

УДК 544.72.02

DOI 10.47813/nto.3.2022.6.401-406 EDN [LGKBQA](#)



Исследование сорбционных характеристик активированного углеродного материала

И.Н. Шубин, А.А. Попова*

Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, д.106/5,
Тамбов, 392000, Россия

*E-mail: alyona.popova.93@list.ru

Аннотация. Разработка новых высокоэффективных сорбционных материалов для разделения различных жидких или газообразных сред является актуальным направлением многих современных исследований, востребованных в целом ряде отраслей промышленности. В работе представлены результаты проведенных исследований по определению сорбционной способности высокопористого углеродного материала, полученного при реализации двух вариантов активации - высокотемпературной щелочной активации и активации с дополнительной обработкой материала паром. В результате, полученный активированный высокопористый углеродный материал обладал удельной поверхностью 2500-2700 м²/г и объемом пор более 1,3 см³/г. Была установлена высокая сорбционная активность по отношению к синтетическим красителям - метиленовому синему и метиленовому желтому. Сравнение с материалами-аналогами показало, что, полученный углеродный материал значительно превосходит их по сорбционной способности и является перспективным поглотителем загрязнителей из водных растворов, что демонстрирует возможность его использования для решения экологических задач.

Ключевые слова: высокопористый углеродный материал, щелочная активация, перспективный сорбент.

Study of the sorption characteristics of activated carbon material

I.N. Shubin, A.A. Popova

Tambov State Technical University, st. Sovietskaya, 106/5, Tambov, 392000, Russia

*E-mail: alyona.popova.93@list.ru

Abstract. The development of new highly efficient sorption materials for the separation of various liquid or gaseous media is an important area of modern research that is in demand in a number of industries. The paper presents the results of studies conducted to determine the sorption capacity of a highly porous carbon material obtained by implementing two activation options - high-temperature alkaline activation and activation with additional processing of the material with steam. As a result, the obtained activated highly porous carbon material had a specific surface area of 2500-2700 m²/g and a pore volume of more than 1.3 cm³/g. A high sorption activity was established with respect to synthetic dyes - methylene blue and methylene yellow. Comparison with analogue materials showed that the resulting carbon material significantly exceeds them in sorption capacity and is a promising absorber of pollutants from aqueous solutions, which demonstrates the possibility of its use for solving environmental problems.

Keywords: highly porous carbon material, alkaline activation, promising sorbent.

1. Введение

Деятельность человека в различных отраслях промышленности: добывающей, химической, энергетической и многих других, оказывает негативное влияние на водные и почвенные системы. Отходы многих производств приносят в природную среду не характерные для её состава физические и химические агенты, что приводит к существенному превышению естественного уровня содержания различных веществ в природных микроэлементных средах. Основными объектами антропогенных загрязнений являются водные ресурсы. Их нерациональное использование и отсутствие должной материальной базы для селективной очистки является острой проблемой. В этой связи, возникает необходимость в разработке и проведении исследований в области создания высокоэффективных сорбционных материалов для удаления токсичных загрязнителей (в частности, ионов тяжёлых металлов) из почв и вод и их дальнейшего изолирования в соответствующих условиях [1, 2].

Одним из наиболее перспективных направлений создания подобных материалов является их получение термической активацией исходного углеродного сырья, в результате которой возможно создание высокопористых углеродных материалов с большой удельной поверхностью - более $2000 \text{ м}^2/\text{г}$ и объемом пор более $1 \text{ см}^3/\text{г}$. Эти материалы, обладая значительными удельной поверхностью и объемом пор, в сочетании с их размерами, приходящимися на наноразмерный диапазон (до 100 нм), являются наиболее универсальными и эффективными для применения в различных сорбционных процессах [3, 4].

При производстве данных материалов, осуществляется сложный многоэтапный химический процесс, заключающийся в высокотемпературной активации различного предварительно карбонизированного углеродного сырья жидко- или газофазными реагентами, например, водяным паром, кислотами или щелочами, что позволяет получить значительную удельную поверхность и высокопористую наноразмерную структуру [5, 6].

Предварительные исследования, проведенные авторами, а также литературные источники, показали, что данные характеристики, полученных высокопористых углеродных материалов, зависят, в первую очередь, от режимных параметров активации: массового соотношения активируемых компонентов в реакционной смеси, температуры

и продолжительности процесса, режима газообмена и др., а реализация подобного процесса возможна двумя вариантами активацией реакционной смеси: карбонизата с щелочью (при температуре 400-750°C и активацией (в температурном диапазоне 400-600°C) с дополнительной обработкой реакционной смеси водяным паром [7-9].

2. Цель исследования

Целью данной работы являлось исследование сорбционных характеристик, полученного по двум вариантам активированного высокопористого углеродного материала.

3. Методы и материалы исследования

В результате проведенных активаций, был получен высокопористый углеродный материал, обладающий удельной поверхностью 2500-2700 м²/г и объемом пор 1,3 см³/г.

Сорбционная способность полученных высокопористых углеродных материалов, при различных вариантах активации, определялась по отношению к основным синтетическим красителям: метиленовому синему (МС) и метиленовому желтому (МЖ) - из водных растворов с начальной концентрацией 1500 мг/л.

Для определения поглотительной способности высокопористого углеродного материала в растворы МС и МЖ с начальной концентрацией 1500 мг/л добавляли 0,01 г исследуемого материала. Пробирки с анализируемым раствором и навеской углеродного материала помещали в программируемый мультиротатор Multi Bio RS-24 и непрерывно перемешивали с частотой 100 об/мин при комнатной температуре в течение $t_{\text{RGO}} = 30$ и 60 минут. Затем отделяли углеродный материал от раствора с использованием фильтровальной бумаги и проводили измерение оптической плотности отфильтрованного раствора на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ при длине волны $\lambda = 815$ нм для МС и $\lambda = 511$ нм для МЖ.

4. Полученные результаты

Полученные результаты представлены на рисунке 1.

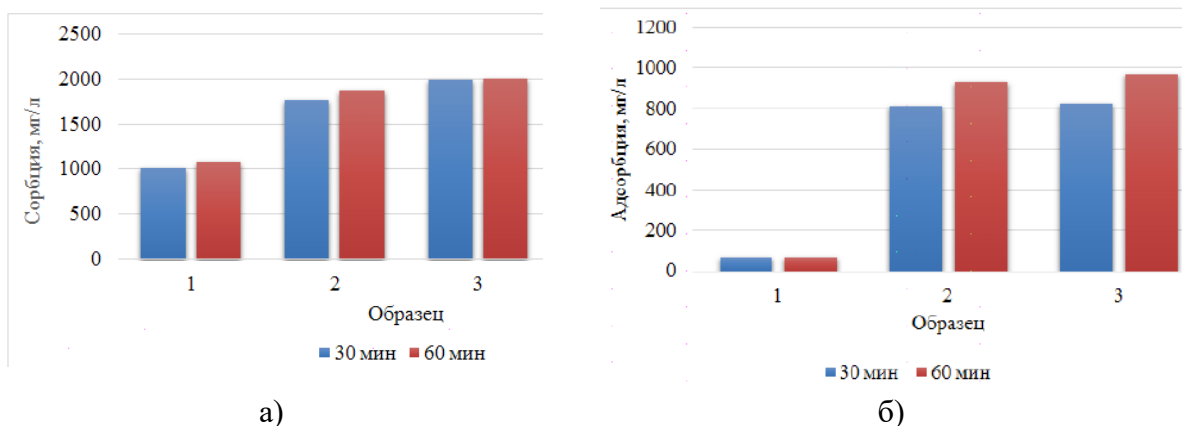


Рисунок 1. Сорбционная активность углеродного материала: а) по метиленовому синему; б) по метиленовому жёлтому (образец 1 - исходный карбонизат; образец 2 - вариант высокотемпературной активации; образец 3 - вариант активации с дополнительной обработкой паром).

Из представленных на гистограммах результатов, можно сделать вывод, что каждый из образцов обладает высокой сорбционной активностью, но наилучшие показатели у 3 образца - углеродного материала с дополнительной обработкой водяным паром. Это можно объяснить синергетическим эффектом от воздействия на углеродное сырье двух активаторов: щелочи и водяного пара.

Также было проведено сравнение полученных результатов с материалами - аналогами (рисунок 2). В результате установлено, что полученный высокопористый углеродный материал по сорбционной активности значительно преобладает перед аналогами.

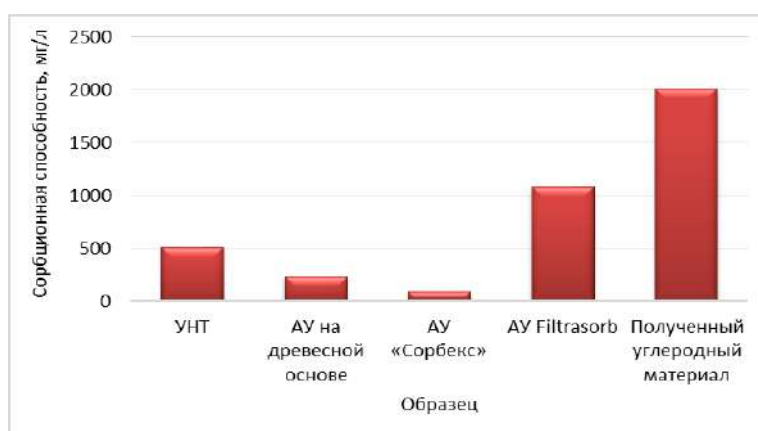


Рисунок 2. Сравнение сорбционной способности по МС полученного активированного углеродного материала с материалами-аналогами.

5. Выводы

Проведенные исследования сорбционной способности активированного высокопористого углеродного материала, в том числе в сравнении с материалами-аналогами показали, что он может быть перспективным поглотителем поллютантов из водных растворов. А применяемые для его производства варианты активации могут быть рекомендованы для дальнейшей отработки с целью реализации в промышленном производстве процесса получения высокоэффективных сорбционных материалов для решения целого ряда экологических задач.

Список литературы

1. Климов, Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е.С. Климов, М.В. Бузаева. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 201 с.
2. Мухин, В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов: учеб. пособие. / В.М. Мухин, В.Н. Клушин. – М.: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2012. – 308 с.
3. Фенелонов, В.Б. Пористый углерод / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Институт катализа СО РАН, 1995. – 518 с
4. Мищенко, С.В. Углеродные наноматериалы: производство свойство применение / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
5. Popova, A.A. Apparatus and technological design of the production process of activated highly porous carbon material / A.A. Popova, I.N. Shubin // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – С. 1-8. doi:10.1088/1742-6596/1942/1/012025
6. Дьячкова, Т.П. Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок / Т.П. Дьячкова, А.Г. Ткачев. – М.: Издательский дом «Спектр», 2013. – 152 с.
7. Попова, А.А. Исследование влияния технологических параметров на аппаратное оформление процесса производства активированного углеродного материала / А.А. Попова, И.Н. Шубин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение и машиноведение. – 2022. – №1(742). DOI: 10.18698/0536-1044-2022-1-20-30

8. Benaddi, H. Surface functionality and porosity of activated carbons obtained from chemical activation of wood / H. Benaddi, T.J. Badosz, J. Jagiello, J.A. Schwarz, J.N. Rouzaud, D. Legras, F. Beguin // Carbon. – 2000. – Vol. 38. – P. 669-674.
9. Чесноков, Н.В. Получение углеродных сорбентов химической модификацией ископаемых углей и растительной биомассы / Н.В. Чесноков, Н.М. Микова, И.П. Иванов, Б.Н. Кузнецов // Журнал Сибирского федерального университета. – 2014. – Т. 7. – №1. – С. 42-53.