

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**4 (68)**

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ 2019 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2019

Н. О. АППАЗОВ<sup>1</sup>, Б. М. БАЗАРБАЕВ<sup>1</sup>, Б. М. ДИЯРОВА<sup>2</sup>,  
О. С. ЛЫГИНА<sup>3</sup>, А. Т. ШУРАГАЗИЕВА<sup>1</sup>, Н. И. АКЫЛБЕКОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата,  
Кызылорда, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный женский педагогический университет,  
Алматы, Республика Казахстан,

<sup>3</sup>Новый университет Лиссабона, Лиссабон, Португалия

## ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ СО-ТЕРМОЛИЗОМ РИСОВОЙ СОЛОМЫ И НЕФТЕШЛАМА

**Аннотация.** Предлагается способ получения активированного угля со-термолизом рисовой соломы и нефтешлама. Со-термолиз рисовой соломы и нефтешлама проводили в трубчатой печи, изготовленной из нержавеющей стали высотой 250 мм и внутренним диаметром 25 мм. В печь помещают смесь из 9 г рисовой соломы и 1 г нефтешлама, карбонизацию проводят при температурах 350-500°C. Активацию карбонизата проводили парами воды при соотношениях 1-4:1 и при температурах 750-900°C. Микроструктуру полученного активированного угля изучали сканирующим растровым электронным микроскопом. Оптимальным условием получения активированного угля со-термолизом рисовой соломы и нефтешлама является температура карбонизации 500°C с продолжительностью 100 мин, активации карбонизата при температуре 850°C и при соотношении вода:карбонизат = 2:1. Адсорбционная активность по йоду составляет 94,03%. Полученный продукт соответствует активированным углям марки БАУ-МФ, БАУ-А и БАУ-Ац.

**Ключевые слова:** со-термолиз, активация, рисовая солома, нефтешлам, активированный уголь.

**Введение.** Активированный уголь находит широкое практическое применение в очистке воздуха и газов, в обесцвечивании и очистки жидкостей и растворов, в водоподготовке, в качестве катализаторов и носителей катализаторов, в медицине, в табачном производстве и т.д. [1].

Известен способ получения активированного угля из рисовой шелухи, карбонизацию рисовой шелухи проводят при температуре 350-400°C в течение 60 мин, активацию полученного углеродного материала проводят углекислым газом при температуре 850-900°C в течение 180 мин [3]. Авторами [2] получен активированный уголь из спеккокса на основе каменного угля марки «Д» Шубаркольского месторождения, который предварительно измельчают до фракции 1,5-4 мм, а активацию проводят при температуре 850-950°C. Имеются труды по совместной переработке бытовых отходов с целью получения активированного угля с высокими адсорбционными характеристиками, так авторами получен активированный уголь из синтезированного одностадийным и двухстадийным совместным со-пиролизом из муниципального шлама и скорлупы кокосового ореха [4]. Показано, что двухстадийный со-пиролиз улучшает адсорбционные возмож-

ности активированного угля, благодаря чему достигается лучшая экономическая ценность отходов.

Ранее нами был получен активированный уголь из рисовой соломы и шелухи [5], а также совместной переработкой рисовой шелухи и нефтешлама [6].

При проведении со-термолиза используются многокомпонентные смеси или композиты, различных по своей природе органических материалов с целью получения синергизма термолиза компонентов и, соответственно, улучшения выхода и селективности вторичных продуктов. Процессы сокарбонизации смесей техногенного сырья и природных углеродных материалов с целью получения твердых пористых сорбентов относительно новая и малоизученная область применения со-термолиза к задачам переработки органического сырья.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Рисовая солома была измельчена до порошкового состояния на лабораторной мельнице.

Со-термолиз смеси рисовой соломы и нефтешлама проводили в трубчатой печи, изготовленной из нержавеющей стали высотой 250 мм и внутренним диаметром 25 мм. В печь помещают смесь из 9 г рисовой соломы и 1 г нефтешлама (оптимальное соотношение согласно работе [6]), карбонизацию проводили при температурах 350-500°C. Затем с нижней части трубчатой печи подключается сосуд для подачи пара воды при температуре 750-900°C.

Поверхность полученного активированного угля изучали на растровом сканирующем электронном микроскопе JSM-6510 LV фирмы JEOL (Япония).

Свойства полученных активированных углей (адсорбционная активность по йоду, суммарный объем пор по воде, массовая доля влаги, насыпная плотность) определяли по известной методике [7-10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Со-термолиз смеси рисовой соломы и нефтешлама проводили со скоростью подъема температуры 10°C в минуту до необходимой температуры (350-500°C) и выдерживали при данных температурах 50-150 мин. Выход карбонизата при со-термолизе в различных условиях составляет 27,9-32,5%. Активацию карбонизата проводили парами воды с расходами воды на массу карбонизата 1-4:1 при температурах 750-900°C. Выход активированного угля составляет 20,0-29,0% от массы взятой смеси соломы и нефтешлама.

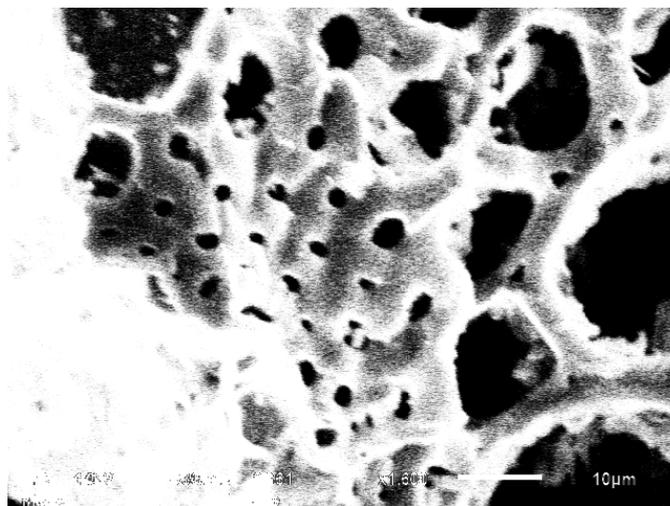
Оптимальным условием получения активированного угля со-термолизом рисовой соломы и нефтешлама является температура карбонизации 500°C с продолжительностью 100 мин, активации карбонизата при темпе-

ратуре 850°С и при соотношении вода:карбонизат = 2:1. Адсорбционная активность по йоду полученного таким способом активированного угля составляет 94,03% (таблица).

Выход и физико-химические параметры полученного активированного угля показаны в таблице.

Со-термолиз рисовой соломы и нефтешлама

Наименование показателя	Результаты экспериментальных исследований										
	500	350	400	450	500	500	500	500	500	500	500
Температура карбонизации, °С	500	350	400	450	500	500	500	500	500	500	500
Продолжительность карбонизации, мин	100	100	100	100	100	100	50	150	100	100	100
Выход карбонизата, мас. %	31,1	32,5	31,6	30,8	31,1	31,1	31,6	27,9	31,1	31,1	31,1
Температура активации карбонизата, °С	850	800	800	800	750	900	850	850	850	850	850
Соотношение вода:карбонизат	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	2:1	3:1	4:1	1:1
Выход активированного угля, мас. %	22,1	25,2	24,6	27,3	28,3	24,0	22,4	20,0	25,3	25,0	29,0
Адсорбционная активность по йоду, %	94,03	60,97	51,84	49,29	73,34	92,71	45,58	42,24	31,75	35,56	30,47
Суммарный объем пор по воде, см <sup>3</sup> /г	2,12	1,43	1,99	0,98	1,93	1,35	0,94	1,51	1,09	1,13	2,20
Массовая доля влаги, %	0,06	0,52	0,85	0,41	0,58	1,26	7,20	0,32	1,68	1,09	2,33
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	144,7	154,0	142,4	141,9	143,2	168,0	167,3	149,9	117,7	124,3	114,9



Микрофотография активированного угля  
полученной со-термолизом рисовой соломы и нефтешлама

**Выводы.** По результатам экспериментальных исследований, полученный продукт при совместной переработке рисовой соломы и нефтешлама в соотношениях 9:1, при температуре карбонизации 500°C с продолжительностью 100 мин, при температуре активации 850°C в соотношении вода:карбонизат = 2:1 (самый оптимальный), соответствует активированным углям марки БАУ-МФ, БАУ-А и БАУ-Ац (ГОСТ 6217-74. Уголь активный древесный дробленый).

*Работа выполнена при поддержке Комитета науки МОН РК за счет грантового финансирования AP05134356.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
- [2] Мансуров З.А., Акназаров С.Х., Бийсенбаев М.А., Тулейбаева А.С., Нуралы А.М., Бексейтова К.С., Павлюков А.В. Патент на полезную модель №2348. Энтеросорбент. Промышл. собственность. Офиц. бюлл. – 15.09.2017. – № 17.
- [3] Наурызбаев М.К., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В., Акбаев Т.А., Ким С.П., Коршенко В.С. Патент на полезную модель №1459. Способ получения активированного угля. Промышл. собственность. Офиц. бюлл. – 16.05.2016. – № 5.
- [4] Bing Yang, Yucheng Liu, Qingling Liang, Mingyan Chen, Lili Ma, Lingli Li, Qian Liu, Wenwen Tu, Dawei Lan, Yuanyuan Chen. Evaluation of activated carbon synthesized by one-stage and two-stage co-pyrolysis from sludge and coconut shell // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2019. – Vol. 170. – P. 722-731. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.130.
- [5] Аппазов Н.О., Жусупбек У.А., Турманов Р.А., Любчик С.Б., Любчик А.И., Любчик С.И., Лыгина О.С., Байназарова С.Р., Базарбаев Б.М. Патент на полезную модель №3892.

Способ получения активированного угля из рисовой соломы и шелухи. Промышл. собственность. Офиц. бюлл. – 19.04.2019. – № 16.

[6] Аппазов Н.О., Турманов Р.А., Байназарова С.Р., Диярова Б.М., Шурагазиева А.Т., Джиембаев Б.Ж., Лыгина О.С., Любчик А.И., Курманбаев Р.Х. Патент на полезную модель №3821. Способ получения активированного угля из рисовой шелухи и нефтешлама. Промышл. собственность. Офиц. бюлл. – 05.04.2019. – № 14.

[7] ГОСТ 6217. Уголь активный древесный дробленый. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.

[8] ГОСТ 17219. Угли активные. Метод определения суммарного объема пор по воде. – М.: Издательство стандартов, 1988.

[9] ГОСТ 12597. Сорбенты. Метод определения массовой доли воды в активных углях и катализаторах на их основе. – М.: Издательство стандартов, 1989.

[10] ГОСТ 16190. Сорбенты. Метод определения насыпной плотности. – М.: Издательство стандартов, 1970.

## REFERENCES

- [1] Kinle H., Bader Je. Aktivnye ugli i ih promyshlennoe primenenie. L.: Himija, 1984. 216 p.
- [2] Mansurov Z.A., Aknazarov S.H., Bijsenbaev M.A., Tulejbaeva A.S., Nuraly A.M., Beksej-tova K.S., Pavljukov A.V. Patent na poleznuju model' №2348. Jenterosorbent. Promyshl. sobstvennost'. Ofic. bjull. 15.09.2017. № 17.
- [3] Nauryzbaev M.K., Efremov S.A., Nechipurenko S.V., Akbaev T.A., Kim S.P., Korshenko V.S. Patent na poleznuju model' №1459. Sposob poluchenija aktivirovannogo uglja. Promyshl. sobstvennost'. Ofic. bjull. 16.05.2016. № 5.
- [4] Bing Yang, Yucheng Liu, Qingling Liang, Mingyan Chen, Lili Ma, Lingli Li, Qian Liu, Wenwen Tu, Dawei Lan, Yuanyuan Chen. Evaluation of activated carbon synthesized by one-stage and two-stage co-pyrolysis from sludge and coconut shell // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. Vol. 170. P. 722-731. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.130.
- [5] Appazov N.O., Zhusupbek U.A., Turmanov R.A., Ljubchik S.B., Ljubchik A.I., Ljubchik S.I., Lygina O.S., Bajnazarova S.R., Bazarbaev B.M. Patent na poleznuju model' №3892. Sposob poluchenija aktivirovannogo uglja iz risovoj solomy i sheluhi. Promyshl. sobstvennost'. Ofic. bjull. 19.04.2019. № 16.
- [6] Appazov N.O., Turmanov R.A., Bajnazarova S.R., Dijarova B.M., Shuragazieva A.T., Dzhiembaev B.Zh., Lygina O.S., Ljubchik A.I., Kurmanbaev R.H. Patent na poleznuju model' №3821. Sposob poluchenija aktivirovannogo uglja iz risovoj sheluhi i nefteshlama. Promyshl. sobstvennost'. Ofic. bjull. 05.04.2019. № 14.
- [7] GOST 6217. Ugol' aktivnyj drevesnyj droblenyj. Tehnicheskie uslovija. M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2003.
- [8] GOST 17219. Ugli aktivnye. Metod opredelenija summarnogo ob#ema por po vode. M.: Izdatel'stvo standartov, 1988.
- [9] GOST 12597. Sorbenty. Metod opredelenija massovoj doli vody v aktivnyh ugljah i katalizatorah na ih osnove. M.: Izdatel'stvo standartov, 1989.
- [10] GOST 16190. Sorbenty. Metod opredelenija nasypnoj plotnosti. M.: Izdatel'stvo standartov, 1970.

## Резюме

*Н. О. Аппазов, Б. М. Базарбаев, Б. М. Диярова,  
О. С. Лыгина, А. Т. Шорагазиева, Н. И. Ақылбеков*

### КҮРІШ САБАНЫ МЕН МҰНАЙ ШЛАМЫН СО-ТЕРМОЛИЗДЕУ АРҚЫЛЫ БЕЛСЕНДІРІЛГЕН КӨМІР АЛУ

Күріш сабаны мен мұнай шламын со-термолиздеу арқылы белсендірілген көмір алу әдісі ұсынылады. Күріш сабаны мен мұнай шламын со-термолиздеу биіктігі 250 мм және ішкі диаметрі 25 мм тотықпайтын болаттан жасалған түтікті пеште жүргізілді. Пешке 9 г күріш сабаны мен 1 г мұнай шламын қоспасын енгізіп, карбонизацияны 350-500°C температураларда жүргізеді. Карбонизатты белсендіруді су буымен 1-4:1 қатынаста және 750-900°C температураларда жүргізеді. Алынған белсендірілген көмірдің микроқұрылымы сканерлеуші растрлы электронды микроскоппен зерттелді. Күріш сабаны мен мұнай шламын со-термолиздеу арқылы алудың оңтайлы жағдайы: карбонизациялау температурасы 500°C ұзақтылығы 100 мин, карбонизатты белсендіру 850°C, су:карбонизат қатынасы 2:1 болып табылады. Осындай әдіспен алынған белсендірілген көмірдің йод бойынша адсорбциялық белсенділігі 94,03% құрайды. Алынған өнім БАУ-МФ, БАУ-А және БАУ-Ац маркалы белсендірілген көмірлерге сәйкес келеді.

**Түйін сөздер:** карбонизация, белсендіру, күріш сабаны, мұнай шламы, белсендірілген көмір.

## Summary

*N. O. Appazov, B. M. Bazarbayev, B. M. Diyarova,  
O. S. Lygina, A. T. Shuragaziyeva, N. I. Akyzbekov*

### OBTAINING ACTIVATED CARBON BY CO-THERMOLYSIS OF RICE STRAW AND OIL SLUDGE

A method for producing activated carbon by co-thermolysis of rice straw and oil sludge is proposed. Co-thermolysis of rice straw and oil sludge was carried out in a tubular furnace made of stainless steel with a height of 250 mm and an inner diameter of 25 mm. A mixture of 9 g of rice straw and 1 g of oil sludge is placed in the oven, carbonization is carried out at temperatures of 350-500°C. Activation of the carbonizate was carried out with water vapor at ratios of 1-4:1 and at temperatures of 750-900°C. The microstructure of the obtained activated carbon was studied by scanning electron microscope. The optimal condition for the production of activated carbon by co-thermolysis of rice straw and oil sludge is a carbonization temperature of 500°C with a duration of 100 minutes, activation of carbonization at a temperature of 850°C and a ratio of water:carbonizate = 2:1. The iodine adsorption activity of activated carbon obtained in this way is 94.03%. The resulting product corresponds to the activated carbons BAU-MF, BAU-A and BAU-Ats.

**Key words:** carbonization, activation, rice straw, oil sludge, activated carbon.