

**РАЗРАБОТКА БИОСОВМЕСТИМОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ  
ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ**

И.Н. Лыткин, А.А.Черкасов, А.С. Буяков

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

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

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

E-mail: [lytkin.1994@gmail.com](mailto:lytkin.1994@gmail.com)

**DEVELOPMENT OF BIOCOMPATIBLE MATERIAL BASED ON ZIRCONIUM OXIDE FOR  
REGENERATION BONE TISSUE**

I.N. Lytkin, A.A. Cherkasov, A.S. Buyakov

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

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

E-mail: [lytkin.1994@gmail.com](mailto:lytkin.1994@gmail.com)

***Abstract.** Ceramic composite materials on this one are one of the most promising materials in medical application. The special properties of such materials allow solving the most difficult problems in various fields of medicine, such as surgery, dentistry and orthopedics. The physical properties of composites depend on the porosity of the materials. The purpose of this work is to test the physical properties and to prove the biocompatibility of porous materials based on zirconium oxide and polylactide.*

**Введение.** В настоящее время индустрия протезирования переживает подъем по предложениям и вариациям материалов, которые способны заменять и восстанавливать повреждённую костную ткань. Рынок представлен материалами, в которых в качестве основы используется титан и его подгруппа; керамические композитные материалы (фосфаты кальция, оксиды циркония); специальные особо прочные виды стекла и полимерные композитные материалы (полиэтилен, полиметилметакрилат, полилактид и др.) [1]. Около половины имплантатов на основы металлов и их сплавов, требуют диагностики и замены после пяти лет службы, поэтому в последние годы происходит постепенный отказ от таких имплантатов. Также у человека могут быть аллергические реакции на металлы или непереносимость, и в случае большей прочности металлов относительно прочности кости происходит постепенная резорбция костной ткани, что влечёт за собой вред здоровью [2]. Развитие направления керамических имплантатов открывает широкие горизонты для разработки и получения материалов для замещения или упрочнения костной ткани в организме. Усовершенствование и разработка новых видов имплантатов показывает значимость данных разработок и огромный рынок сбыта и спроса на них [3]. Целью данной работы является исследование физико-химических свойств и биосовместимости композитных материалов на основе оксида циркония и полилактида.

**Материалы и методы исследования.** 2 группы композитных материалов, с порообразователем и без порообразователя, получали путем спекания при  $T=1400^{\circ}$  с дальнейшим пропитыванием полилактидом 1ч, 6ч и 24ч соответственно. Более подробно получение материалов описано в [4]. Для расчета распределения пор на поверхности композитов была проведена сканирующая электронная

микроскопия. На рис.1а приведена поверхность циркониевой керамики без порообразователя. Наблюдается преимущественное преобладание пор размером

На рис.1б представлен РСМА-снимок циркониевой керамики, по которому видно равномерное распределение циркония, магния и кислорода на поверхности композитного материала. После получения композитного материала была произведена оценка размера пор и распределение пор по размеру (Рис.1в), из которой становится ясно, что во всех полученных образцах преобладают поры размером от 1 до 5 мкм.

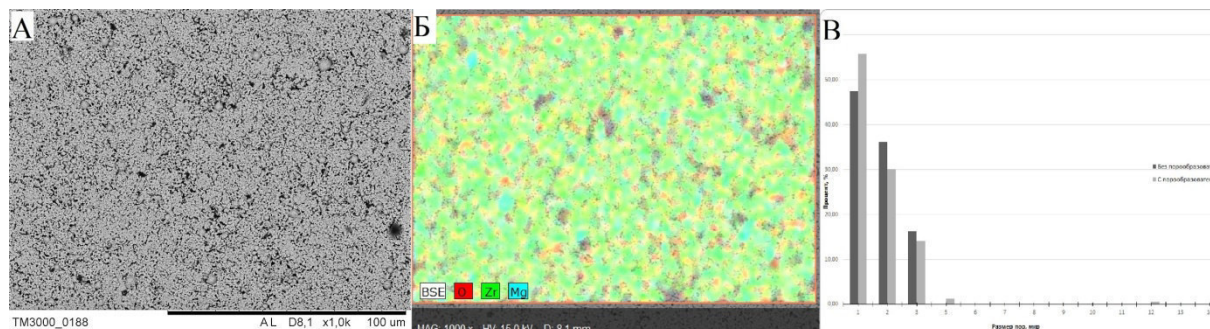


Рис. 1. (а) снимок поверхности композитного материала, (б) распределение частиц на рентгеноспектрограмме, (в) диаграмма распределения пор по размеру

В ИК спектре композитных материалов (рис. 2) присутствуют полосы в области  $1730\text{--}1750\text{ см}^{-1}$ , характерные для колебаний карбонильных групп, в области  $2990\text{--}2880\text{ см}^{-1}$  наблюдаются колебания метильных групп. Валентные колебания C-O-C лежат в интервалах  $1150\text{--}1060$  и  $1075\text{--}1020\text{ см}^{-1}$ , наблюдается широкая двойная полоса. Полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям O-Zr-O, лежат в интервалах  $496\text{--}610$ ,  $1320\text{--}1500$  и  $1820\text{--}1975\text{ см}^{-1}$ , что соответствует справочным данным. Анализ полученных композитов показал, что в спектрах композитов имеются полосы, характерные как для полилактида, так и для диоксида циркония. Смещений или новых полос не обнаружено, что свидетельствует об отсутствии новых химических связей между исходными компонентами материала в процессе получения композитов.

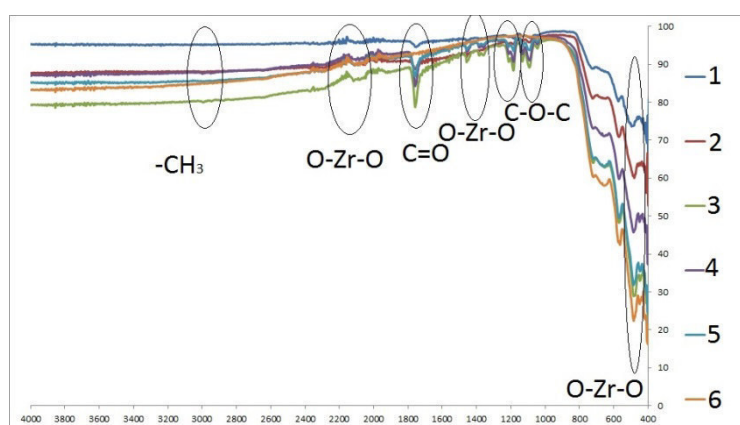


Рис. 2. ИК спектры композитных материалов (1- композит без порообразователя с  $t_{\text{протитывания}}=1\text{ч}$ , 2- композит без порообразователя с  $t_{\text{протитывания}}=6\text{ч}$ , 3- композит без порообразователя с  $t_{\text{протитывания}}=24\text{ч}$ , 4- композит с порообразователем с  $t_{\text{протитывания}}=1\text{ч}$ , 5- композит с порообразователем с  $t_{\text{протитывания}}=1\text{ч}$ , 6- композит с порообразователем с  $t_{\text{протитывания}}=1\text{ч}$ )

В зависимости от количества порообразователя и времени пропитывания полилактидом композитные материалы имеют различную морфологию и объем пор. Для этого произведено измерения удельной поверхности методом БЭТ, в табл. 1 приведена оценка параметров пористой структуры и удельной поверхности композитных материалов. В процессе анализа результатов метода установлена зависимость уменьшения площади удельной поверхности от времени пропитывания, также уменьшается средний размер и суммарный объем пор.

Таблица 1

Оценка параметров пористой структуры и удельной поверхности композитных материалов

Образец	Суд <sub>(вет)</sub> , м <sup>2</sup> /г (относит. погрешность Δ±10%)	Суммарный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Средний размер пор, нм
Композит без порообразователя с t <sub>пропитывания</sub> =1ч	1,2	0,004	12,5
Композит без порообразователя с t <sub>пропитывания</sub> =6ч	0,4	0,001	12,9
Композит без порообразователя с t <sub>пропитывания</sub> =24ч	0,5	0,001	11,9
Композит с порообразователем с t <sub>пропитывания</sub> =1ч	1,6	0,005	13,5
Композит с порообразователем с t <sub>пропитывания</sub> =6ч	1,6	0,005	13,4
Композит с порообразователем с t <sub>пропитывания</sub> =24ч	1,3	0,004	11,3

**Выводы.** Изучена морфология композитных материалов, установлено что поверхность представляет собой частицы ZrO<sub>2</sub> с пористостью в пределах 10-150 мкм. Методом ИК-спектроскопии выявлены полосы соответствующие колебаниям групп полилактида и оксида циркония, новых полос в спектрах не выявлено. Методом БЭТ рассчитана удельная поверхность материалов и установлена зависимость уменьшения площади удельной поверхности от времени пропитывания, также уменьшается средний размер и суммарный объем пор.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каркищенко Н.Н. Концептуальное пространство и топологические структуры биомедицины // Биомедицина, № 1, 2013, с. 5 - 17.
2. Joint Reconstruction Devices Market Analysis By Technique (Joint Replacement, Osteotomy, Arthroscopy, Resurfacing, Arthrodesis, Implants, Bone Graft), By Joint Type (Knee, Hip, Shoulder, Ankle), & Segment Forecasts, 2014, с. 2
3. D.Jhansi Rani, A. Guru Sampath Kumar, T. Subba Raoa. Optimization of post deposition annealing temperature of direct current magnetron reactive sputtered zirconium titanate thin films for refractory oxide applications // 2009, с.23.
4. Lytkin, I., Buyakov, A., Kurzina, I. Development of biocomposed material based on zirconium oxide for regeneration of bone tissue // AIP Conference Proceedings (2017), 1899, № 020012.