

НСI при 90°C. Изомеризация эпоксида  $\alpha$ -пинена на исследованных алюмосиликатах протекает с образованием преимущественно камфенового альдегида, что свидетельствует о наличии на их поверхности кислотных центров Льюиса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Agabekov V.E., Sen'kov G.M., Sidorenko A.Yu., Nguyen Dinh Tuyen, Vu Anh Tuan //Catalysis in Industry – 2011. – Vol. 3. No. 4. P. 319–330.

2 Sidorenko A. Yu., Sen'kov G.M, Agabekov V.E. // Catalysis in Industry. – 2014. – Vol. 6, №. 2. – P. 94–104.

3 Stekrova M., Kumar N., Aho A [et al.] // Applied Cat. – 2014. – Vol. 470. –P. 162–167.

УДК 661.183.2

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

#### **УГЛЕРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИЕЙ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА БОБРУЙСКОГО ГИДРОЛИЗНОГО ЗАВОДА**

За последние годы в связи с ростом промышленных мощностей чрезвычайно обострилась проблема утилизации отходов. В особенности это коснулось таких многотоннажных отраслей, как лесоперерабатывающая, лесохимическая и гидролизная промышленности. Что касается последней, то основной отход производства, а именно гидролизный лигнин в промышленных масштабах накопился во многих странах постсоветского пространства. Около 40% его использовалось в качестве топлива при получении технологического пара, остальное вывозилось в отвалы.

Прогнозные оценки его запасов в отвалах составляют миллионы тонн[1]. Несмотря на множество предложенных решений по переработке гидролизного лигнина в продукты, нужные народному хозяйству, все они не нашли широкого промышленного применения. Наиболее распространенным на данный момент методом утилизации лигнина является его сжигание в топках котельных, что нельзя считать рациональным.

Альтернативой сжиганию является осуществление процесса квалифицированной его переработки в режиме пиролиза с получени-

ем активных углей (АУ) – ценных адсорбентов. Как известно, области применения активных углей все больше расширяются.

В настоящее время для синтеза активного угля наблюдается тенденция использования методов термохимической активации сырья, поскольку эти методы позволяют получать адсорбенты с заданными адсорбционными свойствами и параметрами пористой структуры.

При термохимической обработке растительной ткани масса лигнина уменьшается в несколько раз, а его химическая активность возрастает [2].

Определяющими факторами при синтезе АУ с использованием методов термохимической активации являются выбор и дозировка активирующего агента, а также температура процесса. Учитывая актуальность утилизации вторичных ресурсов химической переработки древесины, весьма своевременным является изучение возможности получения активных углей из гидролизного лигнина с использованием гидроксида калия в качестве активирующего агента.

Цель настоящей работы – изучение свойств углеродных адсорбентов, полученных термохимической активацией Бобруйского гидролизного лигнина с гидроксидом калия.

Для достижения поставленной цели нами было наработано 20 образцов АУ из гидролизного лигнина, полученного на Бобруйском гидролизном заводе. Синтез адсорбентов осуществлялся в 2 стадии: карбонизация гидролизного лигнина и последующая активация угля-сырца.

Таким образом, был реализован центральный композиционный ротатабельный униформ - план второго порядка для трех переменных, варьирующихся на 5 уровнях [3]. В качестве меняющихся параметров были температуры предпиролиза (Тп/п) и термохимической активации (Ттха), а также дозировка активирующего агента. Значения и интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1.

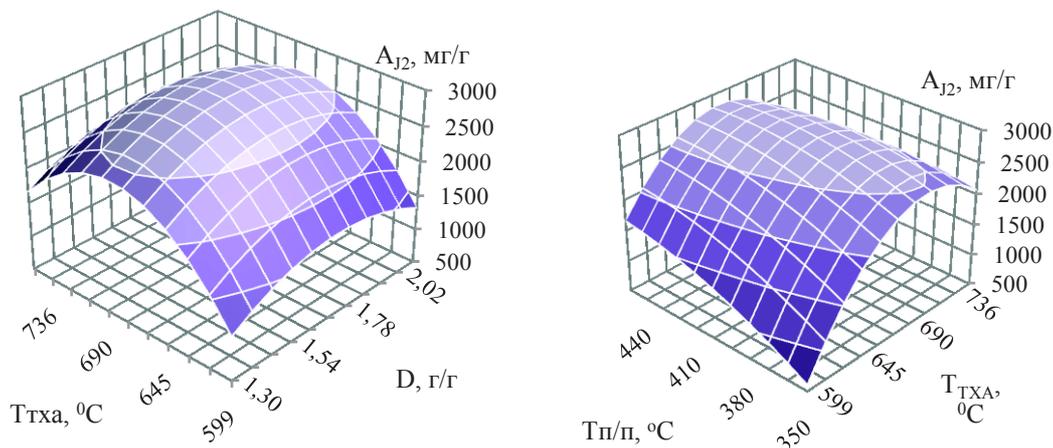
**Таблица 1 - Значения и интервалы варьирования факторов**

Переменные факторы	Характеристики плана					
	Шаг варьирования, $\lambda$	Уровни факторов				
		-1,682 ( $-\alpha$ )	-1	0	1	1,682 ( $+\alpha$ )
Температура предпиролиза, °С	30	350	370	400	430	450
Температура пиролиза, °С	45	600	630	675	720	750
Расход КОН, г/г	0,24	1,00	1,16	1,40	1,64	1,80

Полученный уголь в дальнейшем подвергнулся выщелачиванию, и была исследована его сорбционная активность по четырем основным сорбатам: метиленовой голубой, йод, по парам воды и гексана.

По полученным экспериментальным данным построены поверхности отклика, показывающие влияние параметров двухстадийной термохимической обработки гидролизного лигнина на адсорбционные свойства АУ.

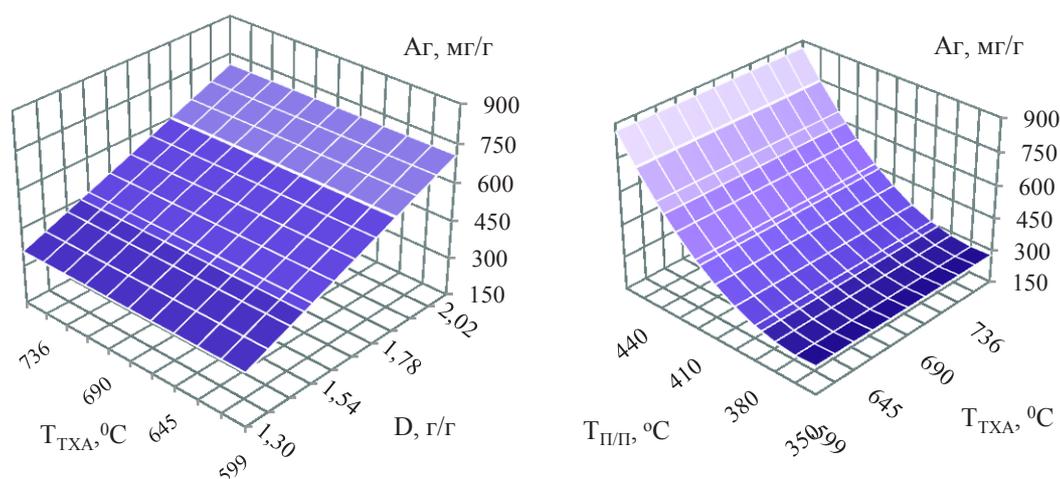
Адсорбционная активность по йоду ( $A_{J_2}$ , рис. 1) характеризует преимущественно развитие микропористой структуры активного угля.



**Рисунок 1 - Влияние температуры термохимической обработки гидролизного лигнина и расхода КОН на адсорбционные свойства АУ по йоду**

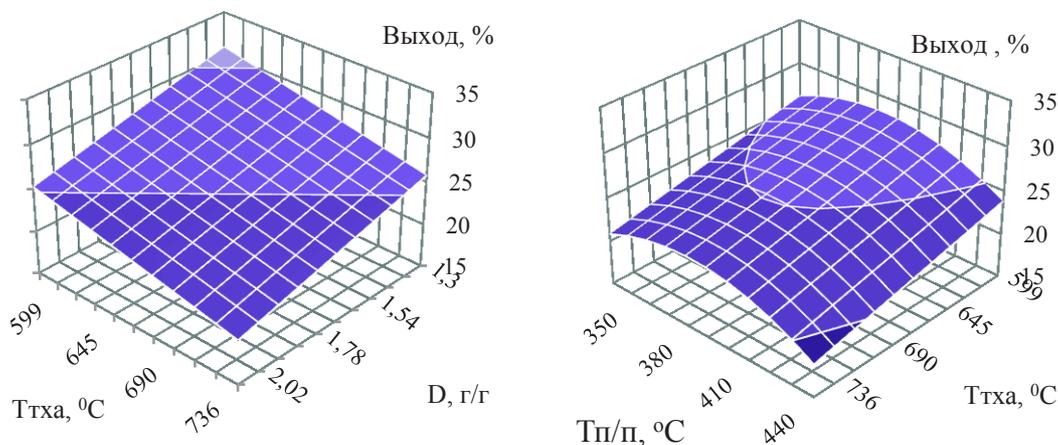
Как видно из представленных графических зависимостей повышение температуры термохимической обработки лигнина оказывает положительное влияние на адсорбционную активность АУ по йоду.

При повышении температуры предпиролиза влияние температуры термохимической обработки на адсорбционную активность АУ по йоду усиливается.



**Рисунок 2 - Влияние температуры термохимической обработки гидролизного лигнина и расхода КОН на адсорбционные свойства АУ по гексану**

На адсорбцию по гексану (рис. 2) влияет как температура пиролиза, так и дозировка щелочи, с повышением которых адсорбция возрастает.



**Рисунок 3 - Влияние температуры термохимической обработки гидролизного лигнина и расхода КОН на выход АУ**

Поверхность отклика показывает, что наибольший выход наблюдается при температуре предпиролиза, являющейся центром плана, то есть около 400 °С. Увеличение дозировки щелочи положительного влияния на выход адсорбента не оказывает.

В результате эксперимента было установлено, что характер изменения адсорбционных свойств образцов АУ, представленных в виде поверхностей отклика, указывает на одинаковый характер зависимостей от условий термохимической гидролизного лигнина (рис. 1–3). При повышении температуры термохимической обработки гидролизного лигнина, а также увеличении расхода активирующего агента адсорбционные свойства АУ улучшаются.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Белецкая, М. Г. Формирование адсорбционных свойств нанопористых материалов методом термохимической активации / М. Г. Белецкая, Н. И. Богданович // Химия растительного сырья, 2013. – № 3. С. 77–82.

2 Романенко, К. А. Влияние термохимической активации гидролизного лигнина с гидроксидом калия на свойства углеродных адсорбентов / К. А. Романенко, М. Г. Белецкая, Н. И. Богданович, А. В. Канарский – Казань: Издательство КНИТУ, 2015.

3 Богданович, Н. И. Планирование эксперимента в примерах и расчетах / Н. И. Богданович, Л. Н. Кузнецова, С. И. Третьяков, В. И. Жабин. – Архангельск, 2010.