

лога. А их активность в РВК в 1,5 раза выше по сравнению с катализаторами F и HiSPEC 3000.

Стресс-тестирование в течение 20000 циклов в диапазоне потенциалов 0,6–1,0 В вызвало двухкратную деградацию материалов F и HiSPEC 3000. Остаточные характеристики синтезированных при «включении» дополнительных воздействий образцов F-UV и F-CO на 40 % больше таковых катализаторов сравнения. Данный результат указывает на их более высокую

устойчивость к деградации и перспективность для использования в топливных элементах с протонообменной мембраной. А равномерность пространственного распределения наночастиц по поверхности углеродного носителя способна компенсировать малый размер частиц и даже повысить устойчивость катализатора к деградации.

Исследование выполнено в ЮФУ при финансовой поддержке РФФИ (№ 20-79-10211).

### Список литературы

1. Katsounaros I., Cherevko S., Zeradjanin A. R., Mayrhofer K. J. J. // *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2014. – V. 53. – P. 102–121.
2. Paperzh K., Alekseenko A., Danilenko M., Pankov I., Guterman V. // *ACS Applied Energy Materials*, 2022. – V. 5. – P. 9530–9541.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА МОРФОЛОГИЮ И СТРУКТУРУ СКЭФФОЛДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ (L-ЛАКТИДА)

И. Парий

Научный руководитель – д.т.н., профессор, директор НИЦ ФМКМ ИШХБМТ Р. А. Сурменев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634034, Томская обл., Томск, пр. Ленина, 43, iop4@tpu.ru

Полилактид (полимолочная кислота, PLLA) представляет собой перспективный биополиэфир [1], который используют в самых разных отраслях науки и техники, от производства текстильных волокон [2] до биомедицины в качестве имплантатов и раневых повязок ввиду его биосовместимости и способности к биодеградации [3]. При этом характеристики материалов на основе PLLA (механические, тепловые, пьезоэлектрические и т. д.) можно улучшить путем добавления различных наполнителей, таких как, например, органомодифицированные слоистые силикаты, графит, углеродные нанотрубки, магнитные наночастицы и т. д. [4, 5]. Данная работа посвящена изучению влияния магнитного наполнителя на морфологию, термическую стабильность, степень кристалличности, кристаллическую и молекулярную структуру гибридных скэффолдов на основе PLLA.

Результаты СЭМ показывают беспорядочно ориентированные и бездефектные гибридные волокна. При этом, согласно АСМ, добавление наполнителя не приводит к изменению среднего диаметра волокон, но формирует более шероховатую поверхность волокна. Несмотря на обнаруженную нанокристаллическую структуру для

всех композитных волокон, PLLA демонстрирует самую большую степень кристалличности (43 %), в то время как композитный образец имеет кристалличность 32 %, что связано с влиянием частиц наполнителя, которые мешают формированию кристаллов и нарушают связи между цепочками полимера, из-за чего формируются несовершенные кристаллы или аморфная фаза. Результаты КЗСМ (рис. 1) демонстрируют различие в поверхностном потенциале образцов, причем добавление наполнителя приводит к смене знака потенциала (табл. 1). При этом композитный образец имеет более высокий пьезоотклик по сравнению с чистым образцом, что расходится с результатами ДСК и указывает на наличие более сложных механизмов формирования пьезоэлектрического отклика, которые

**Таблица 1.** Значения вертикального и латерального пьезооткликов, а также поверхностного потенциала полученных скэффолдов

	Вертикальный пьезоотклик, мВ	Латеральный пьезоотклик, мВ	Поверхностный потенциал, В
PLLA	61 ± 5	72 ± 2	0,15 ± 0,04
PLLA-M14	60 ± 3	78 ± 3	-0,09 ± 0,03

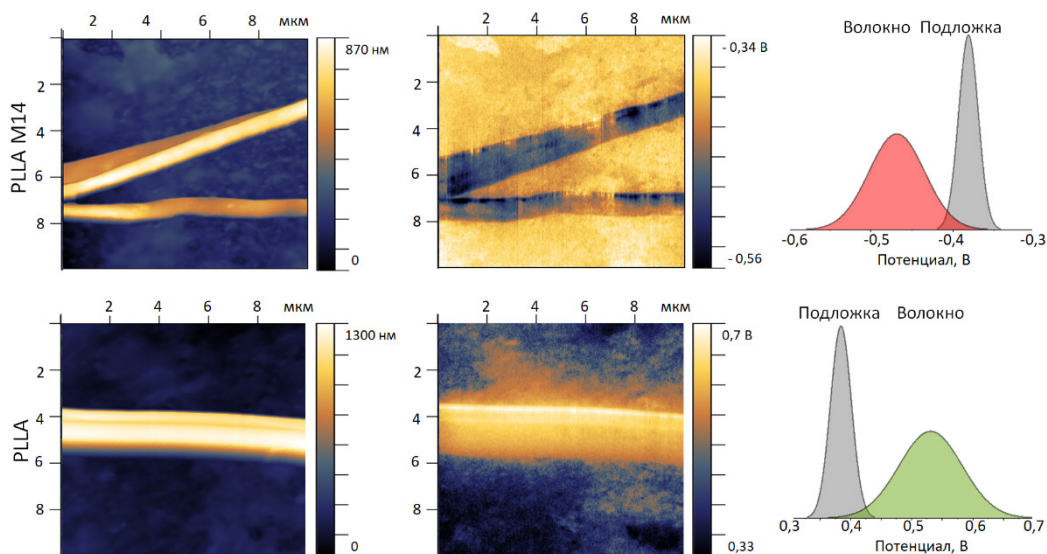


Рис. 1. КЗСМ-изображения топографии и поверхностного потенциала композитных волокон PLLA и PLLA-M14

включают в себя не только кристалличность полимера, но и его молекулярную структуру.

Результаты данной работы позволяют выявить закономерности для более глубокого понимания механизма формирования пьезоотклика PLLA, который, в свою очередь, зависит не только от кристалличности, но и от его молекулярной структуры. Полученные скэффолды пер-

спективны для их использования в области биомедицины и тканевой инженерии в частности.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках гранта № 22-13-20043 <https://www.rscf.ru/project/22-13-20043/> и при финансовой поддержке Администрации Томской области.

### Список литературы

1. K. Sreekumar, *Polymers from Renewable Resources*, 12 (2021) 63–84.
2. R. Banerjee, S. S. Ray, *Polym. Eng. Sci.*, 61 (2021) 6419–6424.
3. M. Murariu, P. Dubois, *Adv. Drug Del. Rev.*, 107 (2016) 3374–3376.
4. P. Saini, M. Arora, M. N. V. R. Kumar, *Adv. Drug Del. Rev.*, 105 (2016) 1–7.
5. L. Ncube, A. U. Ude, Y., *Materials*, 9 (2020) 836.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ ГЕКСАЦИАНОФЕРАТОВ d-ЭЛЕМЕНТОВ, КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНЫХ СЕНСОРОВ

М. А. Пирогов<sup>1</sup>, Е. С. Кузнецов<sup>2</sup>, Ф. Г.-У. Эркинов<sup>1</sup>, З. А. Рехман<sup>1</sup>  
 Научный руководитель – к.т.н., доцент А. А. Блинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный Университет»  
 Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ставропольский Государственный Медицинский Университет»  
 Россия, г. Ставрополь, ул. Мира, 310, Pirogov.m.2002@gmail.com

В настоящее время множество исследований направлено на разработку сенсоров на различные соединения. Перспективными материалами для сенсоров являются гексацианоферраты

переходных металлов. Так в работе [1] представлены исследования покрытий из гексацианоферратов переходных металлов и их использование для сенсоров на пероксид водорода. Сенсоры