

А. А. Шутова, магистрант  
Н. И. Богданович, проф., д-р техн. наук  
А. И. Моргунов, магистрант  
[anuy6055@yandex.ru](mailto:anuy6055@yandex.ru) (Северный (Арктический) Федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск, РФ)

## **ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ С КОН**

В Архангельской области ежегодно образуется 3,8 млн м<sup>3</sup> отходов лесопильных производств и порядка 500 тысяч приходится на кору. Большую их часть сжигают, с получением тепловой энергии. Мы предложили использовать кору ели для получения экономически выгодного ресурса – активного угля.

Активный уголь (АУ) – пористое вещество, получаемое в процессе пиролиза из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения путем различных видов активации. Исходным сырьем могут служить: древесный уголь, материалы типа каменного угля, скорлупа различных орехов и фруктовых косточек и другие материалы.

АУ используется в очистке воздушных сред, сточных вод, применяется при изготовлении суперконденсаторов и аккумуляторных батарей высокой мощности.

Цель работы - использование и переработка вторичного сырья от отходов производства древесины с получением АУ.

Кору отбирали на одном из лесоперерабатывающих предприятий Архангельска.

В качестве плана был выбран центральный композиционный ротатбельный униформ-план второго порядка для трех переменных (таблица 1).

Нами было наработано 20 образцов АУ по следующей схеме:

1) Исходный материал подвергают термической обработке ( $T_{п/п}$ ) без доступа воздуха, в результате которой из него удаляются парогазы. Структура образовавшегося угля–сырца – крупнопористая, он не содержит микропор и не может быть непосредственно использован как промышленный адсорбент.

2) Термохимическая активация ( $T_{ТХА}$ ) в присутствии КОН. В результате активации часть органического материала выгорает, а остаток превращается в уголь, отличающийся развитой пористой структурой и поэтому обладает высокой адсорбционной активностью.

3) Выщелачивание – это процесс отмывки угля от содопродуктов, образующихся при термохимической активации. Установлено,

что наиболее полное извлечение содопродуктов достигается при 3х-кратном получасовом кипячении угля (каждый раз со свежей порцией дистиллированной воды). Кипячение проводят на электрической плитке в конической колбе с обратным холодильником для предотвращения испарения влаги.

4) Сушка в шкафу при 105 °С.

5) Измельчение проводили на шаровой мельнице 10 мин со скоростью 400 об/мин. Далее просеивали на сите с диаметром 0,1 мм.

6) Изучение адсорбционных свойств. Оценку активных углей проводили, сравнивая результаты измерений с помощью различных адсорбатов (из жидкой фазы – МГ, йод, из газовой фазы – вода, гексан).

По экспериментальным данным были получены уравнения регрессии. Все уравнения оказались адекватными экспериментальными данными, так как критерий Фишера оказался меньше табличного, и по полученным уравнениям были построены поверхности отклика, показывающие характер зависимости выходных параметров от режимных факторов.

Адсорбционная активность по йоду ( $A_{I_2}$ ) характеризует развитие микропористой структуры угля. Увеличение температур предпиролиза и пиролиза оказывает положительное влияние на адсорбционную активность по йоду. Аналогичное влияние оказывает дозировка щелочи (рисунок 1).

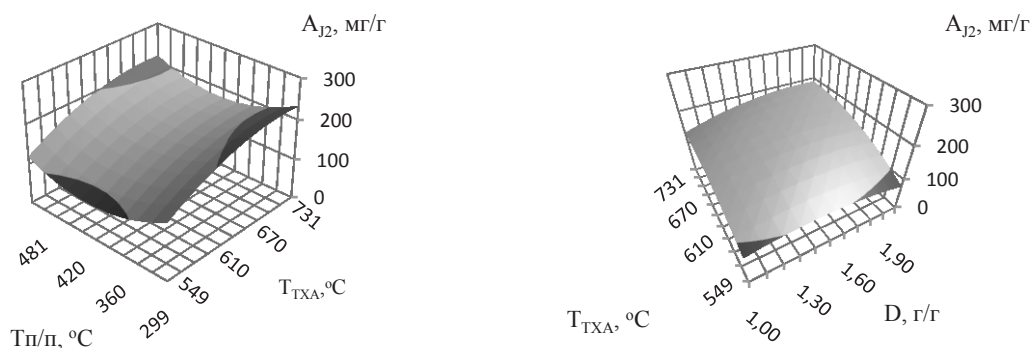
Осветляющая способность по метиленовому голубому (МГ) характеризует способность активных углей сорбировать из водных растворов крупные молекулы органических веществ. Принято считать, что подобные молекулы сорбируются на поверхности супермикро- и мезопор, а значит, по результатам анализа мы получаем информацию об их содержании в исследуемых углях. Повышение температур предпиролиза и пиролиза положительно влияет на осветляющую способность по метиленовому голубому. Дозировка щелочи оказывает положительный характер на данный выходной параметр (рисунок 2).

Адсорбционные свойства по парам воды позволяют судить о гидрофильности углей. Как видно из рисунка 3, на поверхности отклика наблюдается четкий минимум значений адсорбции водяного пара. Причем этот минимум находится практически в центре плана.

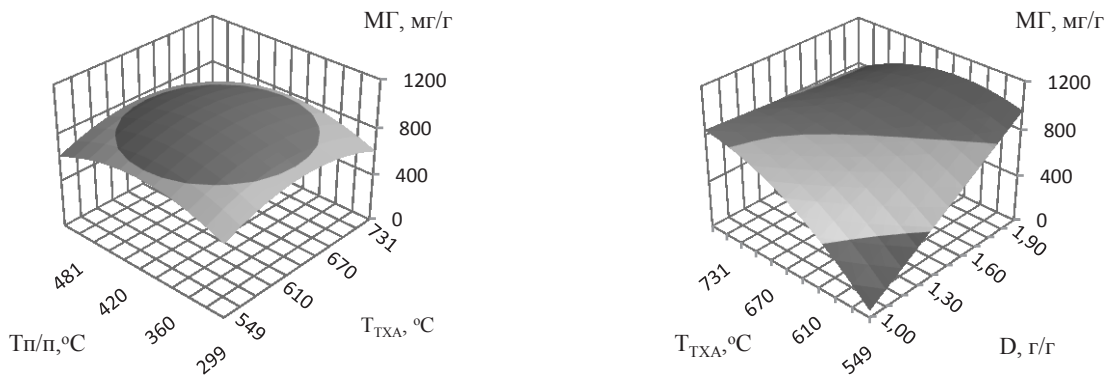
Адсорбционные свойства по гексану позволяют судить о гидрофобности. Наблюдается зависимость, как и по воде. Следовательно, минимальная температура и минимальная дозировка положительно влияют на адсорбцию и по воде и по гексану (рисунок 4).

**Таблица 1 - Уровни и интервалы варьирования факторов**

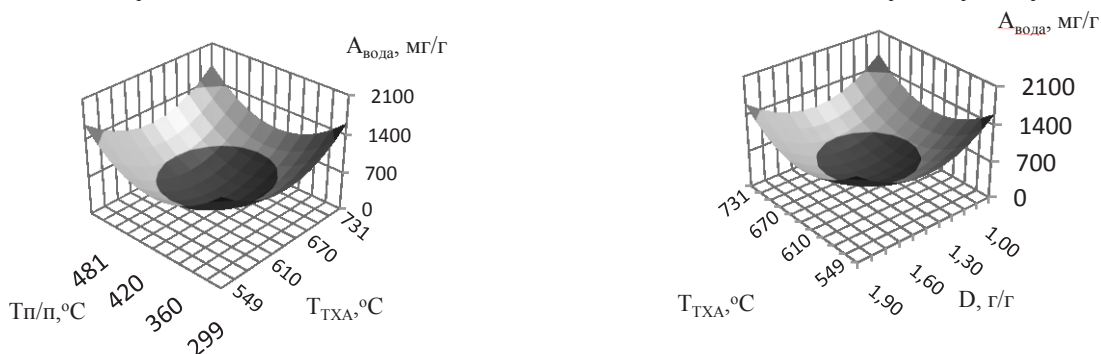
Переменные факторы	Характеристики плана					
	Шаг варьирования, $\lambda$	Уровни факторов				
		-1,682 (- $\alpha$ )	-1	0	1	1,682 (+ $\alpha$ )
$X_1$ , Температура предпиролиза, °С	60	300	340	400	460	500
$X_2$ , Температура термохимической активации, °С	60	550	590	650	710	750
$X_3$ , Дозировка КОН, г/г	0,3	1,00	1,20	1,50	1,80	2,00



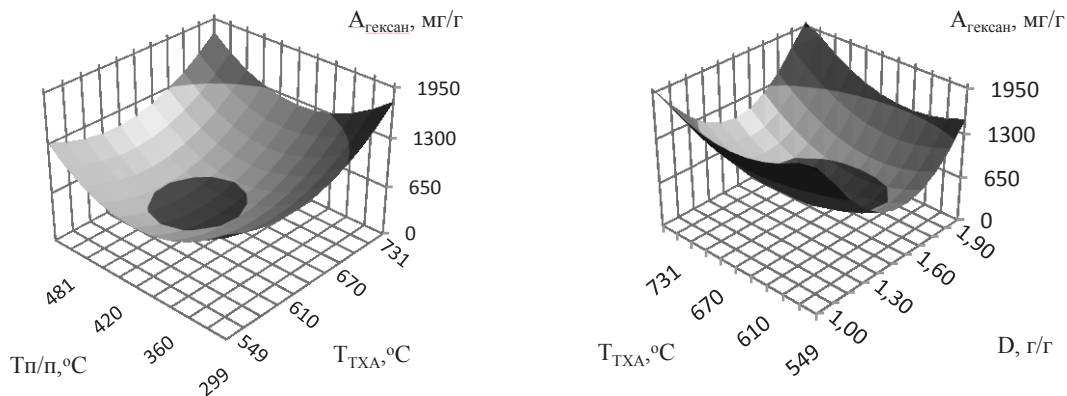
**Рисунок 1 – Адсорбционная активность по йоду**



**Рисунок 2 - Осветляющая способность по метиленовому голубому**



**Рисунок 3 - Адсорбционные свойства по парам воды**



**Рисунок 4 - Адсорбционные свойства по гексану**

Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением температур предпиролиза и термохимической активации адсорбционные свойства АУ улучшаются;
2. Увеличение дозировки положительно сказывается на формировании адсорбционных свойств;
3. Оптимальные условия получения АУ из коры ели:  $T_{п/п} = 460^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{ТХА} = 650^{\circ}\text{C}$ ,  $D = 1,90$  г/г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Планирование эксперимента в примерах и расчетах: учеб. пособие / Н. И. Богданович, Л. Н. Кузнецова, С. И. Третьяков, В. И. Жабин. – Архангельск: САФУ, 2010. – 126 с.
- 2 Технология углеродных адсорбентов. Физико-химический анализ активных углей: учебное пособие к лабораторному практикуму / М. Г. Белецкая, Н. И. Богданович, Н. А. Макаревич. – Архангельск: САФУ, 2015. – 96 с.

УДК 676.024.6

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)  
 Р. А. Марченко, ст. преп. [r.a.marchenko@mail.ru](mailto:r.a.marchenko@mail.ru)  
 (СибГТУ, г. Красноярск)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОТОВЫХ ОТЛИВОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАРНИТУРЫ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ НОЖЕЙ

Размалывающая гарнитура - основной рабочий орган мельницы, осуществляющий непосредственное воздействие на волокна в процессе их обработки [1].

На кафедре МАПТ СибГТУ была разработана гарнитура с криволинейной формой ножей [2]. Данная гарнитура решает задачи по-