

Porion C., Scheu U., Täffner M. Rühle. Abnormal grain growth in alumina: Synergetic effects of Yttria and Silica //Journal of American Ceramic Society. 2007. V. 86(4). P. 650–659.

УДК 66.067

**Д.А. Бадин, Т.С. Кузнецова, А.Е. Бураков, И.В. Буракова,  
О.А. Ананьева, А.Х. Кадум, А.Н. Тимиргалиев**  
Тамбовский государственный технический университет  
Тамбов, Россия

### **ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ АКТИВИРОВАННЫХ БИОУГЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С/Х СЫРЬЯ**

*Аннотация.* В данной работе предложена методика переработки сельскохозяйственных культур (подсолнечник, рапс, соя, травяная мука) в высокоэффективные активные угли, обладающие физико-химическими свойствами, ориентированными на применение в жидкофазных сорбционных процессах удаления вредных примесей различной химической природы.

**D.A. Badin, T.S. Kuznetsova, A.E. Burakov, I.V. Burakova,  
O.A. Ananyeva, A.Kh. Kadum, A.N. Timirgaliev**  
Tambov State Technical University  
Tambov, Russia

### **HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF ACTIVATED BIOCHAR BASED ON RENEWABLE SOURCES OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS**

*Abstract.* This work proposes the processing of agricultural waste (sunflower, rapeseed, soybean, grass meal) into highly efficient activated carbons with physical and chemical properties aimed at use in liquid-phase sorption processes for removing harmful impurities of various chemical natures.

Синтез углеродных веществ путем гидротермальной карбонизации (ГТК) растительного сырья различного происхождения – косточки плодовых фруктовых деревьев, рисовая шелуха, отходы кофе, скорлупа орехов, иные отходы сельскохозяйственного производства на основе целлюлозы и различных ее модификаций (карбоксиметилцеллюлоза, микрокристаллическая целлюлоза и др.)

является одним способов получения пористых углеродных материалов для решения экологических проблем.

Целью настоящей работы получение бюджетных сорбционных материалов для эффективного удаления вредных примесей из водных сред. Выбор углеродсодержащего сырья в данной работе обусловлен традиционно высокой урожайностью с/х культур на территории Тамбовской области. Также авторами исследуется возможность введения на стадии ГТК-синтеза графеновых наноструктур, а именно, оксида графена (ОГ), с целью повышения сорбционных свойств.

Методика получения образцов методом ГТК заключается в следующем: в автоклав из нержавеющей стали объемом 100 мл загружали измельченный порошкообразный продукт и дистиллированную воду, помещали в сушильный шкаф, предварительно нагретый до 180 °С, и выдерживали в течение 12 часов. Затем содержимое фильтровали на водоструйном насосе через тканевый фильтр для удаления побочных продуктов реакции и сушили при 110°С до постоянной массы. Далее подвергали карбонизации при постоянной подаче аргона (скорость потока 1 л/мин) в 3 этапа путем нагревания и выдерживания образца при 150, 500 и 750 °С ступенчато в течение 1 часа при каждой из температур. Для синтеза образца П/ОГ на стадии загрузки растительного сырья в автоклав к содержимому добавляли определенное количество суспензии оксида графена. Для развития пористой структуры биоуглей применялась щелочная активация карбонизированных образцов. Для этого материал смешивали с гидроксидом калия в различном соотношении (1:3 и 1:6), после чего загружали в реактор и помещали в муфельную печь. Активация проводилась при постоянной подаче аргона (скорость потока 1 л/мин) в 2 этапа путем нагревания и выдерживания образцов при 400 и 750 °С ступенчато в течение 1 часа при каждой из температур. После активации полученный материал промывали дистиллированной водой, в дальнейшем остатки щелочи нейтрализовали соляной кислотой, после чего материал повторно промывали дистиллятом и сушили при 100 °С [1].

В таблице 1 приведены параметры пористого пространства полученных сорбентов.

**Таблица 1 -Величина удельной поверхности и объем пор активированных углей из различного растительного сырья**

Образец	Параметры пористой структуры*		
	$S_{БЭТ}$ , м <sup>2</sup> /г	$S_{DFT}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{DFT}$ , см <sup>3</sup> /г
П/КОН(1:3)	2137,048	2037,930	1,003

П/ОГ/КОН(1:3)	1986,434	1594,801	1,052
П/КОН(1:6)	3244,298	2058,098	1,616
Рапс/КОН(1:6)	3193,770	1927,473	1,664
Соя/КОН(1:6)	1297,465	1102,136	0,663
ТМ/КОН(1:6)	3152,938	2017,343	1,653

\*  $S_{БЭТ}$  – удельная поверхность по БЭТ,  $m^2/g$ ;  $S_{DFT}$  – удельная поверхность по DFT,  $m^2/g$ ;  $V_{DFT}$  – удельный объем пор по DFT,  $cm^3/g$ .

Анализируя таблицу 1, следует отметить, что добавка оксида графена существенно не влияет на удельную поверхность и объем пор при рассмотрении образцов П/КОН(1:3) и П/ОГ/КОН(1:3). А вот количество щелочи существенно увеличивает параметры пористой структуры, делая эти материалы перспективными для адсорбции токсичных примесей, в особенности, органической природы

Для ГТК-материалов определена сорбционная способность по отношению к ионам тяжелых металлов  $Zn^{2+}$  и  $Pb^{2+}$ , а также молекулам синтетического органического красителя – метиленового синего (МС). Экспериментальные исследования проводились в ограниченном объеме в статическом режиме. Начальная концентрация модельного раствора ионов металла объемом 30 мл составляла 100 мг/л, МС – 1500 мг/л, вес сорбента – 0,01 г. Время сорбции – 60 мин. Полученные данные приведены таблице 2.

**Таблица 2 - Адсорбционная емкость активированных углей из различного растительного сырья**

Образец	Адсорбционная емкость, мг/г		
	$Zn^{2+}$	$Pb^{2+}$	МС
П/КОН(1:3)	28,6	92,04	1687,32
П/ОГ/КОН(1:3)	44,61	132,1	2301,2
П/КОН(1:6)	40,38	112,31	2265,84
Рапс/КОН(1:6)	20,16	116,24	2873,29
Соя/КОН(1:6)	19,21	64,29	1721,34
ТМ/КОН(1:6)	30,27	74,73	2685,27

Согласно таблице 2, степень активации оказывает существенное влияние на сорбцию ионов тяжелых металлов – сорбционная емкость материалов увеличивается в 1,2–1,5 раза. Введение ОГ также

целесообразно – сорбционная емкость в 1,5–1,6 раза выше в сравнении с активированным образцом без ОГ по отношению к ионам тяжелых металлов. Похожая тенденция наблюдается и при извлечении красителя МС, однако, отмечается, что введение ОГ не существенно влияет на сорбционную емкость АУ.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-20074, <https://rscf.ru/project/22-13-20074>.*

### **Список использованных источников**

1. Sorption kinetics of organic dyes methylene blue and malachite green on highly porous carbon material / A. N. K. Kadum, I. V. Burakova, E. S. Mkrtchyan [et al.] // Journal of Advanced Materials and Technologies. – 2023. – Vol. 8, No. 2. – P. 130-140. – DOI 10.17277/jamt.2023.02.pp.130-140.

2. Бураков А. Е., Кузнецова Т. С., Буракова И. В., Ананьева О. А., Мкртчян Э. С., Дьячкова Т. П., Ткачев А. Г. Гидротермальный синтез высокоэффективного углеродного сорбента на основе возобновляемых ресурсов // Жидк. крист. и их практич. использ. – 2023. – Т. 23, № 3. – С. 54–65.

УДК 662.639:612.398.193:633.11:631.84

**М.Ю. Белаш<sup>1</sup>, Е.В. Веприкова<sup>1</sup>, А.А. Соболев<sup>1</sup>,  
О.П.Таран<sup>1</sup>, А.Г. Липшин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии и химической технологии

<sup>2</sup>Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
Красноярск, Россия

### **РАЗРАБОТКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВОГО ИСПЫТАНИЯ БИОКОМПОЗИТНОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОРЫ СОСНЫ, СОДЕРЖАЩЕГО АММИАЧНУЮ СЕЛИТРУ**

***Аннотация.** Традиционным направлением утилизации отходов древесной коры является получение органоминеральных удобрений для сельского хозяйства. Большой интерес представляет получение удобрений, способных к медленному выделению питательных элементов в почву и обладающих эффектом пролонгированного действия [1].*