

*Э. С. Мкртчян, Д. А. Курносов, И. В. Буракова,
А. Е. Бураков, О. А. Ананьева**

**КОМПОЗИЦИОННЫЙ АЭРОГЕЛЬ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА,
МОДИФИЦИРОВАННОГО ХИТОЗАНОМ,
ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СИСТЕМ
ОТ ТОКСИЧНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ**

В гидросферу Земли поступает большой спектр загрязняющих веществ как органической, так и неорганической природы, который пагубно влияет на жизнедеятельность живых организмов, на окружающую природу и человека. Загрязнение водных объектов – одна из значимых проблем, стоящих на повестке дня у всего мира, с которой пытаются бороться научные сообщества различных стран.

Авторами статьи в качестве модельных загрязняющих веществ были использованы растворы органических загрязнений – метиленового синего (МС), солнечно желтого (СЖ) красителей, и растворы неорганических загрязнений – Cu^{2+} , Zn^{2+} и Pb^{2+} .

МС – это катионный азокраситель, в основном используемый для окраски материалов. Однако из-за наличия ароматического кольца МС чрезвычайно токсичен, канцерогенен и процесс его разложения очень сложен [1].

СЖ (Желтый 6, Е 110) – пищевой краситель, используемый для улучшения однородности цвета, стабильности продуктов к кислороду, свету и рН (конфеты, напитки, молочные продукты, фармацевтические препараты). Тем не менее, чрезмерное потребление СЖ может привести к развитию заболеваний (опухоли почек, повреждению хромосом, гиперактивности, аллергии) [2].

Тяжелые металлы, такие как Cu^{2+} , Zn^{2+} и Pb^{2+} являются природными элементами. Небольшие количества этих элементов распространены в нашей окружающей среде, и они на самом деле необходимы для нашего здоровья. Но, большие количества любого из них могут вызвать острую или хроническую токсичность. Накапливание тяжелых металлов в организме человека может привести к повреждению или снижению умственной и центральной нервной функции, а также к повреждению состава крови, легких, почек и печени [3, 4].

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры ТТПН ФГБОУ ВО «ТГТУ» И. В. Бураковой.

В качестве адсорбционного материала был использован аэрогель на основе оксида графена (ОГ), поверхность которого модифицирована хитозаном (рис. 1).

Синтез адсорбционного материала состоит из нескольких стадий.

Первым этапом синтеза было получение водного раствора хитозана. Для этого в водный раствор уксусной кислоты (0,5 М CH_3COOH) добавляли порошок хитозана, а затем перемешивали.

Следующим этапом является смешение суспензии оксида графена (1 мг/мл) с раствором хитозана; предварительно значения pH суспензии ОГ были доведены до 10 путем добавления NaOH. Полученную смесь нагревали до 95 °С в течение 24 ч, в результате чего образовывался гидрогель ОГ-хитозан. Далее, полученный гидрогель подвергали лиофильной обработке для сохранения пористой структуры (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид полученного адсорбционного материала (ОГ-хитозан)

В процессе проведения кинетических исследований 0,01 г синтезируемого материала (ОГ-хитозан) погружали в пробирку с модельными растворами:

- ✓ МС-V=30 мл (начальная концентрация 1500 мг/л, pH = 7);
- ✓ СЖ-V=30 мл (начальная концентрация 1500 мг/л, буферный раствор при pH=2);
- ✓ Cu^{2+} , Zn^{2+} и Pb^{2+} V = 30 мл (начальная концентрация 100 мг/л, буферный раствор при pH = 6).

Время контакта 5, 10, 20 и 40 мин. В результате проведенных исследований были получены кинетические зависимости адсорбционной

способности синтезируемого графенового нанокompозита ОГ-хитозан по извлечению органических и неорганических загрязнений, представленные на рис. 2, 3.

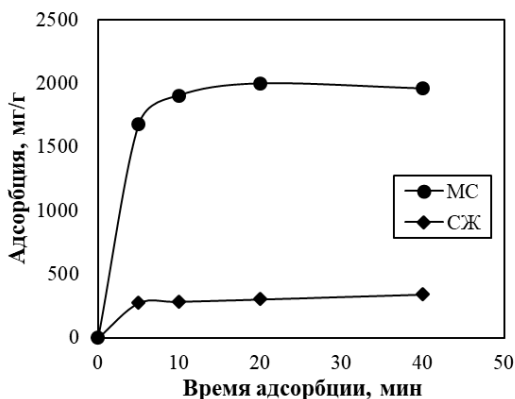


Рис. 2 Кинетика сорбции молекул МС и СЖ

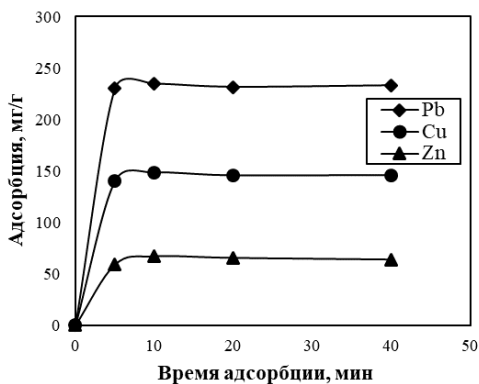


Рис. 3 Кинетика сорбции ионов Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}

Анализируя полученные данные видно, что графеновый нанокompозит достаточно быстро поглощает загрязнения из воды. При этом достигаются высокие показатели адсорбционной способности как при удалении органических молекул МС и СЖ, так и при удалении ионов Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} . Установлено, что адсорбционная емкость при извлечении молекул МС составляет ~ 2000 мг/г; для молекул СЖ ~ 340 мг/г; для ионов Pb^{2+} ~ 235 мг/г, Cu^{2+} ~ 149 , Zn^{2+} ~ 67 мг/г.

Список литературы

1. Mbaz, G. M. Instant removal of methylene blue using water-soluble non-cadmium based quantum dots / G. M. Mbaz, S. Parani, O. S. Oluwafemi // *Materials Letters*. 303 (2021). 130495.
2. Banana stem based activated carbon as a low-cost adsorbent for methylene blue removal: isotherm, kinetics, and reusability / E. Misran, O. Bani, E. M. Situmeang, A. S. Purba // *Alexandria Engineering Journal*. – 2021.
3. Qiu, W. Removal of lead, copper, nickel, cobalt, and zinc from water by a cancrinite-type zeolite synthesized from fly ash / W. Qiu, Y. Zheng // *Chemical Engineering Journal*. 145 (2009). 483-488.
4. Adsorption of heavy metals from aqueous media on graphene-based nanomaterials / E. Galunin, I. Burakova, E. Neskorumnaya, A. Babkin, A. Melezhik, A. Burakov, A. Tkachev // *AIP Conference Proceedings*. 2041(2018). 020007.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопородуктов»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*