

Таблица 1. Характеристики микрочастиц

	ПЛГ_0	ПЛГ_5	ПЛГ_10	ПЛГ_20
Теоретическая нагрузка IQ-1 , %	0	5	10	20
Эффективность инкапсуляции, %	–	25±8	40±6	64±13
Диаметр частиц (d_{max}), мкм	1,23±0,45	1,10±0,39	1,10±0,38	0,97±0,33
Характеристическое отношение	1,17±0,63	1,07±0,56	1,10±0,57	1,04±0,47

ПЛГ_10 и ПЛГ_20 обнаруживается некоторое количество кристаллического **IQ-1**.

Высвобождение **IQ-1** из полученных образцов на основе ПЛГ в раствор натрия-фосфатного буфера (рН 7,4) в течение 90 суток может быть описано как двухступенчатый процесс: ускоренное высвобождение в течение первого часа с последующим замедленным высвобождением. С помощью кинетической модели Ритгер-Пеппаса было показано, что высвобождение **IQ-1** не под-

чиняется законам Фика и определяется диффузией и набуханием.

Таким образом, методом электрораспыления были получены микрокапсулы на основе ПЛГ, представляющие собой перспективную систему доставки **IQ-1** пролонгированного действия.

Исследования проводились при поддержке РФФИ грант №17-15-01111.

Список литературы

1. Schepetkin I.A., Kirpotina L.N., Hammaker D., Kochetkova I., Khlebnikov A.I., Lyakhov S.A., Firestein G.S., Quinn M.T. // *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 2015. – V.353. – №3. – P.505–516.
2. Schepetkin I.A., Khlebnikov A.I., Potapov A.S., Kovrizhina A.R., Matveevskaya V.V., Belyanin M.L., Atochin D.N., Zanoza S.O., Gaidarzhly N.M., Lyakhov S.A., Kirpotina L.N., Quinn M.T. // *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2019. – V.161. – P.179–191.
3. Schepetkin I.A., Kirpotina L.N., Khlebnikov A.I., Hanks T.S., Kochetkova I., Pascual D.W., Jutila M.A., Quinn M.T. // *Molecular Pharmacology*, 2012. – V.81. – №6. – P.832–845.

ГРАФЕН, ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЙ АРОМАТИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ: МОДИФИКАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В СЕНСОРИКЕ

А.А. Липовка, А. Халелов, П.С. Постников, Е.В. Дорожко, Е.С. Шеремет
Научный руководитель – Ph.D, профессор Р. Родригес

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, aal26@tpu.ru

Несмотря на растущую популярность графена в науке и технике, его применение в гибкой электронике все еще ограничено. Это связано с тем, что перенесение высококачественного графена на гибкие подложки может быть технически сложно реализуемым процессом. Поэтому, для данных целей удобно использовать осажденные пленки из суспензий на произвольные подложки. Однако, сам графен плохо диспергируется в нетоксичных растворителях. [1] В связи с этим, одним из самых популярных материалов для создания сенсоров на основе углерода является оксид графена (англ. *graphene oxide*, GO).

Его преимуществом является высокая гидрофильность, благодаря чему возможно использование водных суспензий. Данный непроводящий материал может быть восстановлен до графеноподобного материала, хорошо проводящего электрический ток (англ. *reduced graphene oxide*, rGO) при удалении кислородных групп температурным или химическим воздействием.

Одним из развивающихся методов восстановления GO является лазерное излучение, благодаря которому возможно локальное воздействие на материал. Такой подход позволяет создавать пространственно-разрешенные струк-

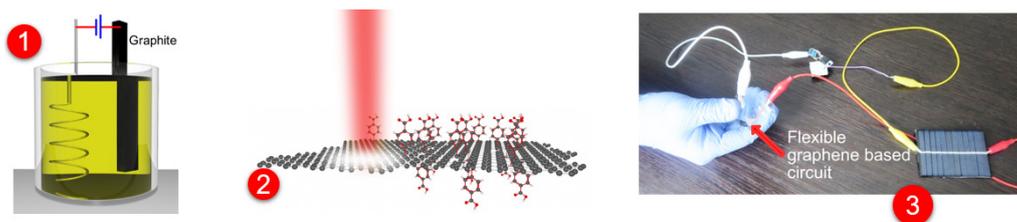


Рис. 1. Схематичное изображение процесса изготовления сенсора изгиба на основе LModG

туры и вместе с тем контролировать токопроводимость путем оптимизации параметров излучения. Недостатком в данном случае является неполное восстановление, что ограничивает его применение, сложный процесс синтеза самого материала, и, что самое важное, недостаточная механическая стабильность структуры.

В данной работе предлагается использование нового графенового материала, представляющего собой графен, функционализированный ароматическими соединениями (Mod-G), способного выступать в качестве альтернативы GO, а в некоторых случаях превосходить его свойства.

В ходе работы был разработан метод синтеза ModG с помощью электрохимической эксфолиации графита в разбавленной серной кислоте при одновременной функционализации солями диазония. Как и в случае GO, Mod-G образует стабильные суспензии и не проводит электрический ток из-за sp^3 состояния гибридизации углерода.

Превращение Mod-G в электрический проводник (LMod-G) осуществлялось по той же методике лазерного облучения, что была использо-

вана нами ранее [2] для rGO, с тем отличием, что в данном случае происходит удаление арильных групп.

В исследовании было проведено изучение физико-химических свойств материала до и после облучения методами контактного угла, рентгеновской дифракции, АСМ, КР и ИК спектроскопии. По результатам можно сделать выводы о высокой кристалличности и проводимости материала, радикальному изменению смачиваемости после облучения [3]. Особо важным результатом представляется то, что лазерная модификация ModG на подложках из полиэтилентерефталата (PET) является очень механически устойчивой структурой. Результаты СЭМ и РФЭС подтверждают нашу гипотезу о том, что в данном случае при воздействии лазерного излучения формируется композитная структура LModG/PET. Таким образом, материал может использоваться и быть конкурентоспособным для создания гибких устройств.

На данном этапе материал был протестирован для создания электрохимического сенсора, а также сенсоров изгиба, пота, и дыхания.

Список литературы

1. E.M. Pérez, N. Martín // *Chem. Soc. Rev.*, 2015.– 44.– 6425–6433.
2. Rodriguez R.D., G.V. Murastov, A. Lipovka, M.I. Fatkullin, O. Nozdrina, S.K. Pavlov, P.S. Postnikov, M.M. Chehimi, Jin-Ju Chen, and E. Sheremet // *Carbon.*, 2019.– V.151.– 148–155.
3. R.D. Rodriguez, A. Khalelov, P.S. Postnikov, A. Lipovka, E. Dorozhko, I. Amin, G.V. Murastov, J.-J. Chen, W. Sheng, M.E. Trusova, M.M. Chehimi, E. Sheremet // *Mater. Horiz.*, 2020.– 119.– 5461.