

Байсейтов Д.А.^{1,2}, Тулепов М.И.^{1,3}, Кудьярова Ж.Б.^{1,3},
Мутушев А.Ж.¹, Жұмахан Қ.¹, Диханбаев К.К.^{1,3}

¹Научный производственно-технический центр «Жалын»,
г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОД-КРЕМНИЕВОГО СОРБЕНТА

Аннотация. Одним из методов контроля за распространением воздушно-капельных респираторных патогенов в закрытых общественных пространствах является использование бактерицидных фильтров для вентиляционных систем очистки воздуха с целью эффективного удаления патогенных микроорганизмов из воздушной среды. Данная работа направлена на исследование физико-химических характеристик исходного карбонизованного углерод-кремниевого сорбента, используемого в качестве основного материала фильтра. На основании проведенного элементного анализа исходного сорбента установлено, что в составе содержится 87% атома углерода, а доля кремния составляет 1,75%. Остальные элементы составили очень в малом количестве. По результатам проведенного термогравиметрического исследования углерод-кремниевого сорбента установлено, что карбонизация сорбента происходит в четыре стадии. Результат электронно микроскопического исследования образца углерод-кремниевого сорбента показал, что он имеет чистую структуру.

Ключевые слова: углерод-кремниевый сорбент, элементный анализ, рисовая шелуха, карбонизат, бактерицидные фильтры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках проекта АР19676747 «Разработка бактерицидных углерод-кремниевых фильтров для очистки воздуха».

Түйіндеме. Ауа ортасынан патогенді микроорганизмдерді тиімді жою мақсатында Ауаны тазартатын желдету жүйелеріне арналған бактерицидтік фильтрлерді пайдалану жабық қоғамдық кеңістіктерде ауа-тамшылы респираторлық патогендердің таралуын бақылау әдістерінің бірі болып табылады. Бұл жұмыс негізгі фильтр материалы ретінде пайдаланылатын бастапқы көміртекті-кремний сорбентінің физика-химиялық сипаттамаларын зерттеуге бағытталған. Бастапқы сорбенттің элементтік талдауы бойынша, оның құрамында 87% көміртек атомы, ал кремнийдің үлесі 1,75 % болатындығы анықталды. Қалған элементтер өте аз мөлшерде болды. Көміртек-кремнийлі сорбенттің термогравиметриялық зерттеуінің нәтижелері бойынша, сорбенттің карбонизациясы төрт сатыда жүретіні анықталды. Көміртек-кремнийлі сорбенті үлгісін электронды микроскопиялық зерттеудің нәтижесі оның ұяшықты құрылымды екенін көрсетті.

Түйінді сөздер: көміртекті-кремнийлі сорбент, элементтік анализ, күріш қауызы, карбонизат, бактерицидтік фильтрлер.

• • •

Abstract. One of the methods of controlling the spread of airborne respiratory pathogens in enclosed public spaces is the use of bactericidal filters for ventilation air purification systems in order to effectively remove pathogenic microorganisms from the air environment. Based on the conducted elemental analysis of the initial sorbent, it was found that the composition contains 87% of the carbon atom, and the proportion of silicon is 1,75%. The remaining elements were made up in very small quantities. According to the results of the thermogravimetric study of the carbon-silicon sorbent, it was found that the carbonization of the sorbent occurs in four stages. The result of electron microscopic examination of a carbon-silicon sorbent sample showed that it has a cellular structure.

Key words: carbon-silicon sorbent, elemental analysis, rice husk, carbonizate, bactericidal filters.

Введение. Материалы растительного происхождения, накапливающиеся в значительном количестве в виде отходов сельскохозяйственного производства, представляют практический интерес в качестве сырья для получения сорбентов, которые могут использоваться для решения многих экологических задач: очистки сточных вод, газовых выбросов, грунта, воздуха и т.д. [1, 2]. Низкая стоимость, достаточно простая технология приготовления сорбентов стимулируют исследования, направленные на получение новых адсорбционно-активных материалов из растительного сырья. Использование

этих материалов для производства сорбентов, позволяет совмещать ликвидацию отходов сельскохозяйственного производства с природоохранной деятельностью. Традиционные технологии получения углеродных адсорбентов включают две стадии термической обработки углеродсодержащего сырья - карбонизация (пиролиз) и активация (газификация), в процессе которых формируется структура адсорбирующих пор [3-6]. Сорбенты на основе рисовой шелухи обладают уникальной возможностью эффективно сорбировать радионуклиды и тяжелые металлы. В [7] также апробирована сорбция редкоземельных металлов из модельных растворов. В последние годы в качестве нефтесорбента предлагается использовать сорбенты из отходов растительного сырья после его физико-химической обработки. В частности, наблюдается большой интерес к применению шелухи как нефтесорбента [7]. Эффективность использования уже разработанных сорбентов на основе растительного сырья достаточно высока. Углерод-кремниевые сорбенты на основе карбонизированной рисовой шелухи используются для получения бактерицидных фильтров, для систем воздушной фильтрации в закрытых общественных пространствах, с целью снижения рисков распространения респираторной инфекции у людей. Исследования в данном направлении позволили создать производственную линию для получения данного вида активированного угля и выпускать продукцию на его основе [8].

Цель работы - исследование физико-химических свойств углерод-кремниевого сорбента, используемого в качестве основы бактерицидных фильтров для очистки воздуха.

Методы исследований. В качестве исходного материала носителя предлагаемых к разработке фильтров использовался углерод-кремниевый сорбент на основе рисовой шелухи. Выбор рисовой шелухи обусловлен тем, что в состав данного сырья входит целлюлоза, лигнин и минеральная зола, состоящая на 92-97% из диоксида кремния, представляющие из себя полезные вещества для организма человека. Сырье из рисовой шелухи относится к быстро возобновляемым источникам и является экологически чистым.

Термогравиметрические исследования выполнены при следующих условиях эксперимента: навеска образца – (0,3-0,03 г); измельчение аналитическое; керамический тигель с крышкой высотой 15 мм диаметром 5 мм. Обработка дериватограмм включала анализ термограмм. Потерю массы образца при заданной температуре определяли согласно кривой термогравиметрии. Изменения поверхности

и структуры выявляли с помощью сканирующего электронного микроскопа NtegraTherma с режимами освещения - «на просвет» и «на отражение».

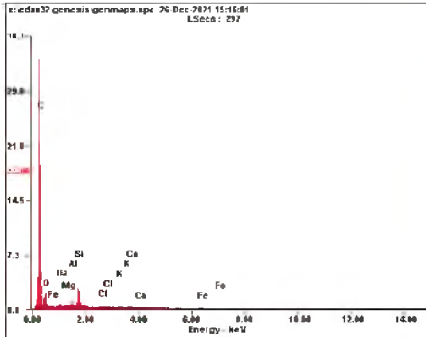
Результаты и обсуждение. Химический состав и основные свойства используемой рисовой шелухи были изучены в Институте проблем горения. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав рисовой шелухи по результатам рентгеноспектрального анализа (% мас.)

Компонент	Содержание, % (масс)
Вода	3,75 – 24,08
Зола	11,86 – 31,78
Пентозан	4,52 – 37,0
Целлюлоза	34,32 – 43,12
Лигнин	19,2 – 46,97
Протеин	1,21 – 8,75
Жиры	0,38 – 6,62

Структурной особенностью углеродных микропористых сорбентов, получаемых из любого органического растительного сырья карбонизацией, является то, что они отличаются от других высокопористых материалов, таких как кокс, пемза или графит, отличие состоит в том, что они содержат развитую систему микропор (эквивалентный радиус $r < 0,6 - 0,7$ нм) и супермикропор ($0,6 - 0,7 < r < 1,5 - 1,6$ нм) [9-11].

По данным элементного анализа рисовой шелухи установлено (рисунок 1), что наибольшее количество углерода в карбонизированном монолите содержится 86,57% атома и доля кремния составляет 1,75%. Так как отжиг проведен при температуре 850°C, то содержание кислорода составило до 9%. Остальные щелочные металлы составили в очень малом количестве.



Element	Wt%	At%
C	86.57	91.06
O	8.92	7.04
Na	0.64	0.35
Mg	0.13	0.07
Al	0.65	0.30
Si	1.75	0.79
Cl	0.29	0.10
K	0.22	0.07
Ca	0.34	0.11
Fe	0.49	0.11
Matrix	Correction	ZAF

Рисунок 1 – Элементный анализ карбонизованной рисовой шелухи

Для установления механизма превращения углеводной части были проведены термогравиметрические исследования карбонизата рисовой шелухи (рисунок 2).

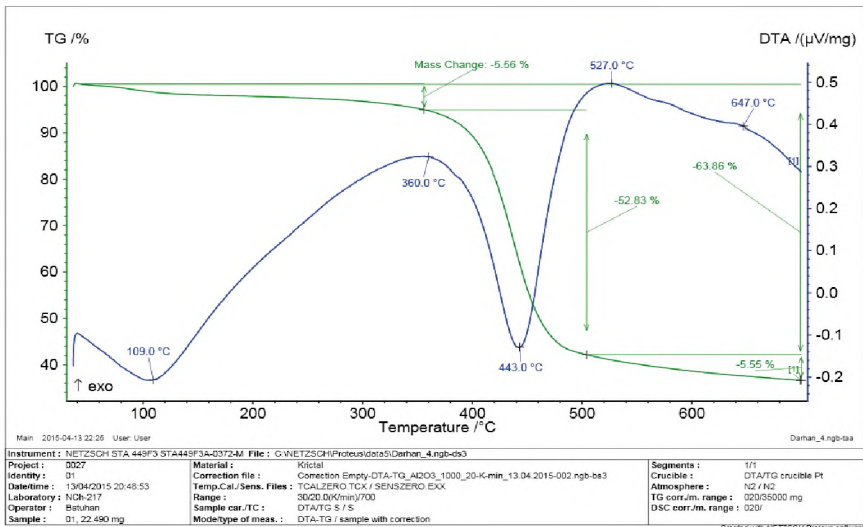


Рисунок 2 – Термогравиметрические исследования карбонизата рисовой шелухи

Так карбонизация целлюлозы протекает в четыре стадии. В ходе первой стадии при 25...110°C происходит десорбция влаги с поверх-

ности, и возможна дегидратация за счет образования воды из гидроксильных и водородных групп. Вторая стадия протекает в интервале температур 150...360°C и сопровождается внутримолекулярной деструкцией. Интервал температур 360...443°C соответствует третьей стадии карбонизации.

В данном интервале температур протекают процессы деструкции макромолекул, что приводит к распаду исходных полимеров на отдельные кольца и образованию фрагментов C_4 (- CH= CH- CH= CH-) одновременно с деполимеризацией, что повышает выход летучих смолистых веществ и уменьшает конечное содержание углерода. Основными процессами четвертой стадии (443...700°C) является ароматизация с выделением водорода и конденсацией фрагментов C_4 в «углеродный полимер». Как видно из рисунка 3, карбонизованная рисовая шелуха имеет ячеичную структуру.

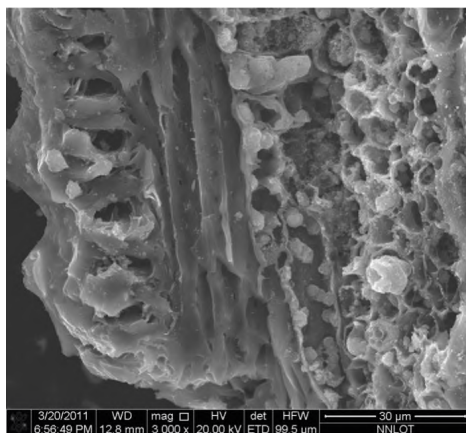


Рисунок 3 – СЭМ снимок карбонизованной рисовой шелухи

Таким образом, анализ результатов физико-химических характеристик углерод-кремниевого сорбента позволяет оценить их эффективность использования качестве основы бактерицидных фильтров для очистки воздуха.

Закключение. Были исследованы физико-химические свойства углерод-кремниевого сорбента. По данным элементного анализа установлено, что наибольшее количество углерода в карбонизованном монолите содержится 86,57% атома и доля кремния составляет 1,75%. Установлено, что карбонизация углерод-кремниевого

сорбента протекает в четыре стадии. Из СЭМ анализа карбонизованной рисовой шелухи видно, что она имеет ячеистую структуру.

Список литературы

1 Никонов Т.К., Бурковская Л.Ф., Артамонова Н.А., Челохсаева Л.Г. Химический состав и биологическая активность продуктов пиролиза рисовой шелухи // Гидролиз и лесохимическая промышленность. – 1990. — № 7. – С. 18-21.

2 Даришева А. Сорбенты нефтепродуктов для поверхностных вод: со стоянием перспективы. [Электронный ресурс] / Электрон. дан., 2014 — Режим доступа: <http://www.irea.org.ru>.

3 Лимонов Н.В. Физико-химические исследования углеродсодержащих материалов – основа технологии углеродных сорбентов // Российский химический журнал. – 1995. — № 6. – С. 104-110.

4 Иванченко А.В. Парогазовая активация лиственничного угля // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1980. — № 7. – С. 14-16.

5 Zhu Yuwen. Preparation of activated carbons for SO₂ adsorption by CO₂ and steam activation // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2012. — № 1(43). – P. 112-119.

6 Суринова С.И. Развитие пористой структуры углеродных адсорбентов в процессе активации // Химия твердого топлива. – 1986. — №1. – С. 118-121.

7 Бельков В.М. Методы глубокой очистки сточных вод от нефтепродуктов. – М: Наука, 1998. – 225 с.

8 Нуралиев М.А., Баешов Б.Б., Досымбетова М.И., Аблайханова Н.Т., Павлюков А.Б. Биохимические и морфологические изменения в системе мочевого выделения на фоне применения биологически активной добавки «Фитосорб - Алтын жебе» // ҚР ҰҒА хабарлары = Изв. НАН РК. Сер. биологическая и медицинская. – 2017. — № 6. – С. 59-64.

9 Мухин В.М. Активные угли России. – М.: Металлургия, 2000. – 352 с.

10 Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.

11 Товбин Ю.К. Молекулярная адсорбция в пористых телах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 624 с.

References

1 Nikonov T.K., Burkovskaya L.F., Artamonova N.A., Chelohsaeva L.G. Himicheskij sostav i biologicheskaya aktivnost' produktov piroliza risovoj sheluhi // Gidroliz i lesohimicheskaya promyshlennost'. – 1990. — № 7. – S. 18-21.

2 Darisheva A. Sorbenty nefteproduktov dlya poverhnostnyh vod: so stoyaniem

perspektivy. [Elektronnyj resurs] / Elektron. dan., 2014 — Rezhim dostupa: <http://www.irea.org.ru>.

3 *Limonov N.V.* Fiziko-himicheskie issledovaniya uglerodsoderzhashchih materialov – osnova tekhnologii uglerodnyh sorbentov // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 1995. — № 6. – S. 104-110.

4 *Ivanchenko A.V.* Parogazovaya aktivaciya listvennichnogo uglya // Gidroliznaya i lesohimicheskaya promyshlennost'. – 1980. — № 7. – S. 14-16.

5 *Zhu Yuwen.* Preparation of activated carbons for SO₂ adsorption by CO₂ and steam activation // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2012. — № 1(43). – P. 112-119.

6 *Surinova S.I.* Razvitie poristoj struktury uglerodnyh adsorbentov v processe aktivacii // Himiya tverdogo topliva. – 1986. — №1. – S. 118-121.

7 *Bel'kov V.M.* Metody glubokoj ochistki stochnyh vod ot nefteproduktov. – M: Nauka, 1998. – 225 s.

8 *Nuraliev M.A., Baeshov B.B., Dosymbetova M.I., Ablajhanova N.T., Pavlyukov A.B.* Biohimicheskie i morfologicheskie izmeneniya v sisteme mochevydeleniya na fone primeneniya biologicheski aktivnoj dobavki «Fitosorb - Altyn zhebe» // ҚР ҰҒА хабарлары = Izv. NAN RK. Ser. biologicheskaya i medicinskaya. – 2017. — № 6. – S. 59-64.

9 *Muhin V.M.* Aktivnye ugli Rossii. – M.: Metallurgiya, 2000. – 352 s.

10 Kinle H. Aktivnye ugli i ih promyshlennoe primenenie. – L.: Himiya, 1984. – 216 s.

11 *Tovbin YU.K.* Molekulyarnaya adsorbciya v poristyh telah. – M.:FIZMATLIT, 2012.– 624 s.

Сведения об авторах:

Байсейтов Даурен Алмасович – Ph.D., старший преподаватель, Обработка данных; Обсуждение; Подготовка рукописи. dauren_b91@mail.ru.

Тулупов Марат Изтлеуович – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Поиск литературы, обсуждение. tulepov@rambler.ru.

Кудьярова Жанар Баймахановна - кандидат химических наук, старший преподаватель, Обсуждение, поиск литературы. zhanar_kudyarova@mail.ru

Мутушев Алибек Жумабекович – Ph.D., Обработка данных, Обсуждение. alibek_090@mail.ru

Жумахан Кайрат – докторант, научный сотрудник, Эксперимент, kairat_zhumahan@mail.ru

Диханбаев Кадыржан Кенжеевич – доктор физико-математических наук, профессор, Эксперимент, Дискуссия. dkadyrjan@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Байсейітов Даурен Алмасұлы – м.ғ.к., аға оқытушы, Мәліметтерді өңдеу; Талқылау; Қолжазбаны дайындау. dauren_b91@mail.ru.

Төлепов Марат Ізтілеуұлы – химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Әдебиет іздеу, талқылау. tulepov@rambler.ru.

Құдиярова Жанар Баймаханқызы – химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Пікірталас, әдебиеттерді іздеу. zhanar_kudiyarova@mail.ru

Мутушев Әлібек Жұмабекұлы – п.ғ.д., Деректерді өңдеу, Талқылау. alibek_090@mail.ru

Жұмахан Қайрат – докторант, ғылыми қызметкер, Эксперимент, kairat_zhumahan@mail.ru

Диханбаев Қадыржан Кенжеұлы – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Эксперимент, талқылау. dkadyrjan@mail.ru

Information about the authors

Baiseitov Dauren Almasovich – Ph.D., senior lecturer, Data processing; Discussion; Preparation of the manuscript. dauren_b91@mail.ru.

Tulepov Marat Iztleuovich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Literature search, discussion. tulepov@rambler.ru.

Kudiyarova Zhanar Baimakhanovna – candidate of chemical sciences, senior lecturer, Discussion, literature search. zhanar_kudiyarova@mail.ru

Mutushev Alibek Zhumabekovich – Ph.D., Data processing, Discussion. alibek_090@mail.ru

Zhumakhan Kairat – doctoral student, researcher, Experiment, kairat_zhumahan@mail.ru

Dikhanbaev Kadyrzhan Kenzhevich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Experiment, Discussion. dkadyrjan@mail.ru