

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF AN IMPREGNATING AGENT ON THE SORPTION CHARACTERISTICS OF A CARBON-SILICON SORBENT

D.A.Baiseitov<sup>1,3\*</sup>, M.I.Tulepov<sup>1,2</sup>, K.K.Dikhanbayev<sup>1,2</sup>, Zh.B.Kudyarova<sup>1,2</sup>,  
A.Zh.Mutushev<sup>1</sup>, M.A.Biisenbayev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Scientific Production and Technical Center "Zhalyn", Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>al Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Abai Kazakh National Pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

\*E-mail: [dauren\\_b91@mail.ru](mailto:dauren_b91@mail.ru)

**Abstract:** *Introduction:* Efforts to control the spread of airborne respiratory pathogens in enclosed public spaces have become particularly relevant due to the COVID-19 pandemic. One of the control methods is the use of bactericidal filters for ventilation air purification systems in enclosed public spaces in order to effectively remove pathogenic microorganisms from the air environment. The impregnated sorbents developed in this work are used as a filter material. The purpose of the work is investigation of the effect of an impregnating agent on the sorption characteristics of a carbon-silicon sorbent used as the basis of bactericidal filters for air purification. *Methodology.* It has been established that carbonation makes it possible to obtain more durable carbon sorbents with a high specific surface area. According to the results of X-ray dispersion analysis, carbonized rice husk contains 86.57% carbon and 1.75% silicon. *Results and discussion.* The effect of the carbonization process on the specific surface area and specific volume of the initial sorbent has been studied. The specific surface area was measured and the pore size of impregnated carbon-silicon sorbents was measured. The study of the effect of impregnating agents on the sorption characteristics of a carbon-silicon sorbent showed that an increase in the concentration of chlorhexidine and tannin in the composition leads to an increase in the specific surface area and specific pore volume of sorbents. *Conclusion.* It was found that the impregnation of a carbon sorbent leads to an increase in the specific surface area from 320 g/m<sup>2</sup> to 350 g/m<sup>2</sup>, the specific pore volume from 0.1256 cm<sup>3</sup>/g to 0.1399 cm<sup>3</sup>/g.

**Keywords:** sorbent, filter, air purification, chlorhexidine bigluconate, tannin, the impregnating agent, bactericide, carbonation, specific surface area, rice husk.

---

<b>Baiseitov Dauren Almasovich</b>	PhD, Senior lecturer, general researcher; Email: <a href="mailto:dauren_b91@mail.ru">dauren_b91@mail.ru</a>
<b>Tulepov Marat Iztleuovich</b>	Candidate of chemical sciences, Associate Professor, leading researcher; Email: <a href="mailto:tulepov@rambler.ru">tulepov@rambler.ru</a>
<b>Dikhanbayev Kadyrjan Kenzheevich</b>	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, senior researcher; Email: <a href="mailto:dkadyrjan@mail.ru">dkadyrjan@mail.ru</a>
<b>Kudyarova Zhanar Baimakhanovna</b>	Candidate of chemical sciences, Senior lecturer, senior researcher; Email: <a href="mailto:zhanar.kudyarova@gmail.com">zhanar.kudyarova@gmail.com</a>

---

**Citation:** Baiseitov D.A., Tulepov M.I., Dikhanbayev K.K., Kudyarova Zh.B., Mutushev A.Zh., Biisenbayev M.A. Investigation of the effect of an impregnating agent on the sorption characteristics of a carbon-silicon sorbent. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 3(87), 92-102. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-3.2710-1185.35>

<b>Mutushev Alibek Zhumabekovich</b>	<i>PhD, senior researcher; Email: <a href="mailto:alibek_090@mail.ru">alibek_090@mail.ru</a></i>
<b>Büisenbayev Makhmut Akhmenzanovich</b>	<i>Candidate of chemical sciences, leading researcher; Email: <a href="mailto:bijsenbay@gmail.com">bijsenbay@gmail.com</a></i>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ИМПРЕГНИРУЮЩЕГО АГЕНТА НА СОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОД-КРЕМНИЕВОГО СОРБЕНТА

*Д.А.Байсейтов<sup>1,3\*</sup>, М.И.Тулепов<sup>1,2</sup>, К.К.Диханбаев<sup>1,2</sup>, Ж.Б.Кудьярова<sup>1,2\*</sup>, А.Ж.Мутушев<sup>1</sup>, М.А.Бийсенбаев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Научный производственно-технический центр «Жалын», Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

\*E-mail: [dauren\\_b91@mail.ru](mailto:dauren_b91@mail.ru)

**Резюме:** *Введение.* Работы по контролю за распространением воздушно-капельных респираторных патогенов в закрытых общественных пространствах стали особенно актуальны вследствие пандемии COVID-19. Одним из методов контроля является использование бактерицидных фильтров для вентиляционных систем очистки воздуха в закрытых общественных пространствах с целью эффективного удаления патогенных микроорганизмов из воздушной среды. Разработанные в данной работе импрегнированные сорбенты используются как материал фильтра. *Цель.* Исследование влияния импрегнирующего агента на сорбционные характеристики углерод-кремниевого сорбента, используемого в качестве основы бактерицидных фильтров для очистки воздуха. *Методология.* Установлено, что карбонизация позволяет получить более прочные углеродные сорбенты с высокой удельной поверхностью. По результату рентгено-дисперсионного анализа, карбонизованная рисовая шелуха содержит в своем составе 86.57% углерода и 1.75% кремния. *Результаты и обсуждения.* Изучено влияние процесса карбонизации на значения удельной поверхности и удельного объема исходного сорбента. Проведено измерение удельной поверхности, измерение размера пор импрегнированных углерод-кремниевых сорбентов. Исследование влияния импрегнирующих агентов на сорбционные характеристики углерод-кремниевого сорбента показало, что увеличение концентрации хлоргексидина и танина в составе приводит к увеличению удельной поверхности и удельному объему пор сорбентов. *Заключение.* Установлено, что импрегнирование углеродного сорбента приводит к росту удельной поверхности от 320 г/м<sup>2</sup> до 350 г/м<sup>2</sup>, удельной объем пор от 0.1256 см<sup>3</sup>/г до 0.1399 см<sup>3</sup>/г.

**Ключевые слова:** сорбент, фильтр, очистка воздуха, хлоргексидин биглюконат, танин, импрегнирующий агент, бактерицид, карбонизация, удельная поверхность, рисовая шелуха.

<b>Байсейтов Даурен Алмасович</b>	<i>PhD, старший преподаватель, генеральный научный сотрудник</i>
<b>Тулепов Марат Изтлеуович</b>	<i>кандидат химических наук, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник</i>
<b>Диханбаев Кадыржан Кенжеевич</b>	<i>доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник</i>
<b>Кудьярова Жанар Баймахановна</b>	<i>кандидат химических наук, старший преподаватель, старший научный сотрудник</i>
<b>Мутушев Алибек Жумабекович</b>	<i>PhD, старший научный сотрудник</i>
<b>Бийсенбаев Махмут Ахметжанович</b>	<i>кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник</i>

## 1. Введение

На сегодняшний день производство сорбентов из отходов рисового производства развивается преимущественно в рамках проблемы переработки шелухи. Поскольку в составе цветочных пленок риса (шелуха) и соломы содержится большое количество аморфного диоксида кремния, то этих отходов используют для получения различных кремнийсодержащих сорбентов, такие как диатомит, трепелы, опоки. Как известно из литературы [1], обезжиренные отруби риса способны очищать растворы от ионов меди, цинка и хрома, а рисовая шелуха – от ионов стронция, кадмия, никеля, свинца, цинка, хрома, кобальта и алюминия, также сообщается, что величина сорбции меди и цинка из сточных вод гальванических производств не уступает используемым сорбентам (активированным углям, цеолитам).

Сорбенты получают из отходов сельскохозяйственного производства, которые применяются для решения ряда экологических проблем, включая очистку сточных вод, грунта, почвы, газовых выбросов и т.д. [2,3].

Благодаря низкой стоимости и достаточно простой технологии приготовления сорбентов развиваются исследования в области создания новых адсорбционно-активных материалов из растительного сырья.

Использование этих материалов для производства сорбентов, позволяет совмещать ликвидацию отходов сельскохозяйственного производства с природоохранной деятельностью [4,5].

Зола, коксовая мелочь, торф, силикагель, алюмогель, активный гель, которые являются искусственными и пористыми природными материалами, широко применяются как сорбенты. Наиболее эффективные и универсальные сорбционные средства - активированные угли [1].

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 [6].

В воздухе атмосферы всегда присутствуют различные примеси, которые классифицируются как физические, механические и биологические загрязнители воздуха. К механическим загрязнениям можно отнести твердые частицы, характеризующиеся абразивными свойствами: свинец, пыль, ртуть, а также твердые частицы разных размеров и составов. В частности, механические примеси атмосферного воздуха образуются в процессах горения органического топлива, в строительной индустрии, в горнодобывающем секторе, при подземных работах – причин образования механических примесей множество [7,8].

В данной работе для придания бактерицидных свойств сорбенты были импрегнированы широко распространенными антисептиками – хлоргексидин и танин (дубильная кислота).

Хлоргексидин биоактивная молекула, которая представляет собой катионный бисбигуанид, являющийся антисептиком широкого спектра, действует за счет разрушения клеточных мембран, поэтому он также активен против оболочечных вирусов. Этот механизм обеспечивает активность против широкого спектра микроорганизмов, обнаруженных в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [9]. Дубильная кислота (танин) может быть отнесена к полифенольной группе и обладает уникальными противовирусными, а также антибактериальными свойствами [10].

## 2. Экспериментальная часть

В качестве исходного материала носителя предлагаемых к разработке фильтров использовался углерод-кремниевый сорбент на основе рисовой шелухи.

Образцы сорбента на основе рисовой шелухи подверглись к процессу карбонизации в изотермических условиях. Образцы модифицировались в интервале температур 300-900 °С во вращающемся реакторе в среде аргона со скоростью подачи 50 см<sup>3</sup>/мин, времени контакта 30-60 минут. Реактор изготовлен из жаропрочной хромистой стали, который оборудован нагревателем и механизмом вращения. Температура в реакторе поддерживалась с точностью ±5 °С. Масса загружаемого катализатора в реактор – 500 г, объём реакционной камеры составляет 3000 см<sup>3</sup>. Скорость подачи газовой смеси – 50 мл/мин. Время контакта составила 60 минут. Зауглероживание проводилось с использованием пропана при температурах 650-750 °С с интервалом в 25 градусов. В качестве импрегнирующих агентов были использованы раствор хлоргексидин глюконата и танин в виде порошка. Удельную поверхность и размер пор определяли на сорбтометре М.

Сорбционные свойства синтезированных сорбентов на основе рисовой шелухи определяли по величине сорбционной активности к красителю метиленовому голубому по стандартной методике: сорбционная емкость по метиленовому голубому - ГОСТ 4453-74 «Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный».

## 3. Результаты и обсуждение

Химический состав используемой рисовой шелухи представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Рентгеноспектральный анализ рисовой шелухи (% 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
Протенин	1,21 – 8.75
Жиры	0,38 – 6.62

Выбор в пользу данного сырья объясняется тем, что в его составе содержатся целлюлоза, лигнин и минеральная зола, которая состоит на 92-97% из диоксида кремния. Диоксид кремния является полезным веществом для человеческого организма.

Был отнят рентгенно-дисперсионный анализ мелких частиц карбонизованной рисовой шелухи на установке Tiger Bruker (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, 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 7%. Остальные щелочные металлы составили в очень малом количестве.

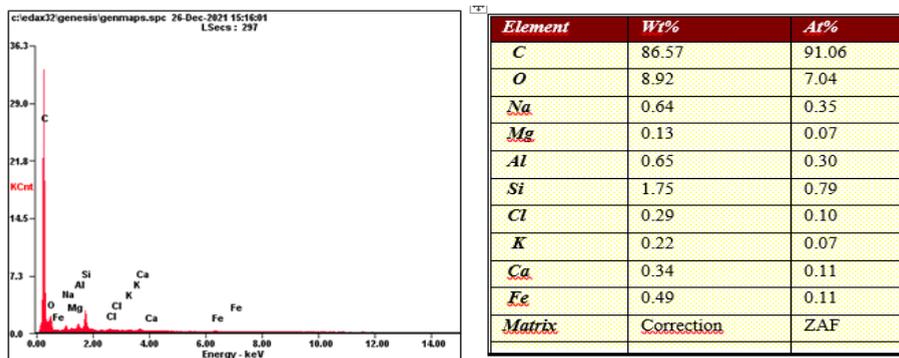


Рисунок 1 – Рентгенно-дисперсионный анализ КРШ

В ходе выполнения были синтезированы углеродные материалы из рисовой шелухи с последующей карбонизацией. Как известно, свойства получаемого сорбента зависят от методов карбонизации, активирования и условий их проведения. В процессе карбонизации, изменяя условия получения, можно целенаправленно модифицировать поверхность гидрофильных углеродных адсорбентов, придавая им специфические гидрофильно – гидрофобные и гидрофильные свойства и сохраняя пористую структуру исходного сырья.

Были проведены работы по изучению влияния процесса карбонизации на значения удельной поверхности и удельного объема. Результаты удельной поверхности, пористости и плотности образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сорбционные характеристики сорбентов

Сорбенты, полученные при разных условиях	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Средний размер пор, нм
Углеродный сорбент на основе РШ	0.21-0.32	125.1-142.6	0.055-0.068	1.721
Карбонизованный углеродный сорбент на основе РШ	0.41-0.56	320.95-335.93	0.1256-0.1477	1.722

Из таблицы 2 видно, что удельная поверхность и удельный объем пор после карбонизации увеличивается почти 3 раза. Полученные данные позволяют судить, что благодаря карбонизации удастся получить более прочные углеродные сорбенты с высокой удельной поверхностью и низкой зольностью (низким содержанием примесей).

Для исследования влияния импрегнирующего агента на сорбционные характеристики углерод-кремниевого сорбента в качестве бактерицидов были выбраны раствор хлоргексидин глюконата и танина.

Были приготовлены следующие концентрации хлоргексидин глюконата: 0,5%, 2%, 5% и 7%.

Образцы готовились следующим образом: смешивали порошки танина и сорбента, сверху заливали 20 мл раствора хлоргексидина, далее готовили суспензию. Приготовленную смесь сушили в вакуумной печи при температуре 70<sup>0</sup>С до сухой массы и готовили порошковые образцы. Сорбция бактерицидов проводилась в статическом режиме на углерод-кремниевых сорбентах.

В таблице 3 приведен состав приготовленных образцов.

**Таблица 3** – Образцы углерод-кремниевых сорбентов, импрегнированных бактерицидными агентами

№	Концентрация хлоргексидин глюконат				Танин	Сорбент
	0,5%	2 %	5 %	7%		
1	20мл				2.5 г	17.5 г
2		20мл			3.3 г	16.7 г
3			20мл		4.0 г	16.0г
4				20мл	6.6 г	13.4 г

Для изучения влияния различных концентраций растворов бактерицидов проводили измерение удельной поверхности, измерение размера пор полученных образцов.

Данный эксперимент проводился с использованием сорбтометра модели М на образцах углеродных сорбентах, импрегнированных бактерицидами.

Исследования показали следующие результаты:

Удельная поверхность, м<sup>2</sup>/г: №1 образец – 350; №2 образец – 476; №3 образец – 670; №4 образец – 1773 (рисунок 2).

Удельный объем пор, см<sup>3</sup>/г - 0.1399; 0.1879; 0.2668; 0.7016 соответственно (рисунок 3).

Как видно из рисунков 2 и 3, полученные образцы имеют большой объем пор и высокую удельную поверхность. Исходя из этого, можно предположить, что при очистке воздуха с использованием бактерицидных фильтров на основе углерод-кремниевых сорбентов не будут сказываться внутридиффузионные процессы, что может положительно влиять на скорости достижения сорбционного равновесия.

Импрегнирование бактерицидами углеродных материалов благодаря дополнительному высвобождению летучих органических компонентов за счет комплекса термохимических реакций улучшает образование пор и развивает новые поры, что находит своё отражение в увеличении удельной поверхности и улучшении сорбционных свойств.

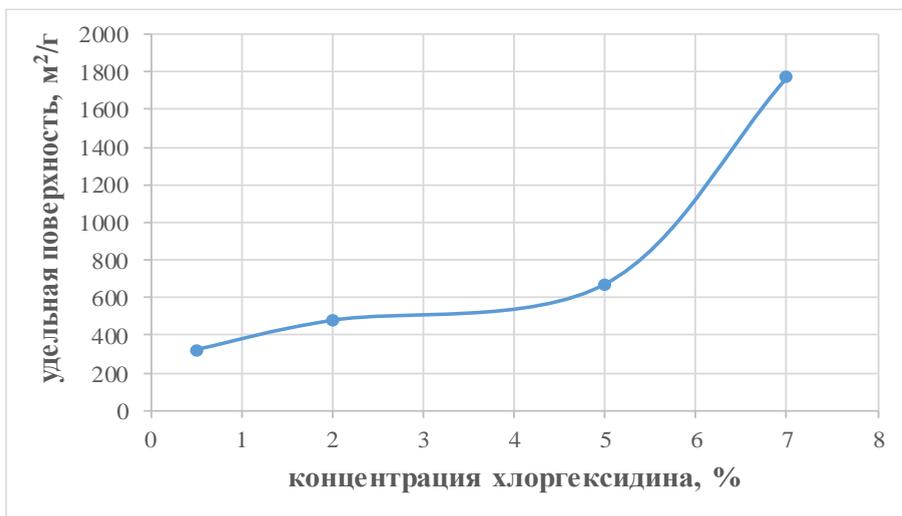


Рисунок 2 – Зависимость удельной поверхности сорбентов от концентраций хлоргексидина

Однако при концентрации хлоргексидина в 8% и более не наблюдается увеличения сорбционных характеристик сорбентов, что объясняется тем, что при более высоких концентрациях хлоргексидина происходит кристаллизация мембраны, что приводит к потере её структурной целостности и катастрофической потере внутриклеточного вещества. Это является основой бактерицидного действия хлоргексидина, что приводит к преципитации или коагуляции бактериальной цитоплазмы с парадоксальным снижением оттока компонентов через мембрану. Этот процесс в конечном итоге ведёт к гибели клеток. Поэтому оптимальная концентрация хлоргексидина не должна превышать 7%, оптимальное содержание таннина в составе не должно превышать 6,6 г.

Исследование влияния импрегнирующих агентов на сорбционные характеристики углерод-кремниевого сорбента показало, что увеличение концентрации хлоргексидина и таннина в составе приводит к увеличению удельной поверхности и удельному объёму пор углерод-кремниевых сорбентов.

Согласно приведенным данным, можно утверждать, введение импрегнирующих агентов в состав углерод-кремниевых сорбентов, положительно сказывается на сорбционных характеристиках вследствие увеличения удельной поверхности импрегнированных сорбентов. Таким

образом, эти импрегнированные сорбенты можно использовать как материал фильтра для систем воздушной вентиляции закрытых общественных пространств, а также модифицировать работающие системы с фильтрами на основе карбонизованной рисовой шелухи, что значительно снизит потенциальные риски заражения.

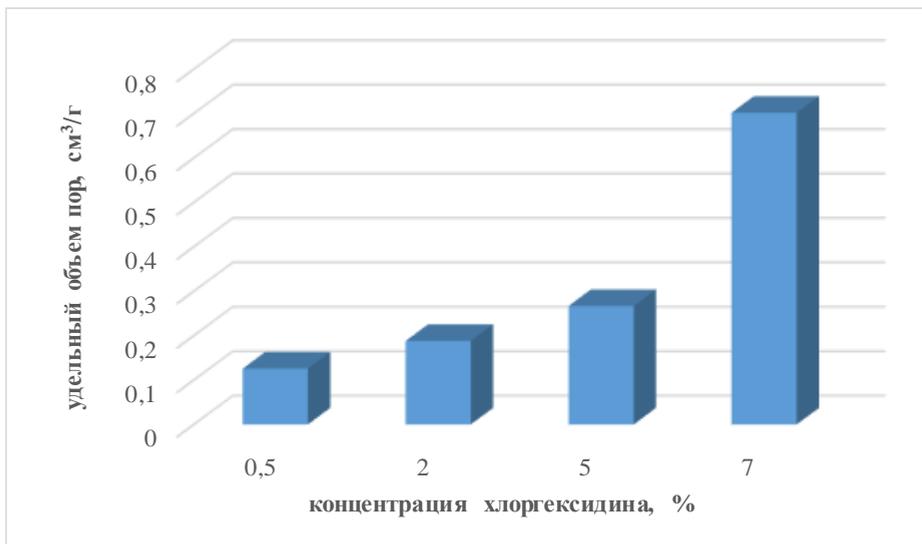


Рисунок 3 – Зависимость удельного объема пор сорбентов от концентраций хлоргексидина

#### 4. Заключение

В качестве основного материала фильтра была выбрана карбонизованная рисовая шелуха, импрегнированная бактерицидами: таннин и хлоргексидин биглюконат. По данным элементного анализа исходной рисовой шелухи установлено, что наибольшее количество углерода в карбонизированном монолите содержится 86.57% атома и доля кремния составляет 1.75%. Были исследованы сорбционные свойства исходной рисовой шелухи. Установлено, что удельная поверхность после карбонизации увеличивается почти 3 раза: от 125.1-142.6 до 320.95-335.93 м²/г, а удельный объем пор после карбонизации увеличивается почти 2.2 раза: от 0.055-0,068 до 0.1256-0.1477 см³/г. Проведено измерение удельной поверхности, измерение размера пор сорбентов после импрегнации бактерицидами. Установлено, что импрегнирование углеродного сорбента приводит к росту удельной поверхности от 320 г/м² до 350 г/м², удельной объем пор от 0.1256 см³/г до 0.1399 см³/г. Было изучено влияние концентраций растворов бактерицидов (таннин и хлоргексидин биглюконат) на сорбционные характеристики сорбентов. Увеличение концентрации хлоргексидина и танина в составе приводит к увеличению удельной поверхности и удельному объему пор углерод-кремниевых сорбентов.

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

**Конфликт интересов:** в работе отсутствует конфликт интересов между авторами.

## ИМПРЕГНИРЛЕУШІ АГЕНТТІҢ КӨМІРТЕГІ-КРЕМНИЙ СОРБЕНТІНІҢ СОРБИЦИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

*Д.А.Байсейтов<sup>1,3\*</sup>, М.И.Тулепов<sup>1,2</sup>, К.К.Диханбаев<sup>1,2</sup>, Ж.Б.Кудьярова<sup>1,2\*</sup>,  
А.Ж.Мутушев<sup>1</sup>, М.А.Бийсенбаев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>«Жалын» ғылыми өндірістік-техникалық орталығы, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

\*E-mail: [dauren\\_b91@mail.ru](mailto:dauren_b91@mail.ru)

**Түйіндеме:** *Кіріспе.* Жабық қоғамдық кеңістіктерде ауа-тамшылы респираторлық патогендердің таралуын бақылау жұмыстары әсіресе COVID-19 пандемиясына байланысты өзекті болды. Бақылау әдістерінің бірі-патогендік микроорганизмдерді ауа ортасынан тиімді жою мақсатында жабық қоғамдық кеңістіктерде ауаны тазартатын желдету жүйелері үшін бактерицидтік сүзгілерді пайдалану. Бұл жұмыста жасалған импрегнирленген сорбенттер сүзгі материалы ретінде қолданылады. *Мақсаты.* Ауаны тазарту үшін бактерицидтік сүзгілердің негізі ретінде қолданылатын көміртегі-кремний сорбентінің сорбициялық сипаттамаларына импрегнирлеуші агенттің әсерін зерттеу. *Әдістеме.* Карбонизация жоғары меншікті беттік ауданы бар көміртекті сорбенттерді алуға мүмкіндік беретіні анықталды. Рентгендік дисперсиялық талдау нәтижесінде, карбонизделген күріш қауызының құрамында 86,57% көміртегі және 1,75% кремний бар екендігі анықталды. *Нәтижелер мен пікірталас.* Импрегнирленген көміртегі-кремний сорбенттерінің меншікті беттік ауданын және кеуек мөлшерін өлшеу жүргізілді. Импрегнирлеуші агенттердің көміртегі-кремний сорбентінің сорбициялық сипаттамаларына әсерін зерттеу құрамындағы хлоргексидин мен таннин концентрациясының жоғарылауы сорбенттердің меншікті бетінің және кеуек көлемінің ұлғаюына әкелетінін көрсетті. *Қорытынды.* Көміртекті сорбентті импрегнациялау меншікті бетінің 320 г/м<sup>2</sup>-ден 350 г/м<sup>2</sup>-ге дейін, кеуектердің үлес көлемі 0.1256 см<sup>3</sup>/г-ден 0.1399 см<sup>3</sup>/г-ға дейін өсуіне әкелетіні анықталды.

**Түйінді сөздер:** сорбент, фильтр, ауа тазарту, хлоргексидин биглюконат, таннин, импрегнирлеуші агент, бактерицид, карбонизация, меншікті беті, күріш қауызы.

<i>Байсейтов Даурен Алмасович</i>	<i>PhD, аға оқытушы, бас ғылыми қызметкер</i>
<i>Тулепов Марат Изтлеуович</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, жетекші ғылыми қызметкер</i>
<i>Диханбаев Кадыржан Кенжеевич</i>	<i>физико-математика ғылымдарының докторы, профессор, аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Кудьярова Жанар Баймахановна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Мутушев Алибек Жумабекович</i>	<i>PhD, аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Бийсенбаев Махмұт Ахметжанович</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер</i>

## Список литературы:

1. В.И.Сергиенко, Л.А. Земнухова, А.Г. Егоров, Е.Д.Шкорина, Н.С.Василюк. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи. *Российский химический журнал*, **2004**, No 3., 116-24. <https://cyberleninka.ru/article/n/vozobnovlyaemye-istochniki-himicheskogo-syrya-kompleksnaya-pererabotka-othodov-proizvodstva-risa-i-grechihi/viewer>

2. Mansurov Z.A., Velasco L.F., Lodewyckx P., Doszhanov E.O., Azat S. Modified Carbon Sorbents Based on Walnut Shell for Sorption of Toxic Gases. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. **2022**, 95, 1383-1392. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10891-022-02607-7>.
3. Baiseitov D.A., Tulepov M.I., Sassykova L.R., Gabdrashova Sh.E., Essen G.A., Kudaybergenov K.K., Mansurov Z.A. Sorption capacity of the oil sorbents for removing of thin films of oil. *Bulgarian Chemical Communications*. **2017**, 49, P.335-338. [http://bcc.bas.bg/BCC\\_Volumes/Volume\\_49\\_Number\\_2\\_2017/49-2-2017-3913-Baiseitov-335-338.pdf](http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_49_Number_2_2017/49-2-2017-3913-Baiseitov-335-338.pdf).
4. Rawaid Khan, Abdul Jabbar, Irshad Ahmad, Wajid Khan, Akhtar Naeem Khan, Jahangir Mirza. Reduction in environmental problems using rice-husk ash in concrete. *Construction and Building Materials*. **2012**, 30, 360-365. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.11.028>
5. Moayed Hossein, Aghel Babak, Abdullahi Mu'azu Mohammed, Nguyen Hoang, Safuan A Rashid, Ahmad. Applications of rice husk ash as green and sustainable biomass. *Journal of Cleaner Production*, **2019**, 237, 117851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117851>
6. Нуралиев М.А., Баешов Б.Б., Досымбетова М.И., Аблайханова Н.Т., Павлюков А.Б. Биохимические и морфологические изменения в системе мочеиспускания на фоне применения биологически активной добавки «Фитосорб - Алтын жебе». *ҚР ҒҒА хабарлары = Изв. НАН РК. Сер. биологическая и медицинская*, **2017**. No 6., 59-64. <http://library.kz/en/electronic-library/the-scientific-journals-of-the-national-academy-of-sciences-of-the-republic-of-kazakhstan/119-journalsnark/2010-10-03-11-53-53/1931-izvestiya-nan-rk-seriya-biologicheskaya-i-meditsinskaya-2017-g-6.html>
7. Ibragimova Olga P., Omarova Anara, Bukenov Bauyrzhan, Zhakupbekova Aray, Baimatova Nassiba. Seasonal and spatial variation of volatile organic compounds in ambient air of Almaty city, Kazakhstan. *Atmosphere*. **2021**, 12, 1592. <https://doi.org/10.3390/ATMOS12121592>
8. Chiang YC, Chiang PC, Huang CP. et al. Effect of pore structure and temperature on VOC adsorption on activated carbon. *Carbon*. **2001**, 39, 523-534. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00161-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00161-5)
9. Shen Ye, Li Changwei, Dong Hongjun. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Internal Medicine*, **2020**, 180, 1665-1671. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>
10. Baldwin Andrew, Booth Brian. Biomedical applications of tannic acid. *Journal of Biomaterials Applications*. **2022**, 36, 1503-1523. <https://doi.org/10.1177/08853282211058099>

## References

1. V.I.Sergienko, L.A. Zemnuhova, A.G. Egorov, E.D.Shkorina, N.S.Vassiliuk. Vozobnovlyaemye istochniki himicheskogo syria: kompleksnaya pererabotka othodov proizvodstva risa i grechihi. *Rossiskii himicheskii zhurnal*. **2004**, No 3., 116-24 (In Russ.). <https://cyberleninka.ru/article/n/vozobnovlyaemye-istochniki-himicheskogo-syria-kompleksnaya-pererabotka-othodov-proizvodstva-risa-i-grechihi/viewer>
2. Mansurov Z.A., Velasco L.F., Lodewyckx P., Doszhanov E.O., Azat S. Modified Carbon Sorbents Based on Walnut Shell for Sorption of Toxic Gases. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. **2022**, 95, 1383-1392. <https://doi.org/10.1007/s10891-022-02607-7>
3. Baiseitov D.A., Tulepov M.I., Sassykova L.R., Gabdrashova Sh.E., Essen G.A., Kudaybergenov K.K., Mansurov Z.A. Sorption capacity of the oil sorbents for removing of thin films of oil. *Bulgarian Chemical Communications*. **2017**, 49, P.335-338. [http://bcc.bas.bg/BCC\\_Volumes/Volume\\_49\\_Number\\_2\\_2017/49-2-2017-3913-Baiseitov-335-338.pdf](http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_49_Number_2_2017/49-2-2017-3913-Baiseitov-335-338.pdf).
4. Rawaid Khan, Abdul Jabbar, Irshad Ahmad, Wajid Khan, Akhtar Naeem Khan, Jahangir Mirza. Reduction in environmental problems using rice-husk ash in concrete. *Construction and Building Materials*. **2012**, 30, 360-365. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.11.028>
5. Moayed Hossein, Aghel Babak, Abdullahi Mu'azu Mohammed, Nguyen Hoang, Safuan A Rashid, Ahmad. Applications of rice husk ash as green and sustainable biomass. *Journal of Cleaner Production*, **2019**, 237, 117851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117851>
6. Nuraliev M.A., Baeshov B.B., Dossymbetova M.I., Ablaihanova N.T., Pavliukov A.B. Биохимические и морфологические изменения в системе мочеиспускания на фоне применения биологически активной добавки «Фитосорб»-Алтын жебе. *KR UGA habarlary=Izv.NAN RK. Ser.biologicheskaya i meditsinskaya*. **2017**, No 6., 59-64 (In Russ.). <http://library.kz/en/electronic-library/the-scientific-journals-of-the-national-academy-of-sciences-of-the-republic-of-kazakhstan/119-journalsnark/2010-10-03-11-53-53/1931-izvestiya-nan-rk-seriya-biologicheskaya-i-meditsinskaya-2017-g-6.html>

[journalsnanrk/2010-10-03-11-53-53/1931-izvestiya-nan-rk-seriya-biologicheskaya-i-meditinskaya-2017-g-6.html](https://journalsnanrk/2010-10-03-11-53-53/1931-izvestiya-nan-rk-seriya-biologicheskaya-i-meditinskaya-2017-g-6.html)

7. Ibragimova Olga P., Omarova Anara, Bukenov Bauyrzhan, Zhakupbekova Aray, Baimatova Nassiba. Seasonal and spatial variation of volatile organic compounds in ambient air of Almaty city, Kazakhstan. *Atmosphere*. **2021**, 12, 1592. <https://doi.org/10.3390/ATMOS12121592>

8. Chiang YC, Chiang PC, Huang CP. et al. Effect of pore structure and temperature on VOC adsorption on activated carbon. *Carbon*. **2001**, 39, 523-534. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00161-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00161-5)

9. Shen Ye, Li Changwei, Dong Hongjun. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Internal Medicine*, **2020**, 180, 1665-1671. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>

10. Baldwin Andrew, Booth Brian. Biomedical applications of tannic acid. *Journal of Biomaterials Applications*. **2022**, 36, 1503-1523. <https://doi.org/10.1177/08853282211058099>