

Н. И. Богданович, проф., д-р техн. наук  
М. А. Архилин, асп.; Е. А. Быкова, студ.

Л. Н. Кузнецова, доц., канд. техн. наук

[lesochim@narfu.ru](mailto:lesochim@narfu.ru) (САФУ имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск, РФ)

## **ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТОВОСПРИИМЧИВЫХ АДсорбЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА**

Отходы лесохимической и деревообрабатывающей промышленности, в частности, гидролизный лигнин, являются потенциальным сырьем для производства различных товарных продуктов. Нами предложено использовать гидролизный лигнин для производства ценного продукта – магнитовосприимчивого адсорбента (МВА).

В мире активно ведётся разработка методов синтеза магнитовосприимчивых адсорбентов. Такой адсорбент может быть легко отделён от обрабатываемой среды приложением магнитного поля, например, магнитной сепарацией. Использование подобных адсорбентов позволяет интенсифицировать процессы адсорбции.

Для получения МВА используются следующие способы: модифицирование готового адсорбента (активный уголь, кофейная гуща, специально подготовленные дрожжи и др.) магнитными наночастицами; термохимическая активация углеродного сырья с солями железа, кобальта или никеля; напыление углеродного слоя на частицы магнетита  $Fe_2O_3$ , восстанавливающегося до магнитных форм железа.

Первый способ получения обладает такими недостатками как высокая стоимость наночастиц и активного угля; МВА на основе растительных отходов (кофейная гуща, дрожжи) имеют трудности с хранением и регенерацией. Второй способ – химическая активация – проводится с использованием дорогих реагентов (комплексные соли железа, нитраты никеля и кобальта), а в качестве сырья выступают искусственные полимеры. Кроме того, это громоздкий процесс с большим количеством стадий. В третьем способе пары этанола при сильном нагревании взаимодействуют с частицами  $Fe_2O_3$  с образованием магнитного ядра и активной углеродной оболочки. К недостаткам такого метода можно отнести использование этанола и низкую адсорбционную ёмкость получаемых адсорбентов.

На кафедре лесохимических производств АЛТИ ранее была показана возможность пиролитического получения МВА на основе растительных отходов термохимической активацией с гидроксидом железа (III) [1].

Целью работы является исследование влияния дозировки гидроксида железа (III) на свойства МВА из гидролизного лигнина.

Задачи исследования: исследовать влияние вышеуказанного режимного параметра на адсорбционные и магнитные свойства получаемых адсорбентов; выявить оптимальное значение дозировки  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  при получении МВА в заданных условиях синтеза.

Для получения МВА в качестве исходного сырья использовали гидролизный лигнин из отвалов Архангельского гидролизного завода, подсушенный до влажности 9 %.

Готовили водную суспензию лигнина и прибавляли к ней рассчитанное количество раствора  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  для получения образцов с содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 10, 15, 20, 25, 30 и 35% в а. с. образце. Затем 25%-ным раствором аммиака на лигнине осаждали  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  до pH = 8. Полученную смесь промывали дистиллированной водой и подвергали пиролизу. Пиролиз осадка проводили в трубчатой печи СУОЛ-0.44 в кварцевой трубке диаметром 30 мм и толщиной стенки 2 мм в атмосфере собственных парогазов. Параметры пиролиза: температура – 900°C, продолжительность 30 мин. Парогазы отводились в систему конденсации, где происходило выделение жидких продуктов пиролиза. Неконденсируемые газы отводились в атмосферу.

Исследовались выход МВА, адсорбционная активность по метиленовому голубому, относительная магнитная восприимчивость (ОМВ), изучалась пористая структура адсорбентов.

Выход адсорбента определяли гравиметрически в процентах от массы а.с. образца, подвергнутого пиролизу. Адсорбционную активность определяли согласно методике, представленной в работе [2]. ОМВ определяли на весах Гюи.

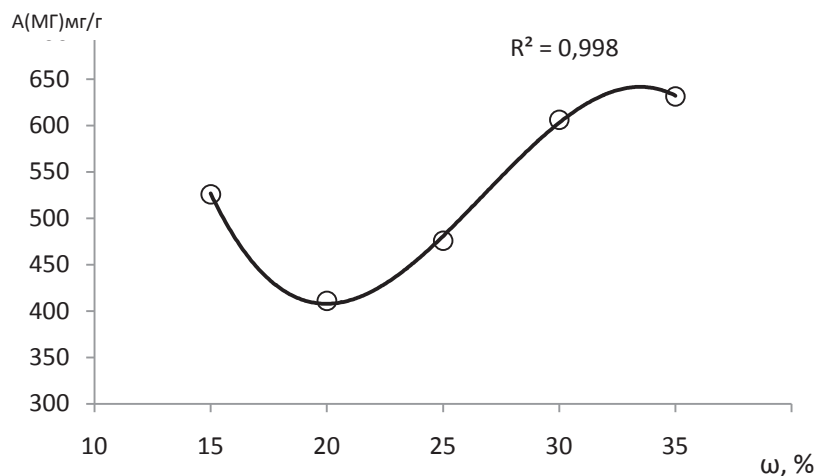
Также исследовались параметры пористой структуры МВА с использованием анализатора удельной поверхности и пористости ASAP 2020mp (Micromeritics, USA). Суммарный объем пор  $V$ , удельную площадь поверхности  $S$  и средний размер пор  $d$  рассчитывали по методу Брунауэра-Эммета-Теллер (БЭТ), объем мезопор  $V_{\text{me}}$  рассчитывали по методу Баррета-Джойнера-Халенды (БДХ), объем микропор  $V_{\text{mi}}$  был рассчитан по методу t-кривых.

Полученные данные представлены в таблице 1.

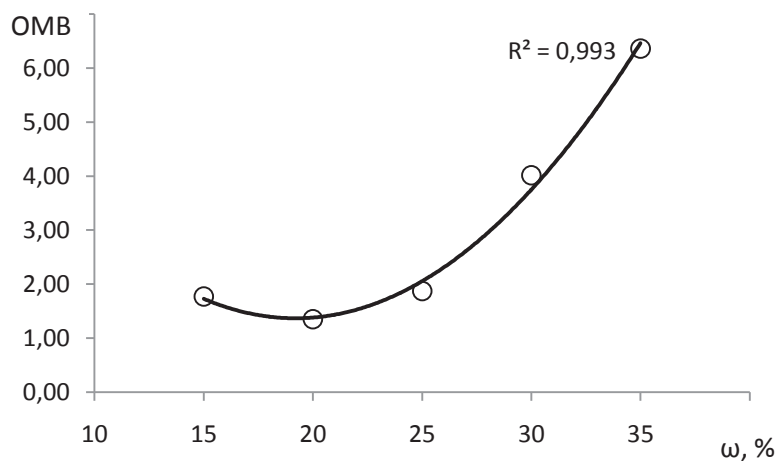
**Таблица 1 - Результаты исследования свойств полученных МВА**

№	w( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), %	B, %	ОМВ	A(МГ), мг/Г	$V$ , см <sup>3</sup> /Г	$S$ , м <sup>2</sup> /Г	d, нм	$V_{\text{me}}$ , см <sup>3</sup> /Г	$V_{\text{mi}}$ , см <sup>3</sup> /Г
1	15	40,2	1,77	526	0,277	345	3,22	0,151	0,117
2	20	41,2	1,35	411	0,211	328	2,57	0,067	0,137
3	25	43,0	1,87	476	0,247	334	2,97	0,118	0,117
4	30	43,9	4,02	606	0,229	309	2,95	0,105	0,110
5	35	44,2	6,36	631	0,246	302	3,27	0,132	0,100

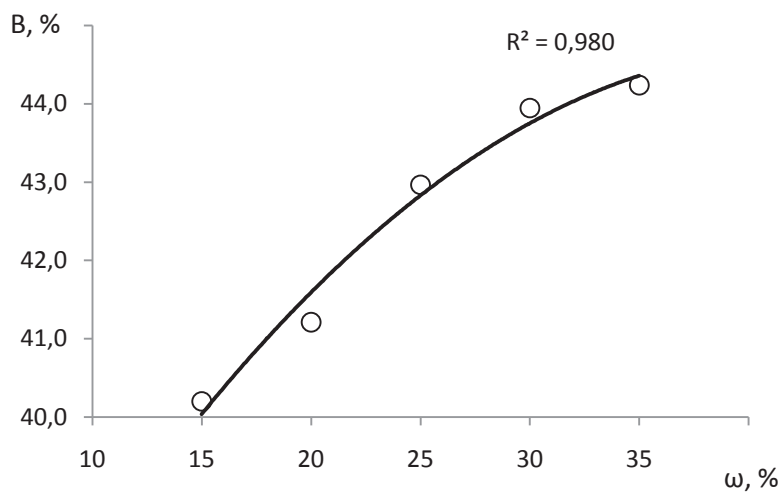
На основании полученных данных были построены следующие зависимости (рис. 1–3).



**Рисунок 1 – Зависимость адсорбционной активности по МГ от дозировки оксида железа (III)**



**Рисунок 2 – Зависимость ОМВ от дозировки оксида железа (III)**



**Рисунок 3 – Зависимость выхода МВА от дозировки оксида железа (III)**

Анализируя графические зависимости, приходим к выводу, что в целом дозировка  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  положительно влияет на все 3 характеристики исследуемых адсорбентов, причём для адсорбции МГ и ОМВ наблюдается минимум в области 20 % оксида железа (III). Параметры пористой структуры изменяются криволинейно. Объём пор сорбентов колеблется в интервале  $0,21 \dots 0,28 \text{ см}^3/\text{г}$ , удельная поверхность – в интервале  $302 \dots 345 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– полученные адсорбенты обладают высокими адсорбционными свойствами и высокой магнитной восприимчивостью;

– с увеличением содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в исходном образце наблюдаются более высокие значения адсорбционных и магнитных свойств, что позволит получать в дальнейшем МВА с высокими характеристиками.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Шевченко, Р. С. Формирование сорбционных и магнитных свойств ферромагнитных адсорбентов при пиролизе отходов переработки древесины в присутствии гидроксида железа (III) [Текст] / Р. С. Шевченко, Л. Н. Кузнецова, Г. В. Добеле // Изв. ВУЗов: Лесн. журнал, 1999. – № 2-3 – С.142–150.

2 Белецкая, М. Г. Синтез углеродных адсорбентов методом термохимической активации гидролизного лигнина с использованием гидроксида натрия: дисс. ... канд. технич. наук: 05.21.03. - Архангельск: САФУ имени М. В. Ломоносова, 2014 . – 153 с.

УДК 676.024.6

О. Н. Федорова, асп. [overlord-87-olya@mail.ru](mailto:overlord-87-olya@mail.ru)

В. И. Шуркина, асп. [Welta0007@mail.ru](mailto:Welta0007@mail.ru)

Ю. Д. Алашкевич проф., д-р техн. наук [mart@sibgtu.ru](mailto:mart@sibgtu.ru)  
(СибГТУ, г. Красноярск)

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАРНИТУРЫ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ НОЖЕЙ**

Существует множество способов интенсификации процесса размолва волокнистой суспензии в дисковых мельницах. Одним из таких направлений является модификация рабочих органов размалывающих машин – ножевой гарнитуры.

Размол волокнистых материалов обычно связан с большим расходом электрической энергии, что ведет к значительному удорожа-