

## СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАЛОСЛОЙНОГО ГРАФЕНА

**Богачева Е.А.** (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»)

**Научные руководители: доцент, кандидат химических наук, Захарова Н.В.** (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»);

**научный сотрудник, кандидат химических наук, Возняковский А.А.** (федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук»)

**Введение.** Современная целлюлозно-бумажная, текстильная и косметическая промышленность активно использует опасные для человека вещества, в том числе различные красители. Часто красители являются сильно токсичными веществами, поэтому крайне важно не допустить их попадания в воду даже в ничтожных количествах. Одним из наиболее технологически простых и эффективных методов по очистке промышленных сточных вод является использования различных сорбентов, таких как цеолиты, активированный уголь и т.д. Однако, с развитием промышленности требуются все более эффективные сорбенты, которые по комплексу своих сорбционных характеристик окажутся более эффективными при очистке сточных вод.

Одними из наиболее перспективных материалов, которые могут заменить уже используемые сорбенты являются графеновые наноструктуры. Причиной этому служат их характеристики: так расчетная удельная поверхность для графеновых наноструктур составляет более  $2600 \text{ м}^2/\text{г}$ , что вместе с особенностью их химической структуры делает их одними из наиболее интересными объектами для испытаний.

Однако, не смотря на весь потенциал графеновых наноструктур, а также тысячи публикаций, в которых была показана высокая эффективность графеновых наноструктур по очистке воды от красителей, их применение в реальной промышленности до сих пор не произошло. Основной причиной является их высокая себестоимость, вызванная несовершенством методик синтеза как по подходу “сверху-вниз” (например, из графита с помощью ультразвуковой обработки), так и по подходу “снизу-вверх” (например, методом химического осаждения из газовой фазы), что не позволяет синтезировать большие объемы материала с приемлемой себестоимостью.

Целью данной работы являлось исследование сорбционных свойств графеновых наноструктур, а именно малослойного графена (МГ), синтезированного в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) из целлюлозы в отношении модельного красителя Родамина (ж).

**Основная часть.** В качестве исследуемого образца выступал МГ, синтезированный в условиях СВС процесса из целлюлозы [1]. В качестве основной методики для оценки сорбционных свойств МГ использовалась спектрофотометрия (прибор ECOVIEW УФ-1800).

Для исследования сорбционных свойств был приготовлен раствор родамина (ж) с концентрацией  $100 \text{ мг/л}$ , из которого методом разбавления были получены все остальные растворы. Сорбция производилась в плоскодонных колбах на  $250$  и  $500 \text{ мл}$ , для этого в колбу добавлялся раствор родамина (ж) с известной концентрацией и порошок МГ, после чего смесь выдерживалась в исследуемых условиях. Далее происходила фильтрация смеси на складчатом фильтре. После сорбции и фильтрации концентрация раствора родамина (ж) измерялась с помощью спектрофотометра ECOVIEW УФ-1800. Влияние pH на адсорбцию родамина (ж) изучалось в диапазоне от  $3$  до  $10$  в  $100 \text{ мл}$  раствора с начальной концентрацией  $2 \text{ мг/л}$  и навеской МГ равной  $50 \text{ мг}$ . Изменение pH происходило путем добавления лимонной кислоты

(C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) и NaOH. Смеси раствора родамина (ж) и МГ выдерживались в течение 10 минут на автовстряхивателе при 140 об/мин.

Влияние массы МГ на удельную сорбционную емкость исследовалось в растворе родамина (ж) с концентрацией 1 мг/л объемом 100 мл, навески МГ составляли 25, 50, 100, 200 мг. Смеси раствора родамина (ж) и МГ выдерживались в течение 10 минут на автовстряхивателе при 140 об/мин.

Изучение влияния времени адсорбции на удельную сорбционную емкость происходило с использованием раствора родамина (ж) с концентрацией 10 мг/л и навеской МГ равной 50 мг. Смеси раствора родамина (ж) и МГ выдерживались в интервале от 1 до 1200 минут автовстряхивателе при 140 об/мин.

Для изучения термодинамики адсорбции использовалась навеска МГ равная 50 мг в 100 мл раствора родамина (ж) с исходными концентрациями от 1 до 20 мг/л, при температурах 293, 313 и 333 К. Контроль температур происходил с помощью водных термостатов.

**Выводы.** Результаты исследований показали высокую эффективность МГ в качестве сорбента для очистки воды от родамина (ж). Было установлено, что использование МГ позволяет сорбировать более 95% красителя при концентрации раствора в 10 мг/л, получая безопасную для человека воду. В ходе сравнения полученных результатов с моделями, был сделан вывод, что при использовании МГ наблюдается смешанный вариант диффузии.

#### **Список использованных источников:**

1. Voznyakovskii A., Vozniakovskii A., Kidalov S. New Way of Synthesis of Few-Layer Graphene Nanosheets by the Self Propagating High-Temperature Synthesis Method from Biopolymers // *Nanomaterials*. – 2022. – Т. 12. – №. 4. – С. 657.