

*Е. А. Нескоромная, А. В. Бабкин, Д. А. Курносов, Э. С. Мкртчян**

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРАФЕНОВОГО НАНОКОМПОЗИТА

На сегодняшний день стремительные темпы развития тяжелой промышленности и металлургического комплекса являются важней-

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Е. Буракова.

шей экологической проблемой. Одним из наиболее часто встречающихся типов загрязнения окружающей среды становятся продукты производственной деятельности – тяжелые металлы (ТМ) в ионной и молекулярной форме, в комплексных соединениях и т.д. Одним из наиболее распространенных представителей ТМ является медь. Несмотря на то, что без нее невозможно протекание многих жизненно важных процессов в организме (превращение железа в гемоглобин, транспорт важных веществ в клетки, транспорт железа из печени для поддержания состава крови и т.д.), избыток меди, как и любых других веществ в организме, приводит к серьезным последствиям, таким как неврологические нарушения, нарушение обмена веществ, наследственные заболевания ЦНС и внутренних органов, болезнь Вильсона-Коновалова и т.д.

С активным развитием нанотехнологической отрасли исследования множества научных школ направлены на синтез наноструктурированных материалов, сорбционная способность которых значительно лучше, чем у стандартных поглотителей, таких как активированные угли, цеолиты, глины и т.д. Это инновационное технологическое развитие отрасли ориентировано на изучение и применение материалов на основе отдельных частиц, имеющих размер порядка нано и (или) микрометров [1, 2].

Авторами работы предлагается использовать в качестве сорбента углеродный нанокомпозит на основе графена, модифицированного органическим соединением (ПГХ/графен). В качестве модификатора применялось ароматическое органическое соединение двухатомных фенолов – хинон ($C_6H_6O_2$). Для исследования возможности использования таких материалов в процессах сорбционной очистки были изучены сорбционные параметры, определяющие эффективность процесса извлечения: значение рН раствора, масса навески сорбента, время достижения равновесия в системе адсорбат/адсорбтив (кинетические эксперименты). Начальная концентрация раствора ионов меди составляла 100 мг/л.

Значение водородного показателя раствора играет важную роль в процессе извлечения ионов тяжелых металлов, так как данный параметр во многом определяет течение процесса не только из-за изменения поверхностных свойств адсорбента, но и вследствие обеспечения конкурентоспособности к извлекаемым компонентам и степени растворимости соли. Одна из основных задач исследования – определение влияния степени активности ионов водорода на сорбционную способность исследуемых материалов. Экспериментальные исследования проводились в подготовленных буферных системах, имеющих значения рН от 2 до 9 [3]. Навеску сорбента массой 0,03 г помещали в кони-

ческие пробирки вместимостью 50 мл, далее заливали 30 мл раствора с заданной концентрацией ионов Cu(II) . Пробирки встряхивали в течение 1 часа на программируемом ротаторе, затем фильтровали для отделения твердой фазы. Равновесную концентрацию металла в отобранных аликвотах измеряли с использованием метода атомно-абсорбционной спектрометрии. Результаты проведенных исследований представлены на рис. 1.

Экспериментальные данные показывают, что сорбционная емкость исследуемого образца достигает наибольшего значения по отношению к ионам меди при $\text{pH} = 6$. Предположительно, это связано со снижением концентрации ионов водорода, конкурирующих с ионами Cu(II) за активные сорбционные центры. Таким образом, дальнейшие исследования проводили с использованием буферных систем при $\text{pH} = 6$.

Для того, чтобы количественно оценить зависимость между массой навески сорбента (ПГХ/графен) и его сорбционной емкостью по ионам меди, были проведены экспериментальные исследования с использованием навески поглотителя в интервале от 0,01 г до 0,07 г. Максимальная сорбционная емкость материала достигается при массе навески – 0,01 г (рис. 2).

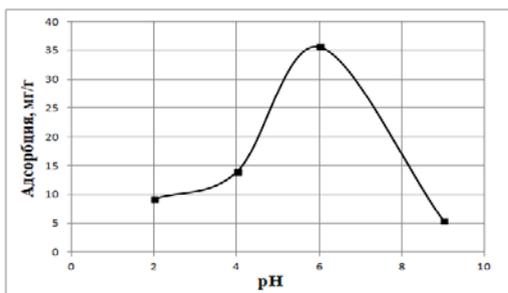


Рис. 1. Влияние pH раствора на сорбционные свойства материала (ПГХ/графен)

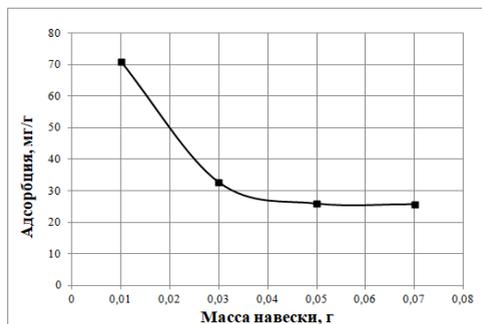


Рис. 2. Влияние массы навески ПГХ/графен на его сорбционную емкость

Полученные зависимости позволяют утверждать, что с увеличением массы наноматериала при фиксированном объеме раствора сорбционная емкость образца уменьшается, что свидетельствует о снижении эффективности работы пористого пространства поглотителя. Таким образом, оптимальная масса навески для проведения дальнейших исследований составила 0,01 г.

Для выявления закономерностей течения процессов сорбции ионов Cu(II) , на исследуемом образце были проведены кинетические эксперименты. Цель выполненных исследований заключалась в установлении времени достижения равновесия в системе адсорбат/адсортив (при котором скорость сорбции равна скорости десорбции) при заданных условиях протекания процесса. На рисунке 3 представлена графическая зависимость сорбционной емкости исследуемого материала от времени. Согласно полученной зависимости около 90% сорбата извлекается в первые 10 мин. Затем процесс существенно замедляется до наступления равновесия.

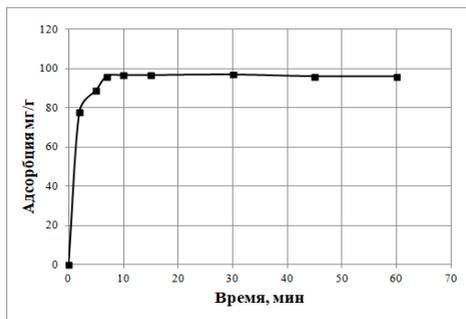


Рис. 3. Кинетическая кривая сорбции ионов Cu(II) из водного раствора на углеродном нанокompозите ПГХ/графен ($C_{\text{нех}} = 100$ мг/л, $m_{\text{сорб}} = 0,01$ г)

Основываясь на экспериментальных данных об изучении сорбционной способности углеродных наноструктур [4], разрабатываемый сорбент превосходит имеющиеся аналоги по значениям емкости и сорбционной активности к извлекаемым компонентам (ионам ТМ).

В рамках представленного исследования были получены оптимальные параметры процесса сорбции ионов Cu(II) на новом углеродном нанокompозите – ПГХ/графен. Экспериментально установлено влияние активности ионов водорода в растворе на степень извлечения ионов Cu(II). Оптимальное значение pH = 6. Исследования показали, что с увеличением массы навески нанокompозита (более 0,01 г) уменьшаются его сорбционные свойства в заданных условиях. При оптимальном значении pH и массы навески исследуемого сорбента установлено время наступления равновесия, которое составляет ~10 мин при значениях сорбционной емкости ~100 мг/г.

Список литературы

1. **Gupta, A. K.** Synthesis and Surface Engineering of Iron Oxide Nanoparticles for Biomedical Applications / A. K. Gupta, M. Gupta // Biomaterials. – 2005. – No 26. – P. 3995 – 4021.
2. **Hsing, I. M.** Micro- and Nano-magnetic Particles for Applications in Biosensing / I. M. Hsing, Y. Xu, W. T. Zhao // Electroanalysis. – 2007. – No 19. – P. 755 – 768.
3. **Рабинович, В. А.** Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1991. – 432 с.
4. **Кинетика** сорбции ионов меди (II) из водных растворов оксидом графена / А. В. Бабкин, Е. А. Нескоромная, А. Е. Бураков, И. В. Бураков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 79 – 86.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»,
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*