поли-*L*-лактид получали методом ионной полимеризации с раскрытием цикла из *L*-лактида [4]. Молекулярную массу (*ММ*) определяли методом капиллярной вискозиметрии в растворе в хлороформе (*ММ* = 90000). Синтез гидроксиапатита осуществляли жидкофазным методом с использованием СВЧ-излучения при pH ~ 11:



Исходные растворы сливали и перемешивали на магнитной мешалке, затем подвергали СВЧ-воздействию, полученную суспензию выдерживали трое суток, после чего фильтровали и сушили.

Композиты 1, 2 получены смешением порошка ГА с растворённым в хлороформе ПЛ. Композит 2 дополнительно обрабатывали ультразвуком частотой 40 кГц, суспензию высушивали на воздухе при комнатной температуре до полного удаления растворителя. Для получения композита 3 суспензию высаживали по каплям в десятикратный избыток охлажденного этанола (96 %), а мелковолокнистый материал отделяли декантацией и высушивали при комнатной температуре.

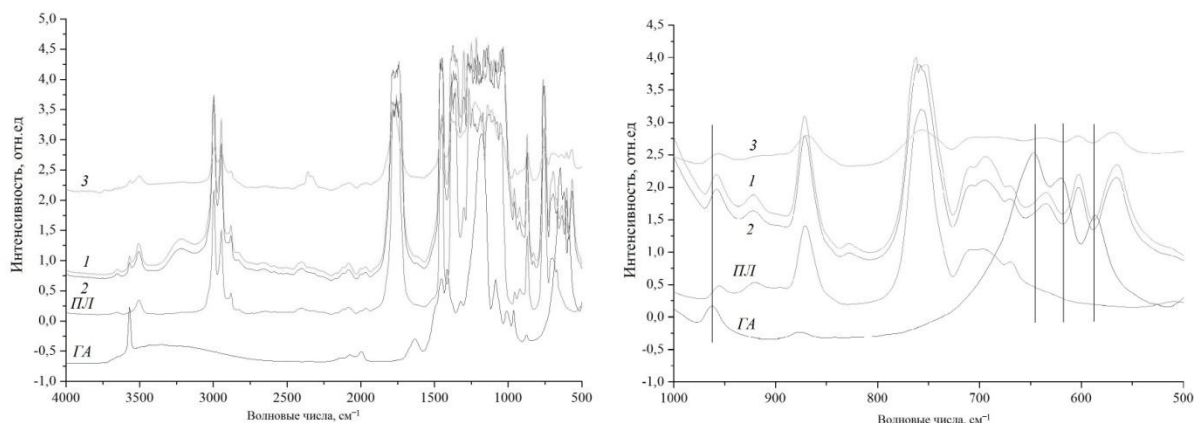


Рис. 1. ИК-спектры ГА, поли-*L*-лактида и композитов 1, 2 и 3 на их основе

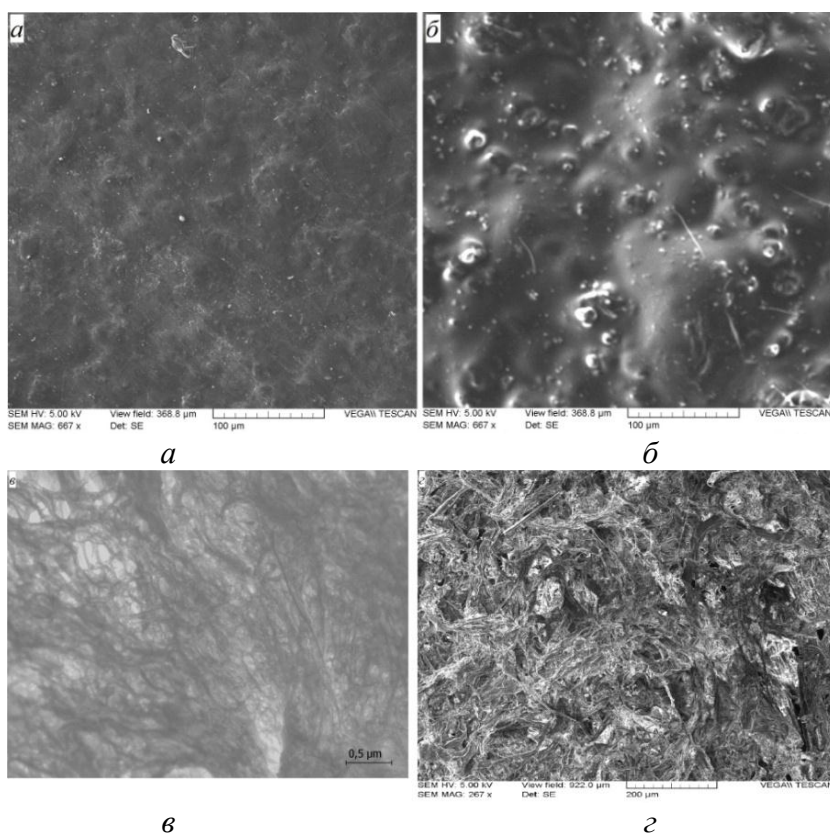


Рис. 2. Микрофотографии композитов 1 и 2 (а и б); композита 3 (в и г)

Анализ полученных композитов методом ИК спектроскопии показал, что в спектрах композитов 1, 2 и 3 имеются полосы, характерные как для ГА, так и для ПЛ. В ИК спектрах композитов наблюдается смещение полос валентных и деформационных колебаний фосфатных групп  $\text{PO}_4^{3-}$  в области  $1000\text{--}500\text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о взаимодействии ГА с макромолекулами (рис. 1).

На снимках, полученных на СЭМ Tescan Vega LMU видно, что частицы гидроксиапатита в композитах 1 и 2 распределены неоднородно. Композит 3 представляет собой пористый материал с размерами пор до 1 мкм, причём частицы ГА органично включены в полимерную матрицу (рис. 2).

В ИК спектрах композитов 1–3 полосы валентных и деформационных колебаний фосфатных групп  $\text{PO}_4^{3-}$  смещаются на  $10\text{--}25\text{ см}^{-1}$ , что может быть связано с сильным изменением окружения  $\text{PO}_4^{3-}$ -групп ГА при взаимодействии с макромолекулами поли-*L*-лактида. Интенсивные межмолекулярные взаимодействия между ними приводят к значительному сдвигу полос поглощения. Электронные микрофотографии композита 3 (рис. 2, в, з) свидетельствуют о гомогенном распределении частиц ГА в волокнах поли-*L*-лактида, что может благоприятно сказываться на механических свойствах материала.

Таким образом, на основе ГА и поли-*L*-лактида разработан новый способ получения пористых биоактивных композиционных материалов с улучшенными механическими свойствами.

#### Список литературы

1. Севастьянов В.И., Кирпичников М.П. Биосовместимые материалы. М.: МИА, 2011. 569 с.
2. Дженкинс М. Полимеры в биологии и медицине / Пер. с англ. под ред. О.И. Киселевой. М.: Научный мир, 2011. 256 с.
3. Rasskazova L.A. Bioactivity and Physico-Chemical Properties of Composites on Basis of Hydroxyapatite with Lactic and Glycolic Acids Oligomers / L.A. Rasskazova, D.N. Lytkina, A.G. Filimoshkin et al. // *Advanced Materials Research*. 2015. Vol. 1085. P. 394–400.
4. Поздняков М.А. Синтез и идентификация лактида и гликолида // Перспективы развития фундаментальных наук: труды X Международной конференции студентов и молодых учёных. Россия, Томск, 23–26 апреля 2013 г. Томск, 2013. С. 421–423.

#### References

1. Sevastyanov V.I., Kirpichnikov M.P. Biosovmestimye polimery / M.P. Kirpichnikov, V.I. Sevastyanov. М.: МИА, 2011. 569 s.
2. Jenkins M. Biomedical Polymers / M. Jenkins. Elsevier Science & Technology, 2007.
3. Rasskazova L.A. Bioactivity and Physico-Chemical Properties of Composites on Basis of Hydroxyapatite with Lactic and Glycolic Acids Oligomers / L.A. Rasskazova, D.N. Lytkina, A.G. Filimoshkin et al. // *Advanced Materials Research*. 2015. Vol. 1085. P. 394–400.
4. Pozdniakov M.A. Syntesis and identification of lactide and glucolide // *Prospects of Fundamental Sciences Development: X International Conference of Students and Young Scientists*. Russia, Tomsk, April 23–26, 2013. Tomsk, 2013. P. 421–423.