

Рис. 3. Фотографии порошков алюминия полученных в среде гелия (а, б); в) – общее распределение по размеру

На рисунке 2 приведены фотографии порошков алюминия полученных в среде аргона. Основная часть порошка состоит из частиц размером около 100 нм, но встречаются частицы размеров до 2–3 микрометров образованных в результате плавления части проводника при его взрыве.

Фотографии порошков полученных в среде гелия приведены на рисунке 3.

В порошках также встречаются частицы размером около одного микрометра, но размер нанометровых частиц примерно в два раза мень-

ше чем у образца полученного в среде аргона. Средний диаметр частиц около 60 нм.

Таким образом, в виду низкой плотности гелия (в 9,3 раза) и высокой его теплопроводности (в 8,8 раза больше чем у аргона), частицы, полученные при одинаковых условиях в среде гелия и аргона, в гелии имеют в два раза меньший размер.

Исследования выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант РФФИ-мол-а 16-38-00051).

### Список литературы

1. Сакович Г.В., Архипов В.А., Ворожцов А.Б., Коротких А.Г. // *Известия Томского политехнического университета*, 2009.– Т.314.– №3.– С.18–22.
2. Ильин А.П., Роот Л.О. // *Известия Томского политехнического университета*, 2012.– Т.321.– №3.– С.6–11.
3. Н.А. Яворовский // *Известия вузов. Физика*, 1996.– №4.– С.114–136.
4. M.I. Lerner, E.A. Glazkova, A.S. Lozhkomev and others // *Powder Technology*, 2016.– №295.– P.307–314.

## КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА-КАЛЬЦИЕВЫХ ФОСФАТОВ ДЛЯ 3Д-ПЕЧАТИ

Н.Е. Торопков, Н.С. Антонкин

Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.С. Петровская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, zerogooff@gmail.com

### Введение

Обширные дефекты костей (например, при онкологии) требуют использования имплантатов со сложной геометрией, что остается труднорешаемой задачей. С этой точки зрения наиболее подходящими материалами для формирования сложных объектов являются термопластичные полимеры карбоновых кислот, благодаря чему они широко применяются в восстановительной медицине для лечения переломов, в том числе

заменяя металлические штифты [1, 2]. Ослабление отрицательного влияния полимера может быть достигнуто путем сочетания в одном композите биополимера и кальций-фосфатной керамики.

### Материалы и методы

Для определения прочности на сжатие и циклов нагружения до полного разрушения материала печатались кубики размером 10×10×10 мм

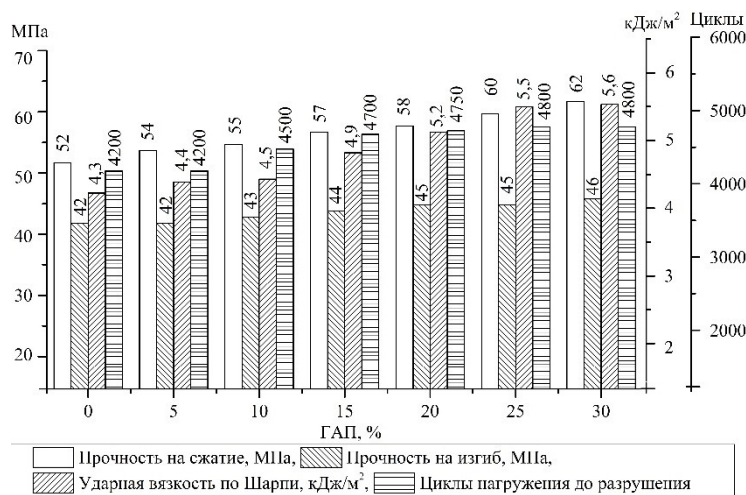


Рис. 1. Механические характеристики исследуемых композитов, содержащих ГАП от 5 до 30%, в сравнении с чистым ПЛА

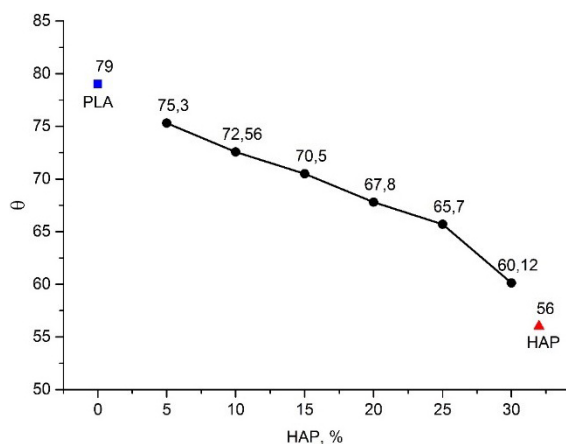


Рис. 2. Контактный угол смачивания композитов изотоническим раствором

(10 шт.), для определения прочности на изгиб и ударную вязкость по Шарпи – балочки размером 10×10×55 мм (20 шт.). Измерение краевого угла смачивания производилось на дисках диаметром 25 мм и высотой 1 мм.

### Список литературы

1. Ratner B.D., Hoffman A.S., Schoen F.J., Lemons J.E. *Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. 2<sup>nd</sup> edition* / Eds. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004.– 851p.
2. Petrovskaya T.S., Vereschagin V.I. *Effectiveness of the technologies of titanium implants covering* // *Key Engineering Materials*, 2015.– Vol.670.– P.183–188.

### Результаты и обсуждение

Исследуемые композиты на основе полилактида (ПЛА) содержат гидроксиапатит (ГАП) в диапазоне от 5 до 30% и добавки пластификатора от 1 до 4%. Известно, что ГАП сравнительно легко распределяется в растворе ПЛА при введении в количестве до 10% [2]. Агрегация наиболее выражена в составе с содержанием 30%. Введение пластификатора в количестве до 4% позволяет исключить седиментацию и обеспечить однородность композитов, что является важным условием качественной печати. Механические характеристики композитов разработанных составов (рис. 1) соответствуют и превосходят показатели естественной кости, а также ПЛА, и значительно превосходят показатели кальций фосфатной керамики.

Введение ГАП в ПЛА, как видно из рисунка 2, приводит к уменьшению краевого угла смачивания до 60°.

### Заключение

Полученные данные показывают, что сочетание ГАП и ПЛА в одном материале обеспечивает синергию физико-химических свойств исходных материалов, открывая перспективу их использования в восстановительной медицине. Проведенные механические испытания показывают перспективность использования исследуемых композитов для использования в объемных структурах, несущих нагрузку.