

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА НА МОРФОЛОГИЮ, СТРУКТУРУ, ТЕРМИЧЕСКИЕ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СКЭФФОЛДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ (L-ЛАКТИДА)

И. Парий, Р. В. Чернозем, П. В. Чернозем, Ю. Р. Мухортова, М. А. Сурменова
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, ior4@tpu.ru

Поли (l-молочная кислота) (PLLA) - это широко известный биоразлагаемый и биосовместимый синтетический полиэфир, который может быть произведен из возобновляемых источников, таких как кукуруза или сахар, и имеет низкую температуру обработки [1, 2]. Кроме того, PLLA является пьезоактивным полимером с пьезоэлектрическим коэффициентом $d_{14} \sim 10$ пКл/Н [3], что, однако, меньше, чем у PVDF, и это ограничивает широкое применение данного полимера [4, 5]. Этот недостаток можно преодолеть, используя восстановленный оксид графена (ВОГ), вызывающий большой интерес ученых в области тканевой инженерии благодаря сво-

им уникальным физико-химическим свойствам, гибкости и биосовместимости [6]. Таким образом, настоящая работа посвящена изучению влияния содержания ВОГ на морфологию, термическую стабильность, степень кристалличности, кристаллическую и молекулярную структуру гибридных скэффолдов на основе PLLA для различных ТИРМ приложений.

Результаты СЭМ показывают беспорядочно ориентированные и бездефектные гибридные волокна PLLA-ВОГ. Результаты РФЭС подтверждают присутствие ВОГ в поверхностных слоях микроволокон PLLA. В свою очередь, спектроскопия комбинационного рассеяния показывает,

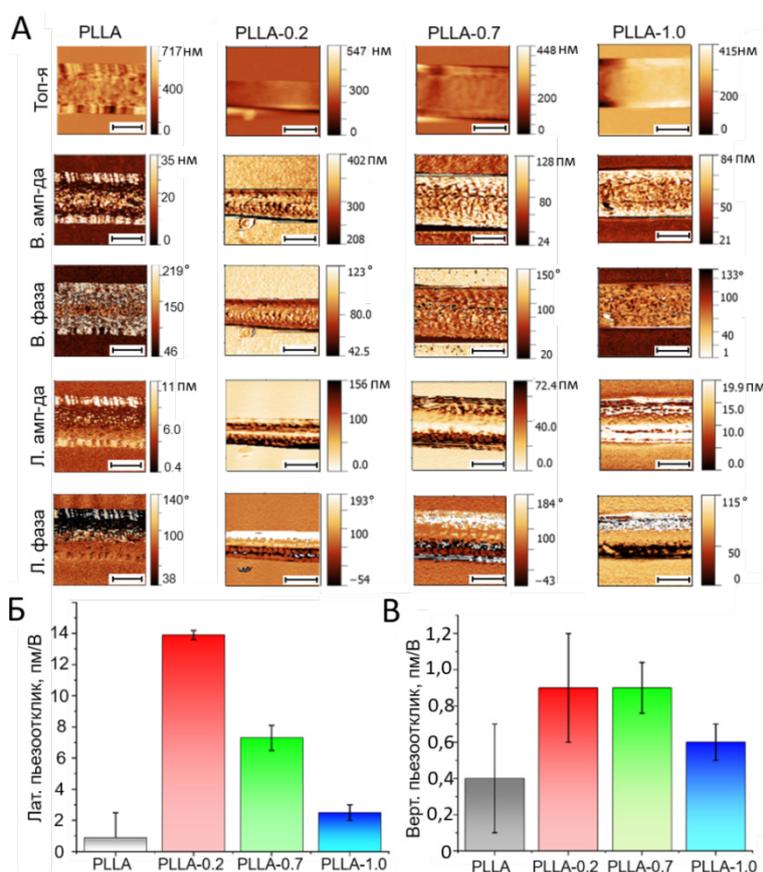


Рис. 1. (А) ПСМ-изображения топографии, амплитуды и фазы композитных волокон PLLA и PLLA – ВОГ. Эффективные (Б) вертикальный и (В) латеральный отклики волокон. Масштаб составляет 2 мкм

что в случае гибридных скэффолдов полоса C=O группы в PLLA-0.2 сдвинута на 3 см^{-1} по сравнению с чистым PLLA, что позволяет сделать вывод о возможном молекулярном взаимодействии полимерной матрицы и наполнителя. Несмотря на обнаруженную нанокристаллическую структуру для всех композитных волокон, PLLA-1.0 демонстрирует самую низкую температуру стеклования ($61 \text{ }^\circ\text{C}$) и самую большую степень кристалличности (22 %). В свою очередь, PLLA-0.2 демонстрирует лучшее термическое поведение по сравнению с чистым PLLA и другими гибридными скэффолдами, что указывает на более

однородное распределение ВОГ в PLLA матрице. В результате эффективные пьезоотклики волокон PLLA увеличиваются в 2,3 и 15,4 раза соответственно при добавлении 0,2 мас. % ВОГ по сравнению с чистыми волокнами PLLA (рис. 1).

Настоящее исследование обеспечивает фундаментальные результаты для более глубокого понимания пьезоотклика PLLA, который зависит не только от кристалличности полимера, но и от молекулярной структуры. Более того, разработанные гибридные скэффолды PLLA-ВОГ имеют перспективы для их использования в области тканевой инженерии.

Список литературы

1. D. Garlotta, *Journal of Polymers and the Environment*, 9 (2001) 63–84.
2. A. J. Nijenhuis, D. W. Grijpma, A. J. Pennings, *Macromolecules*, 25 (1992) 6419–6424.
3. T. Ochiai, E. Fukada, *Japanese Journal of Applied Physics*, 37 (1998) 3374–3376.
4. W. Weng, S. Song, L. Cao, X. Chen, Y. Cai, H. Li, Q. Zhou, J. Zhang, J. Su, *Journal of Nanomaterials*, 2014 (2014) 1–7.
5. Y. Hu, W. Kang, Y. Fang, L. Xie, L. Qiu, T. Jin, *Applied Sciences*, 8 (2018) 836.
6. S. R. Shin, Y.-C. Li, H. L. Jang, P. Khoshakhlagh, M. Akbari, A. Nasajpour, Y. S. Zhang, A. Tamayol, A. Khademhosseini, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 105 (2016) 255–274.

СИНТЕЗ ЦЕОЛИТОВ ИЗ АГЛОПАРИТА

М. О. Патз

Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Ивашкина

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет
matheus_osmar@hotmail.com

Цеолиты представляют собой пористые алюмосиликатные материалы, обладающие ценными свойствами для промышленности, и используются в основном в адсорбционных и каталитических целях. Синтез цеолитов осуществляется с использованием источников алюминия (Al) и кремния (Si) в контакте с сильным основанием, например гидроксидом натрия (NaOH). Реакция извлекает минералы Si и Al из раствора, и происходит реорганизация с катионами натрия (Na^+). Уравнение для компонентов цеолита может быть выражено как [1–3]



где, M представляет собой обменный катион или катион компенсации валентности n ; m – количество молекул воды; x и y – количество тетраэдров в элементарной ячейке соответствующего

оксида; x/y = соотношение Si/Al, которое может варьироваться от 1 до бесконечности (правило Левенштейна, объясняющее, что кристаллическая решетка не может содержать связи типа Al–O–Al). [2, 3].

Как видно, соотношение Si/Al является одним из наиболее важных параметров в синтезе, поскольку каждый цеолит имеет определенный диапазон, в котором возможно его образование [2]. Сегодня многие материалы становятся отходами и усугубляют экологические проблемы для промышленности. Некоторые из них имеют высокую концентрацию Si и Al и могут использоваться, например, в синтезе цеолитов. Среди них ценными источниками полезных ископаемых являются зола от процессов сжигания для производства энергии, например, рисовая шелуха и угольная летучая зола [1, 3].