

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО УГЛЯ ИЗ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Е.А. Фарберова, Е.А. Тиньгаева, А.Д. Чучалина, А.Р. Кобелева, А.С. Максимов

Елена Абрамовна Фарберова, Елена Александровна Тиньгаева*, Андрей Сергеевич Максимов
Кафедра химии и биотехнологии, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Комсомольский проспект, 29, Пермь, Российская Федерация, 614990
E-mail: elenafarb@gmail.com, teengaeva@mail.ru*

Анна Дмитриевна Чучалина, Асия Рифовна Кобелева
Кафедра химических технологий, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Комсомольский проспект, 29, Пермь, Российская Федерация, 614990
E-mail: anniextt@mail.ru, kobelevaasya@mail.ru

В процессах производства сельскохозяйственной продукции накапливаются достаточно большие количества твердых отходов, которые содержат высокомолекулярные углеводороды, такие как лигнин, целлюлоза и т.д. Однако такие отходы редко используются для получения активных углей, и известны лишь технологии с их использованием по получению дробленных или порошкообразных сорбционных материалов. В промышленности для изготовления гранулированных активных углей в основном используются ископаемые каменные угли. В рамках данной работы проведены исследования по разработке метода получения гранулированных активных углей сферической формы на основе отходов растительного сырья, образующихся в сельскохозяйственных производствах. Процесс гранулирования сорбентов осуществляли методом жидкостного диспергирования композиции, содержащей пылевидные отходы растительного происхождения и связующее. В качестве растительного сырья использовали скорлупу грецкого ореха и арахиса, косточку абрикоса, лузгу гречихи, а для сравнения - пылевидный слабоспекающийся каменный уголь. В качестве связующего применяли новолачную фенолформальдегидную смолу. Для удаления летучих веществ растительное сырье подвергали предварительной термообработке без доступа воздуха в муфельной печи при оптимальной температуре, определенной термогравиметрическим методом. Измельченный углеродный материал смешивали со связующим компонентом в массовом соотношении 1:5 и полученную композицию распыляли в раствор серной кислоты с концентрацией 30-35% для отверждения гранул. Полученные гранулы выдерживали в растворе кислоты в течение 24-30 ч, сферические гранулы отделяли от жидкости, промывали дистиллированной водой до pH 5-6 и сушили сначала на воздухе, затем подвергали термообработке при высоких температурах. В результате проведенных исследований показана возможность регулирования характеристик пористой структуры сферических гранулированных активных углей в зависимости от используемого растительного сырья.

Ключевые слова: гранулированный активный уголь, гранулы сферической формы, сырье растительного происхождения, жидкостная грануляция, пористая структура, карбонизация, активация

OBTAINING GRANULATED ACTIVE CARBON FROM WASTES OF VEGETABLE RAW MATERIALS

E.A. Farberova, E.A. Tingaeva, A.D. Chuchalina, A.R. Kobeleva, A.S. Maximov

Elena A. Farberova, Elena A. Tingaeva *, Andrei S. Maximov

Department of Chemistry and Biotechnology, Perm National Research Polytechnic University, Komsomolskiy ave., 29, Perm, 614990, Russia

E-mail: elenafarb@gmail.com, teengaeva@mail.ru *

Anna D. Chuchalina, Asiya R. Kobeleva

Department of Chemical Technologies, Perm National Research Polytechnic University, Komsomolskiy ave., 29, Perm, 614990, Russia

E-mail: anniextt@mail.ru, kobelevaasya@mail.ru

In the processes of agricultural products production a sufficiently large amount of solid wastes which contain high molecular weight hydrocarbons such as lignin, cellulose, etc. is accumulated. However, such wastes are rarely used to produce active carbons, and only technologies with their use for obtaining crushed or powdered sorption materials are known. In the industrial production of granular activated carbon the fossil coals are mainly used. In this work, research was conducted on the development of methods for producing granulated active carbon of spherical form. And the characteristics of their porous structure were studied. The process of granulation of the spherical shape of sorbents was carried out by liquid dispersing composition containing pulverized wastes of vegetable origin and a binder. As plant materials we used walnut shells and peanuts, apricot seed, buckwheat husk, and for comparison, the dust caking coal of SSOM brand. As a binder a phenol formaldehyde resin was used. To remove volatile substances of plant the raw material was subjected to preliminary heat treatment without access of air in a muffle furnace at optimum temperature which was determined by thermogravimetry. Crushed carbon material was mixed with a binder component in a weight ratio of 1:5 and was sprayed into a solution of sulfuric acid with a concentration of 30-35% for the curing of the pellets. The obtained pellets were soaked in acid solution for 24-30 h, were separated from the liquid, were washed with distilled water to pH = 5-6, and were dried first in air and were subjected to heat treatment. The result of the research shows the possibility of regulation of characteristics of the porous structure of the spherical granular activated carbon depending on the plant material. The resulting spherical granules of activated carbon have developed system of micro - and mesopores. Depending on the type of plant waste the received active carbon has a radius of micropores in the range of (0.527-0.635) nm and maximum sorption volume varied from 0.46 to 0.71 cm³/g.

Key words: granulated activated carbon, spherical shape granules, plant origin raw material, liquid granulation, porous structure, carbonization, activation

Для цитирования:

Фарберова Е.А., Тингаева Е.А., Чучалина А.Д., Кобелева А.Р., Максимов А.С. Получение гранулированного активного угля из отходов растительного сырья. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология.* 2018. Т. 61. Вып. 3. С. 51–57

For citation:

Farberova E.A., Tingaeva E.A., Chuchalina A.D., Kobeleva A.R., Maximov A.S. Obtaining granulated active carbon from wastes of vegetable raw materials. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 3. P. 51–57

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что свойства активных углей (АУ) определяются свойствами исходного сырья и технологическими условиями их получения. При этом основополагающее значение имеет характер

пористой структуры, форма гранул, их механическая прочность и содержание посторонних примесей [1-3]. Эти свойства зависят как от природы исходного сырья, так и от технологических факторов получения активного угля.

Для промышленного производства активных углей чаще всего используют древесину, каменный уголь, бурый уголь, торф, скорлупу кокосовых орехов, причем до 70% сырьевой базы составляют ископаемые угли, преимущества которых заключаются в высокой степени углефикации, высокой пористости, больших запасах и относительно низкой стоимости [4]. Тем не менее, в качестве перспективного сырья для получения активных углей могут быть рассмотрены продукты переработки древесины, торф, различные отходы растительного происхождения [1, 5-10].

Возможность создания широкого ассортимента углеродных адсорбентов для решения природоохранных проблем существенно облегчена наличием разнообразных видов углеродсодержащего сырья, представленного растительными отходами сельскохозяйственного происхождения (скорлупой ряда орехов, косточками отдельных фруктов, лузгой и шелухой некоторых злаков). Очевидно, что эти отходы являются наиболее дешевым и экологически чистым видом сырья по сравнению с искусственными полимерами и ископаемыми углями.

В работах М.А. Передерий [5] и Г.Б. Камбарово́й [6] проведено комплексное исследование косточки маслин и скорлупы грецких орехов как сырья для переработки в углеродные сорбенты. В работах [7,8] рассмотрены способы получения сорбентов из косточек плодов. В работе [9] авторами разработаны технологии получения АУ из многотоннажных растительных отходов сельскохозяйственного производства: соломы, шелухи, лузги, продуктов гидролиза кочерыжек кукурузы. В качестве растительного сырья для получения активных углей предложены также шелуха гречихи, лузга подсолнечника, отходы ячменя [9-10]. Однако все известные разработки направлены на получение порошкообразных или дробленых активных углей (ДАУ) из отходов растительного происхождения. Активные угли, дробленные и порошкообразные, имеют ограниченное применение и обладают рядом недостатков. Они не могут быть регенерированы, а, следовательно, исключается их многократное применение, кроме того, при их эксплуатации наблюдается пылевыделение.

Формование углеродсодержащих композиций в гранулы обеспечивает узкий гранулометрический состав и стабильные прочностные характеристики готового гранулированного активного угля (ГАУ). В различных технологиях получения ГАУ в зависимости от видов сырья и назначения готового продукта применяют четыре основных

вида формования: брикетирование, экструзию, окатывание и жидкостную грануляцию [11].

Целью настоящего исследования является разработка метода утилизации растительных отходов с получением целевого продукта – гранулированных активных углей сферической формы с развитой микропористой структурой.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве углеродсодержащего сырья для получения ГАУ сферической формы использовали отходы растительного сырья сельскохозяйственного производства, а также, для сравнения, каменный уголь марки ССОМ Бачатского разреза. Отходы растительного происхождения: лузга гречихи, скорлупа арахиса и грецкого орехов, косточка абрикоса, а также каменный уголь марки ССОМ – подвергались предварительной термообработке без доступа воздуха в муфельной печи при температурах, соответствующих максимальному выходу летучих веществ, в течение 4–6 ч. После размола и просеивания через сито № 025 пылеобразный углеродный материал смешивали со связующим в массовом соотношении 1:5 и диспергировали в раствор серной кислоты для отверждения. При получении образцов на основе лузги гречихи массовое соотношение угольной пыли и связующего в композиции изменяли в пределах 1:10-1:2.

Были проведены исследования влияния концентрации раствора серной кислоты на прочность получаемого гранулята. Концентрацию кислоты изменяли в интервале 15–40%. При концентрации менее 30% полученные гранулы после карбонизации имели низкую прочность и рассыпались при малейшей нагрузке. В работе [12] проведены термогравиметрические исследования образцов ФФС, полученных диспергированием в растворы серной кислоты с концентрацией 15–30%. Установлено, что потери массы при температурах 320–390 °С, при которых в дальнейшем осуществляется сушка гранулята, наименьшие для гранул, полученных диспергированием в 30 % серную кислоту. Поскольку скорость реакции поликонденсации фенола с формальдегидом пропорциональна концентрации ионов водорода, отверждение полимера быстрее происходит в 30 % серной кислоте. Увеличение концентрации до 35% и выше не влияет на качество получаемого гранулята и приводит к неоправданному перерасходу кислоты и увеличению количества сточных вод при промывке гранулята. Оптимальная концентрация раствора серной кислоты составляет 30–35%, поэтому дальнейшие исследования проводились с использованием раствора данной концентрации. Полученные гранулы

сферической формы размером 0,5–3,0 мм выдерживали в растворе кислоты в течение 24–30 ч, после чего отделяли от жидкости и промывали дистиллированной водой до pH 5–6. Промытые гранулы сушили сначала на воздухе, затем в печи в атмосфере собственных газов при постепенном повышении температуры от 100 °С до 300 °С в течение 3 ч.

С целью формирования пористой структуры термическое модифицирование сферических гранул проводили в две стадии: карбонизация в атмосфере углекислого газа при температуре (500±50) °С в течение 1 ч и активация в атмосфере углекислого газа при температуре (800±50) °С в течение 1 ч. В процессе карбонизации фиксировали выход карбонизата и измеряли истинную и кажущуюся плотности полупродуктов. Термогравиметрические исследования проводили на приборе синхронного термического анализа STA 449C *Jupiter* в инертной среде в диапазоне температур (25–1000) °С при скорости нагрева 10 °С/мин.

Анализ параметров пористой структуры углеродных сорбентов проводился с использованием быстродействующего анализатора сорбции газов

NOVA-1200e методом снятия изотермы адсорбции азота при температуре 77 К.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ содержания и состава зольных компонентов в образцах исследуемых материалов показал, что общее содержание зольных компонентов в исследуемых образцах сырья находится в пределах 1,4–3,8 мас. %. При этом наиболее зольным является образец каменного угля. В состав минеральной составляющей растительного сырья в основном входят соединения щелочных и щелочноземельных элементов: натрия, калия, кальция и магния. Зола образца каменного угля ССОМ включает значительное количество соединений алюминия, железа, кальция.

С целью определения интервалов температур максимального выхода летучих веществ, для всех углеродсодержащих материалов проведены термогравиметрические исследования, на основании которых определены условия предварительного термического модифицирования исследуемого сырья (табл. 1).

Таблица 1

Интервалы температур максимальной потери массы материала
Table 1. The temperature ranges of maximum weight loss of material

Характеристика теплового эффекта	Скорлупа грецкого ореха	Скорлупа косточки абрикоса	Лузга гречихи	Скорлупа арахиса	ССОМ Бачатский разрез
$T_{\text{начальная}}$ (экзоэффект)	325	I - 212 II - 328	324	177	409
T_{max}	365	I - 297 II - 358	356	296	485
$T_{\text{конечная}}$	381	I - 328 II - 412	368	380	603
	25,86	I - 26,98 II - 27,47	24,55	51,47	7,62
Суммарная потеря массы, %	75,57	73,30	66,70	64,46	21,25

Предварительная первичная термообработка исходного углеродсодержащего материала обеспечивает удаление основной массы летучих веществ.

Известно, что развитие пористой структуры при карбонизации углеродсодержащих материалов в определенной мере зависит от конечной температуры термообработки и темпа нагрева до конечной температуры, но преобладающее значение имеет исходное сырье, которое задает объем микропор в см³/г и распределение объемов пор различных разновидностей по их размерам. Удаление основной доли летучих веществ при предварительной термообработке растительного сырья приводит к формированию первичной микропористости

углеродного материала, как было показано на примере фруктовой косточки [8]. Кроме того, предварительное удаление основной массы летучих веществ обеспечивает мягкое протекание процесса карбонизации гранул без нарушения их целостности.

Наибольший выход летучих веществ при предварительной термообработке наблюдается для образцов, обладающих наиболее плотной волокнистой структурой, таких как скорлупа грецкого ореха и косточка абрикоса, и составляет 73–75%. Для образцов лузги гречихи и скорлупы арахиса выход летучих веществ находится в пределах 64–67%. Наименьшим выходом летучих веществ характеризуются каменный уголь ССОМ (22%).

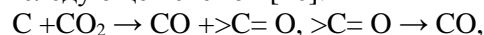
На последующей стадии сформованные гранулы вновь подвергаются карбонизации, в результате чего, по-видимому, происходят топохимические превращения, и формируется структура углеродного скелета. Фенолформальдегидная смола, использованная в работе в качестве связующего, представляют собой трехмерный полимер с густой сеткой.

Исследованию процессов пиролиза фенолформальдегидных смол посвящен целый ряд работ. В работах [13,14] представлены результаты исследования процесса пиролиза фенолформальдегидной смолы (ФФС). Пиролиз проводили в интервале температур 360–1200 °С. Показано, что в результате пиролиза в неокислительной среде происходит карбонизация остатка, причем с увеличением температуры возрастает выход карбонизата.

Наибольший выход полупродукта на стадии карбонизации гранул наблюдается при использовании каменного угля, как исходного (72,50%), так и предварительно прошедшего термообработку (74,43%). При использовании лузги гречихи выход карбонизата составил от 43,91% до 55,50% в зависимости от ее содержания в композиции. Выход карбонизата при использовании скорлупы грецкого ореха и косточки абрикоса занимает промежуточное значение и составляет 65,64% и 60,08% соответственно. Низкое значение имеет выход полупродукта при использовании скорлупы арахиса (56,02%), а также при карбонизации гранул, полученных из фенолформальдегидной смолы без наполнителя (53,47%). На основании результатов измерения истинной и кажущейся плотностей рассчитана пористость полученных карбонизатов. Наибольшая пористость при карбонизации (0,8046) развивается при соотношении компонентов в ком-

позиции 1:10 лузги гречихи 1:5 – термообработанной скорлупы грецкого ореха (0,7287). Увеличение содержания лузги в композиции приводит к уменьшению пористости карбонизата. Самой низкой пористостью (0,5635–0,5665) обладал карбонизат, включающий пыль каменного угля. Далее карбонизованные полупродукты подвергали активации в атмосфере диоксида углерода при температуре 850 °С в течение 1 ч.

Активация карбонизованных углеродсодержащих материалов связана с беспорядочной окислительной атакой активирующего агента (углекислого газа) на индивидуальные углеродные плоские слои. В начальный период взаимодействие окислителя происходит на периферийных краевых участках плоских слоев, содержащих активные функциональные группы, гетероатомы или радикалы [1]. При этом взаимодействии, которое, очевидно, приводит к уменьшению стягивания плоских слоев на периферии, происходит резкий рост объема доступных пор [15]. Механизм процесса активации диоксидом углерода может быть представлен следующей схемой [16]:



где $>C=O$ функциональная группа на поверхности активного угля.

Выход продукта на стадии активации для всех образцов находится в пределах 64,49–79,96%. Степень усадки гранул при активации незначительна. Общая пористость полученных активированных гранул несколько возрастает и достигает значений 0,6438–0,8033 в зависимости от вида сырья.

В табл. 2 приведены характеристики пористой структуры и рассчитана доля разных видов пор в общем объеме пор активного угля.

Таблица 2

Характеристики пористой структуры активных углей
Table 2. The characteristics of the porous structure of activated carbons

Материал	V_{Σ} , см ³ /г	W_0 , см ³ /г	$V_{\text{мн}}$, см ³ /г	$V_{\text{ме}}$, см ³ /г	$V_{\text{ма}}$, см ³ /г	E , кДж/моль
Лузга гречихи	1,33	0,51	0,3118	0,2144	0,8256	26,742
	1,33	0,72	0,3499	0,4239	0,6149	23,107
	1,29	0,58	0,3735	0,2559	0,7032	22,998
Грецкий орех	1,98	0,53	0,3677	0,2078	1,444	20,424
Скорлупа арахиса	1,23	0,47	0,3184	0,1715	0,7669	25,277
Косточка абрикоса	1,50	0,67	0,4297	0,2649	0,8241	24,686
ССОМ	0,95	0,43	0,2457	0,1965	0,5263	21,833
ССОМ, карбонизованный	0,90	0,38	0,2463	0,1433	0,5207	20,014

Суммарный объем пор активных углей, полученных из растительных видов сырья, находится в диапазоне 1,97–1,23 см³/г. Суммарный объем пор активных углей, полученных с использованием каменного угля составляет 0,89–0,95 см³/г. Величина предельного объема адсорбционного пространства

(W_0) получаемых АУ в процессе активации возрастает незначительно, за исключением АУ из косточки абрикоса, для которого значение W_0 возрастает примерно в 2 раза за счет увеличения объема микропор (рис. 1а). Мезопоры при активации карбонизатов практически не развиваются, а для

карбонизатов из лузги гречихи, скорлупы арахиса и каменного угля наблюдается даже уменьшение объема этой разновидности пор (рис. 1б). При активации карбонизатов из косточки абрикоса, лузги гречихи и каменного угля отмечается снижение количества макропор (табл. 2).

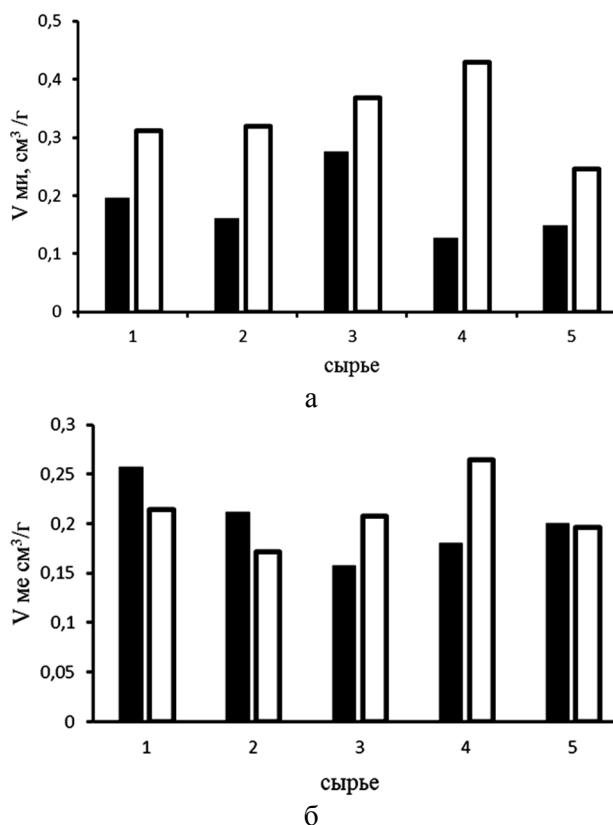


Рис. 1. Изменение объема микропор (а) и мезопор (б) АУ в процессе активации карбонизата: 1 – лузга гречихи; 2 – скорлупа арахиса; 3 – скорлупа грецкого ореха; 4 – фруктовая косточка; 5 – каменный уголь ССОМ. Карбонизат обозначен черным цветом, активированный уголь – белым

Fig. 1. The change in micro-pore volume (a) and meso-pore (b) of AC at activation of the hydrocarbon: 1 – buckwheat husk; 2 – shell peanuts; 3 – walnut shell; 4 – fruit seed; 5 – coal SSOM. Carbonizate is designated in black, the activated carbon – in white

На рис. 2 представлена диаграмма распределения пор в активных углях, полученных из различных видов сырья.

Более развитой микро- и мезопористой структурой обладает активный уголь, полученный из косточки абрикоса. Уголь, полученный из скорлупы грецкого ореха, имеет развитую систему макропор.

На примере лузги гречихи показано влияние содержания углеродной пыли на характеристики пористой структуры получаемого АУ. С увеличением доли лузги в АУ объемы микро- и макропор возрастают, объем мезопор изменяется, проходя через максимум (рис. 3). Результаты прове-

денных исследований показали возможность получения гранулированных активных углей сферической формы, обладающих развитой системой микро- и мезопор, формирование которых уже начинается на стадии карбонизации. Средний радиус микропор в активных углях сферической формы не зависимо от сырья изменяется в интервале 0,527–0,635 нм. При увеличении содержания лузги гречихи в композиции от соотношения 1:10 до 1:2 г в пробе, радиус микропор возрастает от 0,490 до 0,724 нм.

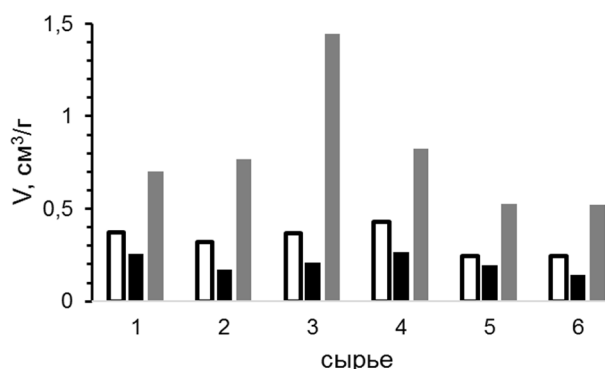


Рис. 2. Изменение объемов различных типов пор в образцах АУ из различных видов сырья: 1 – лузга гречихи; 2 – скорлупа арахиса; 3 – скорлупа грецкого ореха; 4 – фруктовая косточка; 5 – каменный уголь ССОМ; 6 – карбонизованный ССОМ. Микропоры обозначены белым, мезопоры – черным, макропоры – серым цветом

Fig. 2. The change in volumes of different types of pores for the samples of AC from various types of raw materials: 1–buckwheat husk; 2–shell peanuts; 3 – walnut shell; 4 – fruit seed; 5 – stone coal SSOM; 6 – carbonized SSOM. Micropores are designated in white, mesopores – in black, macropores – in gray

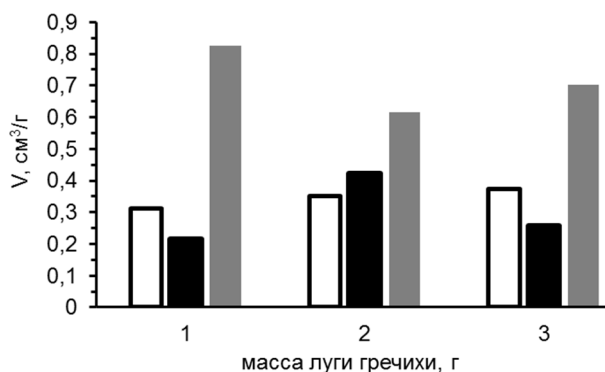


Рис. 3. Влияние содержания лузги гречихи в композиции на пористость АУ. Микропоры обозначены белым, мезопоры – черным, макропоры – серым цветом

Fig. 3. The influence of the content of buckwheat husk in a composition on the porosity of the AC. Micropores are designated in white, mesopores – in black, macropores – in gray

ВЫВОДЫ

Изучены термические свойства скорлупы фруктовой косточки (абрикоса), скорлупы арахиса и грецкого ореха, лузги гречихи. Определены оптимальные режимы процесса карбонизации для каждого вида сырья.

Разработан метод синтеза сферических гранул жидкостной грануляцией. Определена оптимальная концентрация раствора серной кислоты (30–35%), используемого при грануляции.

Показано, что выбор сырья в качестве основы для получения сферических ГАУ позволяет

регулировать характер пористой структуры АУ. В зависимости от углеродсодержащего сырья образцы полученных активных углей характеризуются суммарным объемом пор 1,2–1,9 см³/г и предельным объемом сорбционного пространства 0,46–0,71 см³/г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клущин В.Н. Активные угли России. М.: Металлургия. 2000. 352 с.
2. Суринова С.И., Малышенко В.С. Получение медицинских адсорбентов из ископаемых углей. Химия твердого топлива. 1996. № 4. С. 39-43.
3. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН. 1999. 470 с.
4. Осокин В.М., Сомин В.А. Исследования по получению новых сорбентов из растительного сырья для очистки воды. *Ползуновский вестн.* 2013. № 1. С. 280-282.
5. Передерий М. А., Носкова Ю.А., Карасева М.С, Коновалов П.Н. Новые углеродные сорбенты. *Химия твердого топлива.* 2009. № 6. С. 36-46.
6. Камбарова Г.Б., Сарымсаков Ш. Получение активного угля из скорлупы грецкого ореха. *Химия твердого топлива.* 2008. № 3. С. 42-46.
7. Голубев В.П., Мухин В.М., Тамамьян А.Н., Зубова И.Д., Максимов Ю.И., Макеева А.Н., Крайнова О.Л., Лейф В.Э. Патент РФ № 2111923. 1998.
8. Фарберова Е.А., Олонцев В.Ф., Тиньяева Е.А. Исследование условий получения активных углей медицинского назначения из косточек плодов. *Бутлер. сообщ.* 2016. Т. 47. № 8. С. 73-79.
9. Мухин В.М., Курилкин А.А., Воропаева Н.Л., Гурьянов В.В., Карпачев В.В., Лексюкова К.В. Получение активных углей из первичных отходов сельскохозяйственных культур и перспективы их применения. *Усп. в химии и хим. технологии.* 2015. Т. XXIX. № 8. С. 96-98.
10. Дудник А.Н., Стрижак П.Е., Соколовская И.С., Трипольский А.И., Калишин Е.Ю., Донец В.В. Изучение процесса карбонизации лузги подсолнечника. Сб. науч. ст. «Современная наука». 2011. № 3. С. 74-78.
11. Соловей В.Н., Самонин В.В., Спиридонова Е.А., Хрылова Е.Д. Применение жидкостной грануляции для получения углеродных сорбентов сферической формы (обзор). *Изв. Санкт-Петербург. гос. технолог. ин-та (техн. ун-та).* 2015. № 31(57). С. 84-88.
12. Фарберова Е.А., Тиньяева Е.А., Чиркова Н.А., Чучалина А.Д. Сферические углеродные сорбенты на основе полимерных материалов. *Науч.-техн. вестн. Поволжья.* 2015. № 2. С. 44-47.
13. Журавлева Т.А., Лапина Н.А., Максимова И.А. Термический анализ фенолформальдегидных смол. *Конструкционные материалы на основе графита.* 1972. № 7. С. 116-121.
14. Фарберова Е.А., Тиньяева Е.А., Максимов А.С. Синтез активных углей с однородной пористой структурой. *Журн. приклад. химии.* 2015. Т. 88. № 4. С. 546-552.
15. Олонцев В.Ф., Олонцев В.В. Активные угли: (получение и применение). Пермь: Перм. ЦНТИ. 2005. 88 с.
16. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. Л.: Химия. 1984. 216 с.

REFERENCES

1. Mukhin V.M., Tarasov A.V., Klushin V.N. Active carbons of Russia. M.: Metallurgy. 2000. 352 p. (in Russian).
2. Surinova S.I., Malyschenko V.S. Medical adsorbents obtaining from fossil fuels. *Khimiya Tverdogo Topliva.* 1996. N 4. P. 39-43 (in Russian).
3. Karnaukhov A.P. Adsorption. Texture of disperse and porous materials. Novosibirsk: Nauka. Sib. Predpriyatie. 1999. 470 p. (in Russian).
4. Osokin V.M., Somin V.A. Studies on the preparation of new sorbents from vegetable raw materials for water purification. *Polzunovskiy Vestn.* 2013. N 1. P. 280-282 (in Russian).
5. Perederiy M.A., Noskova Yu.A., Karaseva M., Konovalev P.N. Novel carbon sorbents. *Khimiya Tverdogo Topliva.* 2009. N 6. P. 36-46 (in Russian).
6. Kambarova G.B., Sarymsakov S. The preparation of active carbon from walnut shell. *Khimiya Tverdogo Topliva.* 2008. N 3. P. 42-46 (in Russian).
7. Golubev V.P., Mukhin V.M., Tamanyan A.N., Zubova I.D., Maksimov Yu.I., Makeeva A.N., Kraiynova O.L., Leif V.E. RF Patent. N 2111923. 1998 (in Russian).
8. Farberova E.A., Olontsev V.F., Tingaeva E.A. Study of the conditions of obtaining the active carbon for medical purposes from the kernels of the fruit. *Butler. Soobshch.* 2016. V. 47. N 8. P. 73-79 (in Russian).
9. Mukhin V.M., Kurilkin A.A., Voropaeva N.L., Gur'yanov V.V., Karpachev V.V., Leksyukova K.V. Preparation of active carbons from waste, the primary agricultural crops and prospects of their application. *Usp. Khim. Khim. Tekhnol.* 2015. V. XXIX. N 8. P. 96-98 (in Russian).
10. Dudnik A.N., Strizhak P.E., Sokolovskaya I.S., Tripolsky A.I., Kalishin E.Yu., Donetsk V.V. Study of the carbonization of sunflower husk. Collection of scientific papers "Modern science". 2011. N 3. P. 74-78 (in Russian).
11. Soloveiy V.N., Samonin V.V., Spiridonova E.A., Khrylova E.D. The use of liquid granulation to obtain carbon sorbents of spherical shape (review). *Izv. Sankt-Peterburg. Gos. Tekhnol. In-t (tekh. un-t).* 2015. N 31 (57). P. 84-88 (in Russian).
12. Farberova E.A., Tingaeva E.A., Chirkova N.A., Chuchalina A.D. Spherical carbon sorbents on the basis of polymeric materials. *Nauch.-Tekhn. Vestn. Povolzh'ya.* 2015. N 2. P. 44-47. (in Russian).
13. Zhuravleva T.A., Lapina N.A., Maximova I.A. Thermal analysis of phenol-formaldehyde resins. *Konstruktivnye Materialy na Osnove Grafita.* 1972. N 7. P.116-121 (in Russian).
14. Farberova E.A., Tingaeva E.A., Maksimov A.S. Synthesis of active carbons with a homogeneous porous structure. *Zhurn. Priklad. Khim.* 2015. V. 88. N 4. P. 546-552 (in Russian).
15. Olontsev V.F., Olontsev V.V. Active carbons: (production and use). Perm: Perm. CNTI. 2005. 88 p. (in Russian).
16. Kinle H., Bader E. Active carbon and their industrial application. L.: Khimiya. 1984. 216 p. (in Russian).

Поступила в редакцию (Received) 19.09.2017

Принята к опубликованию (Accepted) 11.01.2018