**Углеродные материалы из лигносульфоната натрия для устройств накопления энергии**

***Сивенкова Е.В., Купреенко С.Ю., Савилов С.В., Тайбарей Н.О.***

*Аспирант, 2 год обучения*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*Химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: sivenkova.elizaveta.99@mail.ru*

Одним из распространённых отходов производства целлюлозных материалов является чёрный щелок [1]. Подкислением раствора и последующей фильтрацией щёлока получают лигносульфонат натрия, который, в свою очередь, может служить сырьём для получения углеродных материалов, перспективных для применения в устройствах накопления энергии [2].

В данной работе в ходе двухстадийного процесса, включающего стадии термостабилизации и активации, получены активированные угли из лигносульфоната натрия. Термостабилизацию проводили в атмосфере воздуха с использованием муфельной печи путем нагревания до 250°С со скоростью 0,15 °C/мин. Щелочную активацию осуществляли в высокотемпературной трубчатой печи в потоке азота при температуре 800°C со скоростью нагрева 10°C/мин в течение 90 (Сакт90), 180 (Сакт180), 270 (Сакт270) и 360 мин (Сакт360). Материалы промывали дистиллированной водой, а затем сушили в течение 12 часов при 110°C.

Методом низкотемпературной азотной порометрии изучено влияние времени активации на пористые характеристики углеродных материалов (Таблица 1). Установлено, что активация с использованием KOH способствует увеличению удельной площади поверхности с 240 до 2600 м2/г. При этом основной вклад вносят микропоры. Поверхностный состав материалов изучен методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Тестирование активированных углей в качестве электродных материалов проводили при помощи потенциостата-гальваностата Bio-Logic SAS VSP методами циклической вольтамперометрии, гальваностатического заряда-разряда и импедансной спектроскопии в трехэлектродной ячейке в водном растворе электролитов 1M Na2SO4 и 6M NaOH. На основании полученных результатов установлены корреляции между пористыми характеристиками углей и их ёмкостными параметрами, а также сроком службы при длительном циклировании.

Таблица 1. Данные низкотемпературной азотной порометрии.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Образец | S, м2/г | Sмикро, м2/г | Vполн., см3/г | Vмикро, см3/г |
| С800 | 240 | 220 | 0,21 | 0,13 |
| Сакт90 | 2600 | 2500 | 1,4 | 1,2 |
| Сакт180 | 2400 | 1900 | 1,5 | 0,87 |
| Сакт270 | 2500 | 2100 | 1,5 | 0,9 |
| Сакт360 | 2300 | 1600 | 1,5 | 0,8 |

*Работа выполнена по госбюджетной тематике НИР «Физикохимия поверхности, адсорбция и катализ» (АААА-А21-121011990019-4).*

**Литература**

1. M. Naqvi; J. Yan; E. Dahlquist. Black liquor gasification integrated in pulp and paper mills: A critical review // Bioresour Technol. 2010. Vol. 101(21). P. 8001–8015.

2. Pang, Jie; Zhang, Wenfeng; Zhang, Jinliang; Cao, Gaoping; Han, Mingfang; Yang, Yusheng. Facile and sustainable synthesis of sodium lignosulfonate derived hierarchical porous carbons for supercapacitors with high volumetric energy density // Green Chem., 2017. Vol. 19. P. 3916-3926.