

ниже на рисунке 1. На изображение видно, что поверхность материала модифицирована в результате воздействия электроразрядной плазмы постоянного тока.

Таким образом, в данной работе экспериментально показана возможность получения

карбидов молибдена безвакуумным электродуговым методом, которые можно использовать в качестве катализаторов для водородной энергетики.

Благодарности: работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (МК-633.2019.8).

Список литературы

1. Jiangnan Xing, Yang Li, Siwei Guo et al. // *Electrochimica Acta*, 2018. – V.298. – P.305–312.
2. Yufei Maa, Guoqing Guana, Xiaogang Haoc et al. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017. – V.75. – P.1101–1129.
3. Lili Lin, Wu Zhou, Rui Gao et al. // *Nature*, 2017. – V.544(7648). – P.80–83.
4. Junpo Guo1, Jie Wang1, Cuijuan Xuan, et al. // *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2017. – V.801. – P.7–13.
5. Баженова М.Д., Гаврилова Н.Н. и др. // *Химическая промышленность сегодня*, 2014. – №1. – С.4–10.
6. Зурначян А.Р., Манукян Х.В. и др. // *Химический журнал Армении*, 2011. – №3. – С.326–334.
7. Пак А.Я. // *Письма в журнал технической физики*, 2019. – №17. – С.16.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ДОСТАВКИ IQ-1 НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ЧАСТИЦ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАСПЫЛЕНИЯ

А.К. Лавриненко, Э.В. Киблер, И.М. Колесник, К.С. Станкевич, В.Л. Кудрявцева
Научные руководители – д.х.н., профессор В.Д. Филимонов; к.ф.-м.н., доцент С.И. Твердохлебов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, lav.asy@mail.ru

Производные инденохиноксалина **IQ-1S** (натриевая соль оксима 11Н-индено [1,2-b] хиноксалин-11-она) и **IQ-1** (оксим 11Н-индено [1,2-b] хиноксалин-11-он) обладают высоким терапевтическим потенциалом. Так, **IQ-1S** продемонстрировал эффективность при лечении такого хронического аутоиммунного заболевания как ревматоидный артрит (РА) в тестах *in vivo* [1], в то время как для **IQ-1** была обнаружена противовоспалительная активность на моделях *in vitro* [2, 3]. Однако, плохая растворимость **IQ-1** в воде и органических растворителях может отрицательно повлиять на его биодоступность и, как следствие, дальнейшее клиническое применение. Эта проблема может быть решена путем инкапсуляции **IQ-1** в биоразлагаемые полимерные нано- или микроносители, которые могут быть адресно доставлены в место воспаления для контролируемого высвобождения биологически активного соединения. В качестве такого носителя в данной работе предложены микрочастицы на основе сополимера молочной и гликолевой кислот (ПЛГ), полученные мето-

дом электрораспыления с использованием диметилформамида в качестве общего растворителя. Для изготовления образцов были использованы растворы, содержащие 10 мас. % ПЛГ и 0, 5, 10 или 20 % **IQ-1**. В качестве стабилизатора частиц использовался 1 мас. % водный раствор поливинилового спирта.

Методом электрораспыления были получены микрочастицы, имеющие круглую форму, что подтверждается значением характеристического отношения (Таблица 1), и гладкую поверхность без видимых пор. Увеличение концентрации **IQ-1** уменьшает диаметр частиц (Таблица 1), что можно объяснить изменением параметров прядильного раствора. Снижение вязкости и увеличение электрической проводимости раствора при добавлении **IQ-1** ведет к уменьшению размера частиц [30–32].

Методами дифференциальной сканирующей калориметрии и лазерной дифракции было показано, что соединение распределено в полимерной матрице ПЛГ, однако для образцов

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-