

**ISSN: 1991-346X (Print)**  
**ISSN: 2518-1726 (Online)**

**ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**Nº3  
2025**

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 3



**ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND  
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**Editor-in-Chief:**

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

**Editorial Board:**

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**ADEKONOV Sergazy Mynzhasarovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

**ABIEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

**OLIVIERO Rossi Cesare**, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

**TIGINYANU Ion Mihailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

**SANG SU Kwak**, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daejeon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**BERSIMBAEV Rakhatmetkazhi Iskenderovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

**CALANDRA Pietro**, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich**, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**BURKITBAEV Mukhambetkali**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

**QUEVEDO Hernando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

**ZHUSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

**TAKIBAEV Nurgali Zhabagayevich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

**KHARIN Stanislav Nikolaevich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**ABISHEV Medeu Erzhanovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

**ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich**, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" , (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

**ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № KZ93VPY00121157 issued 05.06.2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

**Бас редактор:**

**ЖУРЫНОВ Мурат Жүрінұлы**, химияғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, КР ҰҒА РКБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

**Редакция ұжымы:**

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәліұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы**, химияғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингтің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбітұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеттің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

**ӘБИЕВ Рұфат**, техникағылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының мөнгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

**ОЛИМПЬЕРО Rossi Cesare**, PhD (химия), Калабрия университеттің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=5722137597>

**ТИГИНИНУ Ион Михайлович**, физика-математикағылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университетті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

**САНГ-СУ Квак**, PhD (биохимия, арохимия), профессор, Корея Биогылым және биотехнологияғылыми-зерттеу институты (KRIBB), осімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқожыл Әскендерұлы**, биологияғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетті (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

**КАЛАНДРА Пьетро**, PhD (физика), нанокүрьымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазғыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабийнадағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**Бұркітбаев Мұхамбетқали**, химияғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университетті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

**ЖҮСІСПОВ Марат Абжанұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математикағылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Колданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

**ТАКІБАЕВ Нұргали Жабагаұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербұланович**, физика-математикағылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

**ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнутталайұлы**, химияғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы «Отын, катализ және электрохимия институты» АҚ бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

**ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасос басылымын, ақпарат агенттігін және желелік басылымды қайта есепке қою туралы КР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № KZ93VPY00121157 Қуалық.

Такырыптық бағыты: *физика, химия*.

Мерзімділігі: жылдана 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Главный редактор:

**ЖУРИНОВ Мурат Журинович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**РАМАЗАНОВ Тлеекабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

**АБИЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

**ОЛИВЬЕРО Rossi Чезаре**, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрия (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

**ТИГИНИЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионики и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**БЕРСИМБАЕВ Раҳметқажи Исқендирович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**БОШКАЕВ Куантай Авғазыевич**, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**БҮРКИТТАЕВ Мұхамбетқали**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

**ЖУСПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

**ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербұланович**, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**АБИШЕВ Медеу Ержанович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

**АБИЛЫМАГЖАНОВ Арлан Зайнаптұлаевіч**, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № KZ93VPY00121157 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан 05.06.2025

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

**CONTENTS****PHYSICS****M.B. Albatyrova**

- Energy evolution equation in a nonlinear spin system: derivation and numerical modeling.....11

**E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, A.K. Shongalova, O.A. Shilova**

- Effect of the precursor concentration on the morphology and photosensitivity of the resulting ZnO thin films.....21

**A. Istlyap, L. Myasnikova, A. Lushchik**

- Computer simulation of the electrical properties of a carbon sheet with alkali metal iodide crystals.....33

**A. Kenesbayeva, Ye.I. Kuldeev, E.O. Shalenov, T.B. Nurpeissova**

- Determination of the gravitational constant.....49

**Sh.T. Nurmakhametova, N.L. Vaidman, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev,****A.A. Khokhlov**

- The emission-line dusty object IRAS 07080+0605: evidence for binarity.....60

**E.Otunchi, A.A. Migunova, A.Umirzakov, N.Tokmoldin**

- Effect of the composition of the film-forming system on the properties of SnO<sub>2</sub> films obtained by spray pyrolysis.....71

**U.A. Ualikhanova, A.N. Abdipatta, O.V. Razina, A.M. Syzdykova, G.S. Altayeva**

- Bulk viscosity in f(T) gravity and its impact on cosmological evolution.....83

**A.Zh. Umirbayeva, L. Aktay, L.N. Kondratyeva, I.M. Izmailova, A. Shomshekova**

- Methodology for the reduction of archival slit spectra of planetary nebulae.....99

**N. Egletesadi, S.S. Uzakbaeva, Z.K. Aimaganbetova, N.N. Zhanturina,****A.Z. Bekeshev**

- Prediction of the kinetic properties of low-density polyethylene.....115

**D. Yurin, D. Kuvatova, A. Glushenko, Ch. Omarov, M. Makukov**

- Analysis of the limits of direct n-body simulation using Nvidia RTX4090 GPU cards.....131



**CHEMISTRY**

<b>A.S. Beisenova, A.A. Zhanybekova, M.M. Duysebaeva, G.E. Berganaeva</b> Study of the chemical composition of <i>Centaurea diffusa</i> Lam. growing in the territory of Almaty region.....	146
 <b>N.N. Berikbol, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev</b> Synthesis of interpolyelectrolyte complexes from fluorescently labeled biopolymers.....	161
 <b>O.A.Yessimova, S.Sh. Kumargaliyeva, B.K. Musabekov, A.K. Konysbek</b> Colloidal - chemical properties of alhagi and tansy ( <i>tanacetum</i> ) hydrolates.....	182
 <b>R.N. Zhanaliyeva, B. Imangaliyeva, B. Torsykbaeva, R. Kozykeyeva</b> Catalytic hydrogenation of carbonyl-containing compounds: mechanism, catalysts and application.....	193
 <b>M.A. Zhumash, K. Tilegen, Y.A. Boleubayev, S.S. Itkulova</b> Dry reforming of methane over the high active Co-Fe-Ir-containing alumina supported catalyst.....	207
 <b>M. Ibrayeva, N. Sagdollina, Zh. Mukazhanova, Sh. Sanyazova, M.Ozturk</b> Optimization of flavonoid extraction conditions from a plant of the genus <i>Symphyotrichum novi-belgii</i> .....	218
 <b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova</b> Supramolecular polymeric receptors for binding alkali metal ions.....	228
 <b>Y.A. Mussatay, M.I. Tulepov</b> Carbon filters from rice husk for air purification in confined spaces.....	238
 <b>A.Zh. Mutushev, A.B. Seisenova, O.S. Kapizov, A.M. Nuraly, D.K. Mukhanov</b> Integrated process for the synthesis of carbon–silicon nanocomposites from biowaste and metallurgical sludge.....	258
 <b>A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, D.A. Zhumadullaev, M. Zhurinov</b> Influence of metal surface mechanical preparation on the properties of phosphate coatings.....	274



**МАЗМУНЫ**

**ФИЗИКА**

**М.Б. Альбатырова**

- Сызықтық емес спиндік жүйедегі энергия эволюциясының тендеуі:  
шығарылуы және сандық модельдеу.....11

**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**

- Прекурсор концентрациясының алынған жүқа ZnO жабындарының  
құрылымы мен фотосезімталдығына әсері.....21

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,**

**А.З. Бекешев**

- Төмен тығыздықтағы полиэтиленнің кинетикалық қасиеттеріне  
болжай жасау.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**

- Сілтілі металл иодидтерінің кристалдарымен көміртек қабатының  
электрлік қасиеттерін компьютерлік модельдеу.....49

**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпейисова**

- Гравитациялық тұрақтыны анықтау.....60

**Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов**  
IRAS 07080+0605 әмиссиялық объекті: екіжүлдіздық жүйенің дәлелі.....71

**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**

- Жабын тұзуші жүйе құрамының спрей-пиролиз әдісімен алынған  
SnO<sub>2</sub> жабындарының қасиетіне әсері.....83

**Ү.А. Уалиханова, А.Н. Әбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**  
f(T) гравитациясындағы көлемдік тұтқырлық және оның  
космологиялық эволюцияға әсері.....99

**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,**

**С.А. Шомшекова**

- Планетарлық тұмандықтардың архивтік сақылаулы спектрлерін  
өндөу әдістемесі.....115

**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. Макуков**

- N-бөлшекті тікелей үлгілеудің шектерін Nvidia RTX 4090  
GPU-карталарын пайдаланып талдау.....131

## ХИМИЯ

<b>А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева</b>	
Алматы облысының аумағында өсетін шашыңқы гүлкекіре Centaurea diffusa lam. өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу.....	146
<b>Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нургалиев</b>	
Флуоресцентті таңбаланған биополимерлерден интерполиэлектролиттік комплексті синтездеу.....	161
<b>О.А. Есимова, С.Ш. Құмарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек</b>	
Жантак және түймешетен гидролаттарының коллоидтық-химиялық қасиеттері.....	182
<b>Р.Н. Жаналиева, Б. Имангалиева, Б.Б. Торсықбаева, Р. Козыкеева, Р.Ә. Ходжаназаров</b>	
Құрамында карбонил бар қосылыстардың каталитикалық гидрогенизациясы: механизмі, катализаторлары және қолданылуы.....	193
<b>М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова</b>	
Алюминий тотығына қондырылған жоғары белсенді Co-Fe-Ir құрайтын катализатордағы метанның құргақ риформингі.....	207
<b>М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Санъязова, М. Ozturk</b>	
Symplyotrichum novi-belgii тұқымдас өсімдіктен flavonoidтарды алу жағдайларын оңтайландыру.....	218
<b>М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова</b>	
Сілтілік металл иондарын байланыстыруға арналған супрамолекулалық полимерлік рецепторлар.....	228
<b>Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов</b>	
Шағын кеңістіктегі ауаны тазартуға арналған күріш қауызы негізіндегі көміртек құрамды сүзгілер.....	238
<b>А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, Ө.С. Капизов, Ә.М. Нұралы, Д.К. Муханов</b>	
Биоқалдықтар мен металургиялық шламнан көміртек–кремний нанокомпозиттерін синтездеудің интеграцияланған әдісі.....	258
<b>А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов</b>	
Металдар бетін механикалық дайындаудың фосфатты жабындар қасиеттеріне әсері.....	274



**СОДЕРЖАНИЕ****ФИЗИКА****М.Б. Альбатырова**

- Уравнение эволюции энергии в нелинейной спиновой системе:  
вывод и численное моделирование.....11

**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.К. Шонғалова, О.А. Шилова**

- Влияние концентрации прекурсора на морфологию и фоточувствительность  
получаемых тонких пленок ZnO.....21

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**

- Компьютерное моделирование электрических свойств углеродного листа  
с кристаллами йодидов щелочных металлов.....33

**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

- Определение гравитационной постоянной.....49

**Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов**

- Эмиссионный пылевой объект IRAS 07080+0605: доказательство двойной  
природы.....60

**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**

- Влияние состава пленкообразующей системы на свойства пленок  
SnO<sub>2</sub>, полученных методом спрей-пиролиза.....71

**У.А. Уалиханова, А.Н. Эбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**

- Объемная вязкость в f(T) гравитации и ее влияние  
на космологическую эволюцию.....83

**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,  
С.А. Шомшекова**

- Методика обработки архивных щелевых спектров планетарных туманностей...99

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурин,****А.З. Бекешев**

- Прогнозирование кинетических свойств полиэтилена низкой плотности.....115

**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глушенко, Ч. Омаров, М. Макуков**

- Анализ пределов прямого моделирования n-тел с использованием  
GPU-карт Nvidia RTX4090.....131

## ХИМИЯ

<b>А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, М.А. Дюсебаева, Г.Е. Берганаева</b> Исследование химического состава василек раскидистый <i>Centaurea diffusa</i> Lam., растущий на территории Алматинской области.....146
<b>Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нургалиев</b> Синтез интерполиэлектролитных комплексов на основе флуоресцентно-меченых биополимеров.....161
<b>О.А. Есимова, С.Ш. Кумаргалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Конысбек</b> Коллоидно-химические свойства гидролатов верблюжьей колючки и пижмы...182
<b>Р.Н. Жаналиева, Б. Имангалиева, Б.Б. Торсынбаева, Р. Козыкеева, Р.Э. Ходжаназаров</b> Катализитическое гидрирование карбонилсодержащих соединений: механизм, катализаторы и применение.....193
<b>М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова</b> Сухой риформинг метана на высокоактивном Co-Fe-Ir содержащем нанесенном на оксид алюминия катализаторе.....207
<b>М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Санъязова, М. Ozturk</b> Оптимизация условий экстракции флавоноидов из растения рода <i>Symphytum novi-belgii</i> .....218
<b>М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилькасова</b> Супрамолекулярные полимерные рецепторы для связывания ионов щелочных металлов.....228
<b>Е.А. Мұсатай, М.И. Түлепов</b> Углеродные фильтры из рисовой шелухи для очистки воздуха в стесненных помещениях.....238
<b>А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, О.С. Капизов, А.М. Нуралы, Д.К. Муханов</b> Интегрированная технология получения углеродно-кремниевых нанокомпозитов из биоотходов и металлургических шламов.....258
<b>А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Да.А. Жумадуллаев, М. Журинов</b> Влияние механической подготовки поверхности металла на свойства фосфатных покрытий.....274



© Y.A. Mussatay\*, M.I. Tulepov, 2025.

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: esenshon104@mail.ru

## CARBON FILTERS FROM RICE HUSK FOR AIR PURIFICATION IN CONFINED SPACES

**Mussatay Yessengeldi** — 2nd year doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Department of Chemical Physics and Materials Science, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: esenshon104@mail.ru, ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0002-3735-0886>;

**Tulepov Marat** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Physics and Materials Science, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: marat.tulepov@kaznu.kz, ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-6449-9571>.

**Abstract.** The high protective efficiency of filters used in the ventilation systems of vehicles, underground mining workings, industrial facilities, and enclosed airtight spaces (armored vehicles, submarines, spacecraft) is a crucial factor in ensuring the safety of personnel and crew. This study presents the results of an investigation into the composition, textural, and sorption properties of a multichannel carbon-based filtering material developed for air purification from biological (infectious) contaminants. The filter is a cylindrical multichannel block fabricated via extrusion of a pliable mixture of rice husk char and binders, followed by firing, activation, and demineralization. The operating principle is based on air disinfection through contact with a porous material impregnated with broad-spectrum agents active against bacteria, bacilli, protozoa, and fungi. The high sorption capacity of the material and the large contact surface area of the filter enhance its purification efficiency. X-ray diffraction analysis revealed the presence of amorphous carbon with a turbostratic structure, predominantly containing sp- and sp<sup>2</sup>-hybridized carbon atoms not incorporated into regular graphene lattices. The operational efficiency of the filter-ventilation system is evaluated based on the reduction in airborne dust concentration, taking into account its particle size distribution. The results confirm the potential of the proposed material for application in air purification and disinfection systems under conditions of elevated biological risk. Future research should focus on optimizing synthesis conditions and investigating the adsorption kinetics of pollutants, which will enable broader application in water purification systems and environmental protection.

**Keywords:** Sorbent, filter, air purification, carboxymethyl cellulose, rice husk, ventilation system



© Е.А. Мұсатай\*, М.И. Тулепов, 2025.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: esenshon104@mail.ru

## ШАҒЫН КЕҢІСТІКТЕГІ АУАНЫ ТАЗАРТУФА АРНАЛҒАН КҮРІШ ҚАУЫЗЫ НЕГІЗІНДЕГІ КӨМІРТЕК ҚҰРАМДЫ СҮЗГІЛЕР

**Мұсатай Есенгелді Амангелдіұлы** — 2-курс доктаранты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Химиялық физика және материалтану кафедрасы, Алматы, Қазақстан, E-mail: esenshon104@mail.ru, ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0002-3735-0886>;

**Тулепов Марат Изтлеуович** — химия ғылымдарының кандидаты, Химиялық физика және материалтану кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Химия және химиялық технология факультеті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: marat.tulepov@kaznu.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6449-9571>.

**Аннотация.** Көлік құралдарының желдету жүйелерінде, жер астындағы кен өндіру орындарында, өнеркәсіптік нысандарда және жабық герметикалық кеңістіктерде (бронетехника, сұнгуір қайықтар, гарыш аппараттары) қолданылатын сұзгілердің жоғары қорғаныш тиімділігі персонал мен жеке құрамның қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады. Бұл зерттеу ауаны зиянды газдармен ластанудан тазартуға арналған көп арналы көміртекті сұзгі материалының құрамын, құрылымын және сорбциялық қасиеттерін зерттеу нәтижелерін ұсынады. Сұзгі-цилиндрлік көп арналы блок, ол қүріш қабығының карбонизатының пластикалық қоспасын байланыстырығыш заттармен экструзиялау арқылы жасалады, содан кейін күйдіру, белсендіру және минералдандыру жүреді. Сұзгінің жұмыс принципі кең спектрлі және бактерияларға, бациллаларға, қарапайымдыларға, санырауқұлактарға қарсы белсенді заттармен импрегнацияланған кеуекті материалдың бетімен байланыста болған кезде ауа ағынын дезинфекциялауга негізделген. Материалдың жоғары сорбциялық қабілеті және сұзгінің үлкен жанасу беті ауаны тазарту тиімділігіне ықпал етеді. Рентгендік дифракциялық талдау тұрақты графен торларына ендірілмеген sp - және sp<sup>2</sup>-бұдандастырылған көміртек атомдары басым турбостратикалық құрылымда аморфты көміртектің болуы анықталды. Сұзгі желдету жүйесінің жұмыс тиімділігі оның дисперсті құрамын ескере отырып, ауа ортасындағы шаң концентрациясының төмендеу дәрежесі бойынша анықталады. Нәтижелер жоғары биологиялық қауіп жағдайында ауаны тазарту және дезинфекциялау жүйелерінде пайдалану үшін ұсынылған материалдың әлеуетін растайды. Болашақ зерттеулерді синтез жағдайларын оңтайландыруға және ластаушы заттардың адсорбция кинетикасын зерттеуге бағыттау орынды, бұл олардың су тазарту жүйелерінде және қоршаған органдың қорғау технологияларында қолданылу аясын көнегейтүге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** сорбент, сұзгі, ауаны тазарту, карбоксиметилцеллюлоза, құріш қауызы, желдету жүйесі

© Е.А. Мұсатай\*, М.И. Тулепов,

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.  
E-mail: esenshon104@mail.ru

## УГЛЕРОДНЫЕ ФИЛЬТРЫ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В СТЕСНЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Мұсатай Есенгелді Амангелдіұлы** — докторант 2-го курса, КазНУ им. аль-Фараби, кафедра Химической физики и материаловедения, Алматы, Қазақстан,

E-mail: esenshon104@mail.ru, ORCID ID:<https://orcid.org/0000-0002-3735-0886>;

**Тулепов Марат Изтлеуович** — кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры Химической физики и материаловедения, факультет Химии и химической технологии, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: marat.tulepov@kaznu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6449-9571>.

**Аннотация:** Высокая защитная эффективность фильтров, применяемых в системах вентиляции транспортных средств, подземных горных выработок, промышленных объектов и замкнутых герметичных пространств (бронетехника, подводные лодки, космические аппараты), является важным условием обеспечения безопасности персонала и личного состава. В данном исследовании представлены результаты изучения состава, текстурных и сорбционных свойств многоканального углеродного фильтрующего материала, разработанного для очистки воздуха от биологических (инфекционных) загрязнений. Фильтр представляет собой цилиндрический многоканальный блок, изготавливаемый экструзией пластичной смеси карбонизата рисовой шелухи со связующими веществами, с последующим обжигом, активацией и деминерализацией. Принцип работы фильтра основан на дезинфекции потока воздуха при контакте с поверхностью пористого материала импрегнированными веществами обладающими широким спектром действия и активных в отношении бактерий, бацилл, простейших, грибов. Высокая сорбционная способность материала и большая контактная поверхность фильтра способствуют эффективности очистки воздуха. Рентгеновский дифракционный анализ выявил наличие аморфного углерода в турбостратической структуре с преобладанием sp- и sp<sup>2</sup>- гибридизированных атомов углерода, не встроенных в регулярные графеновые решетки. Рабочая эффективность фильтровентиляционной системы определяется по степени снижения концентрации пыли в воздушной среде с учётом её дисперсного состава. Полученные результаты подтверждают потенциал предлагаемого материала для использования в системах очистки и дезинфекции, воздуха в условиях повышенного биологического риска. Будущие исследования целесообразно сосредоточить на оптимизации условий синтеза и изучении кинетики адсорбции загрязняющих веществ, что позволит расширить потенциал их применения в системах очистки воды и технологиях охраны окружающей среды.

**Ключевые слова:** сорбент, фильтр, очистка воздуха, карбоксиметилцеллюлоза, рисовая шелуха, вентиляционная система



**Введение.** В воздухе атмосферы всегда присутствуют различные примеси, которые классифицируются как физические, механические и биологические загрязнители воздуха. Механические загрязнения включают твёрдые частицы различного размера и состава, обладающие абразивными свойствами (пыль, частицы металлов, минеральные примеси). Они могут образовываться в результате процессов горения органического топлива, строительных и горнодобывающих работ, а также при подземных операциях (Родионов, 1989). Физические факторы загрязнения атмосферы связаны с воздействием искусственных источников, также к физическим факторам можно отнести тепловые, шумовые, электромагнитные и радиоактивные излучения. К биологическим загрязнениям относятся размножения микроорганизмов в результате антропогенной деятельности. Разные загрязнения отличаются воздействием и свойствами. К токсичным веществам в атмосферном воздухе являются: CO (оксид углерода), NO<sub>x</sub> (оксиды азота), SO<sub>2</sub> (диоксид серы), пылевые частицы, различные углеводороды (Буренин, 2004).

С учетом токсичности, распространенности, а также опасности загрязнители классифицируются на группы: основные (критериальные) вещества, загрязняющие атмосферу – это фотохимические оксиданты, углеводороды, диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, твердые частицы; ароматические полициклические углеводороды, пестициды; постоянные газы (фторхлорметаны, диоксид углерода и пр.); загрязнители, оказывающие разностороннее воздействие на живой организм (альдегиды, озон, полихлорированные бифенилы (ПХБ), нитраты, нитрозамины, сульфаты и пр.) (Попова, 2021).

С ростом технологических линий промышленных объектов, развитие стройиндустрии и производства, углубления в объектах добычи полезных ископаемых значительно повысились требования к санитарной и технологической чистоте воздуха, что явилось результатом разработки обновленных стандартов и других документов (Mutushev, 2025; Атаманов, 2017). Существуют новые стандарты оценки качества воздушных фильтров в Европе EN 779-93 и EN 1822-98, который является стандартом для фильтров очистки воздуха, устанавливаемых в системах кондиционирования и вентиляции зданий и сооружений. В условиях подземной добычи в горнодобывающем секторе, метро и туннелестроении в условиях ограниченной проветриваемости помещении появляются возбудители опасных и особо опасных инфекционных заболеваний, и защита работающего персонала остается весьма актуальной проблемой. Она требует постоянного совершенствования существующих, а также разработки новых средств и методов обеспечения биологической безопасности.

Решением этих проблем остается вентиляция и поиск эффективных фильтрующих материалов с целью изготовления на их основе новых высокоэффективных антибактериальных фильтров очистки воздуха. Для высокоэффективной очистки воздуха наибольшее применение находят фильтры на основе тонковолокнистых материалов из ультратонких стеклянных и синтетических волокон, металлокерамики, а также базальтового супертонкого (0,1–0,4 мкм) волокна (Chiang, 2001).

Подбор и оптимизация свойств фильтрующих материалов основаны на экспериментальной оценке их защитной эффективности с помощью физико-химических и биологических индикаторов. В микробиологической практике обычно используются фильтры, изготовленные на основе волокнистых фильтрующих материалов, имеющие значительную поверхность фильтрации. Отечественной промышленностью серийно выпускаются высокоэффективные фильтры на основе фильтрующего материала из поликарбонитрилового волокна для очистки технологического воздуха.

Загрязнение атмосферного воздуха - одна из наиболее актуальных экологических и социальных проблем современности. Загрязнённый воздух содержит различные твёрдые частицы, вредные химические газы, а также бактерии, вирусы и другие вредные примеси. Влияние этих загрязняющих веществ на организм человека и экосистемы тщательно изучено, и доказано, что они способствуют развитию многочисленных заболеваний и увеличению показателей преждевременной смертности. Атмосферный воздух может содержать широкий спектр вредных газообразных примесей, включая соединения серы и азота (такие как диоксид серы -  $\text{SO}_2$ , сульфат-анионы -  $\text{SO}_4^{2-}$ , нитрат-анионы -  $\text{NO}_3^-$ ), оксиды углерода (например, угарный газ -  $\text{CO}$ ), формальдегид ( $\text{HCHO}$ ), а также различные летучие органические соединения. В последние годы серьёзную обеспокоенность вызывает также распространение бактерий и вирусов, передающихся воздушно-капельным путём. В связи с этим возрастает необходимость в разработке эффективных и безопасных воздушных фильтров (Сульга, 2001; Дроздов, 2007).

Современные воздушные фильтры, используемые в системах жизнеобеспечения, как правило, основаны на механических и адсорбционных механизмах очистки. Однако в условиях замкнутых пространств бронетехники их эффективность по инактивации биологических загрязнителей, включая бактерии и вирусы, остаётся недостаточной. Это создаёт риск распространения инфекционных агентов среди экипажа, особенно при длительном пребывании в герметичной среде. В связи с этим актуальной задачей является разработка фильтрующих материалов с выраженным антибактериальным свойствами, способных не только улавливать патогенные микроорганизмы, но и эффективно подавлять их жизнедеятельность, при этом оставаясь экономически целесообразными. (Cuadros-Lugo, 2022; Jahan, 2024)

На сегодняшний день угольные фильтры находят широкое применение как в бытовых, так и в промышленных условиях - включая удаление табачного дыма, паров лакокрасочных материалов и химических растворителей. Они также используются в автомобильных системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Степень эффективности таких фильтров напрямую зависит от морфологии структуры, взаимодействия между фильтрующими компонентами и качества связующего материала. Использование волокнистых или наноструктурированных связующих позволяет усилить прочность фильтрующих слоёв и повысить степень улавливания загрязняющих веществ.

**Методы и материалы.** В ходе экспериментов использовались химические



реактивы аналитической чистоты без дополнительной очистки. Углеродные фильтрующие материалы были получены путем термической карбонизации рисовой шелухи в смеси пропана и бутана при температурах от 300 до 800°C. Температурный режим в трубчатом реакторе контролировался с помощью программируемой линейной системы нагрева от комнатной температуры до 800°C с выдержкой при максимальной температуре до 120 минут.

В качестве основного сырья была выбрана рисовая шелуха благодаря высокому содержанию органических и минеральных компонентов - а именно целлюлозы, лигнина, пентозанов и золы, последняя из которых состоит на 92–97% из диоксида кремния. Этот материал классифицируется как быстро возобновляемый и экологически чистый источник биомассы. Химический состав сырья, представленный в таблице 1, был определён методами классического («мокрого») химического анализа: содержание жиров - методом эфирной экстракции, белков - по содержанию азота с последующим пересчётом по методу Кельдаля, зольность - по остатку после прокаливания, влажность - по величине сухого остатка.

Таблица 1 - Химический состав 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
Протеин	1,21 – 8,75
Жиры	0,38 – 6,62

Выбор рисовой шелухи обусловлен тем, что в состав данного сырья входит целлюлоза, лигнин и минеральная зора, состоящая на 92-97% из диоксида кремния. Сыре из рисовой шелухи относится к быстро возобновляемым источникам и является экологически чистым.

В работе также использовались: Водород (марка А ГОСТ 3022-80) H<sub>2</sub> - 99,92% (O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO) - 0,08 %, H<sub>2</sub>O - 0,004%; Пропан; . Аргон (особой чистоты ГОСТ 10157-79) Ar - 99,992 %, O<sub>2</sub> - 0,0007 %, N<sub>2</sub> - 0,006 %;. Азот N<sub>2</sub> – 96,30 %, O<sub>2</sub> - 3,70 %, хлоргексидин биглюконат, дубильная кислота. Йод с концентрациями 50–340 мг/л, растворы тиосульфата натрия Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с концентрацией 0,01 М, крахмал (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> в качестве связующего компонента для карбонизатов углерода была применена карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>-<sub>x</sub>(OCH<sub>2</sub>COOH)<sub>x</sub>-]<sub>n</sub>). Для установления сорбционных равновесий использовали конические колбы на 250 мл.

Золу, полученную после сжигания рисовой шелухи, целесообразно дополнительно исследовать методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) для определения содержания кремния, кальция и других минеральных компонентов. Такой подход позволяет проследить динамику удаления кремния при обработке щелочью и оценить эффективность процесса модификации минеральной части сырья.

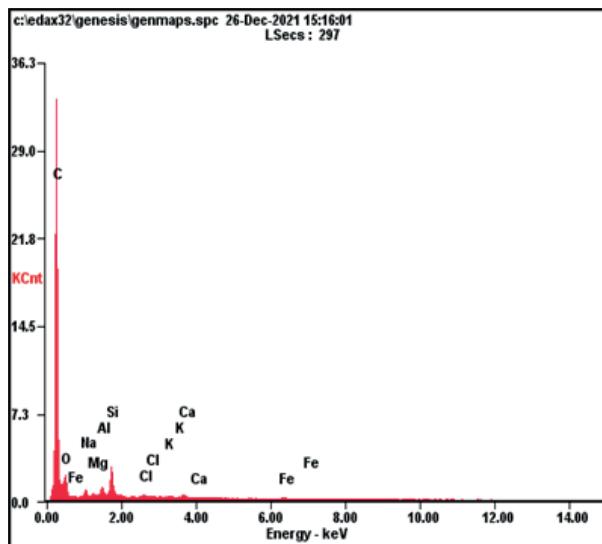


Рисунок 1 - Рентгено-флуоресцентный анализ материала блока.

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

Как видно из результатов анализа материал состоит основном из углерода и оксида кремния. В небольшом количестве присутствуют карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов.

**Характеристики материалов.** Для изготовления фильтра был выбран углеродно-кремниевый материал, полученный карбонизацией оболочки рисовой шелухи. Выбор определился пористостью с высокой удельной поверхностью и объёмом пор материала, а также наличием в его составе тонко диспергированных частиц углерода и оксида кремния. Для формования материала в фильтрующие блоки с сотовой структурой выполнен подбор связующего компонента, в качестве которого была применена карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). Варьируя соотношения карбонизата рисовой шелухи и КМЦ, была получена пластичная масса, пригодная для получения блоков с сотовой структурой методом экструзии. Изделия после формования в экструдере высушивались и подвергались термообработке с целью полной карбонизации. Дальнейшая обработка в кипящем растворе гидроокиси натрия проведена для частичной десиликации материала и увеличения объёма пор. При последующей физической активации блоков в среде углекислого газа материал блоков приобрел развитую макро- и микроструктуру с большим объемом пор.

Изделия после формования в экструдере высушивались и подвергались термообработке с целью полной карбонизации. Дальнейшая обработка в кипящем растворе гидроокиси натрия проведена для частичной десиликации материала и увеличения объема пор. При последующей физической активации блоков в среде углекислого газа материал блоков приобрел развитую макро- и микроструктуру с большим объемом пор.

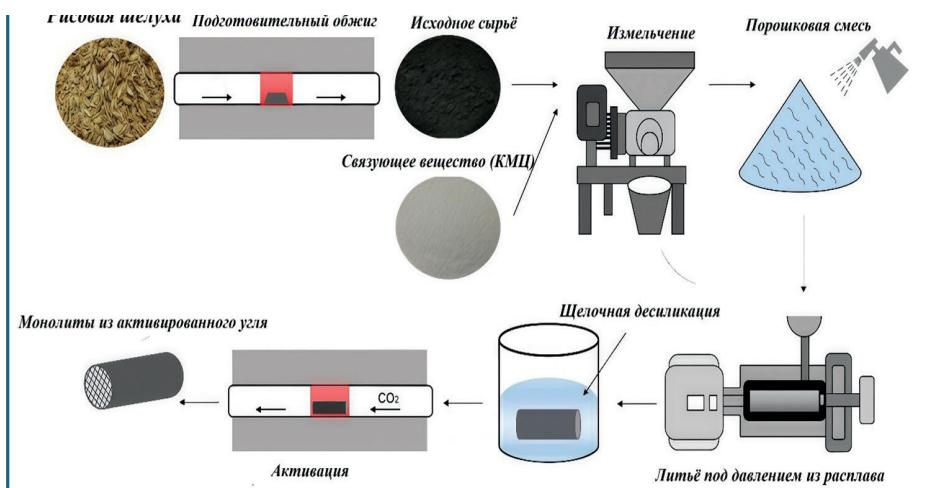


Рисунок 2 - Технологическая схема изготовления многоканального углеродного блока.

Проверку эффективности этих типов фильтрующих материалов можно осуществить на разработанной нами стеновой установке. Испытательная конструкция углеродно-кремниевых сорбентов (УКС) была собрана на двухкамерной емкости, крепленная из органического стекла, общим объемом  $25 \times 21 \times 15 \text{ см}^3$ . В качестве антибактериального компонента был взят хлоргексидин. Схема конструкции показана на рисунке 3. Передняя стенка изготовлена из листового полипропилена, где круглые образцы субстратов из углеродно-кремниевой подложки диаметром 44 мм и толщиной 1 см были закреплены в круглые отверстия передней стенки. Диаметр линейно-сквозных пор УКС составляет порядка 0,5-5,0 мкм. Всего таких подложек 9 штук.

Конструкция состоит из двух блоков, на первом блоке помещен блок питания для вентилятора. Вентилятор подключен к источнику постоянного тока, его мощность обеспечивается посредством переменного тока с напряжением 220 В, выходные напряжения и токи источника тока и вентилятора совпадают и составляют  $U \sim 12 \text{ В}$ ,  $I \sim 0.7 \text{ А}$ , соответственно.

Первый блок обеспечивает активный поток воздушной атмосферы через воздуховод вентилятора ко 2 второму блоку. На втором блоке устанавливается раствор хлоргексидина, помещённый в специальную емкость, с помощью низкочастотного минигенератора, испускающий хлоргексидин в виде пара в объем 2-го блока. Далее, поток хлоргексидина под давлением воздуха поступает в образцы углеродно-кремниевого сорбента. Здесь в сорбентах вирусы и бактериальные микрообъекты импрегнируются в узких мембранных и клеточных структурах мезапористой структуры углеристо-кремниевых образцах.

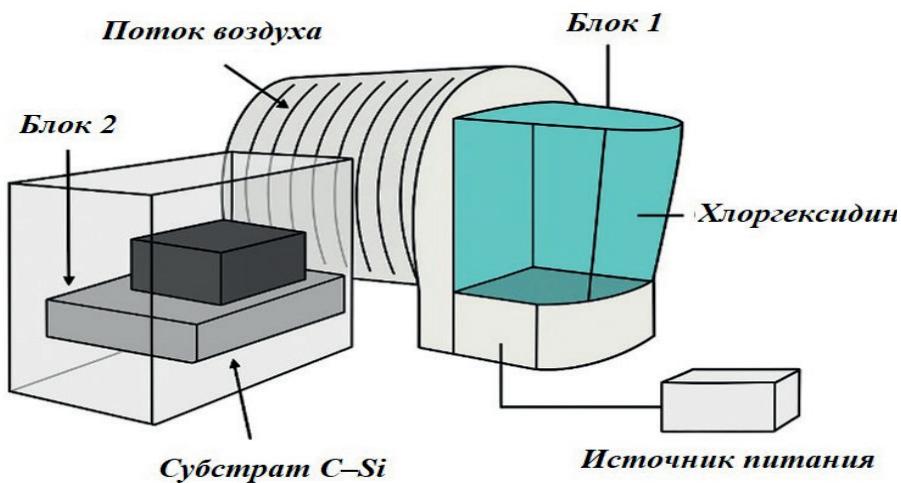


Рисунок 3 - Конструкция испытательного стенда воздушного потока углеродно-кремниевых сорбентов

На выходе, после прохождения из УКС импрегнированные воздушные массы раствора хлоргексидина распространяются в качестве спрея антивирусного и антибактерицидного вещества для защиты от инфекционных вирусов, микробов и бактерий. Таким образом, сорбенты с размерами 0,5-5,0 мкм предотвращают проникновение бактерий и вирусов наружу, что позволяет удалять вредные и опасные бактерии в воздухе. Данное устройство также можно использовать как дезинфицирующий прибор для домашних и бытовых целей, в этом случае во втором блоке вместо хлоргексидина можно заменить другим дезинфицирующим веществом.

Недостатком данной модели является то, что сравнительно большая часть очищаемого воздуха проходит через боковую поверхность фильтрующего элемента, для снижения этого эффекта была изготовлена модель миниатюрной конструкции углеродно-кремниевого сорбента для повседневного использования (рисунок 4), однако в этой конструкции отсутствует вентиляционная система в отличие от разработанного устройства на рисунке 3.

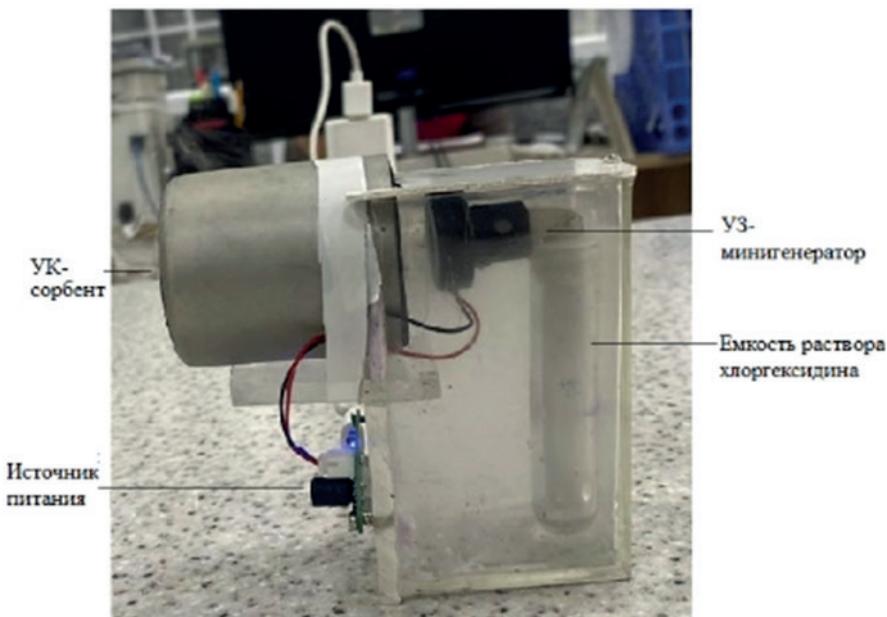


Рисунок 4 - Миниатюрной конструкции углеродно-кремниевого сорбента для повседневного использования

Как показано на рисунке 4, в конструкции углеродкремниевого сорбента включается система с низкочастотным минигенератором. Здесь ультразвуковой минигенератор используется в качестве источника распыления хлоргексидина и раствор распыляется через углеродно-кремниевый сорбент на окружающую среду. Время генерации распыления хлоргексидина зависит от количества содержания раствора в емкости. В частности, производительность рабочей смены составило от 4 до 10 часов.

Таким образом, время работы прибора за один раз достаточно для непрерывного функционирования в качестве детектора антивирусной и антибактерицидной спрей-защиты от инфекционных вирусов, бактерий и микробов для дезинфекции. В конце отметим, что изготовленные образцы углеродно-кремниевых сорбентов показали эффективную способность как импрегнирующий источник антибактерицидных и антивирусных спреев для окружающей воздушной среды.

#### **Результаты и обсуждение.**

#### **Спектроскопические исследования параметров углеродных фильтров**

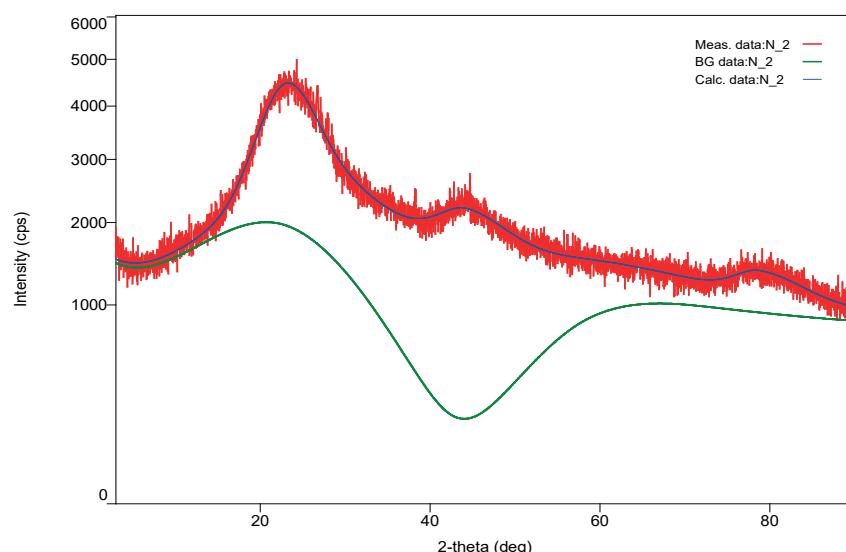
Углеродные фильтры снимались в спектрах методом РФА, как и следовало ожидать полученные углеродные материалы подвержены разнообразнымискажениям. Как показано на рисунке 4 наблюдается деформируемость углеродного каркаса, что связано с их высокой активностью и подвижностью графеновых стенок в углероде, в виду слабых ван-дер – валльсовского взаимодействия между атомами углерода.

Дифрактограммы от графитоподобных углей представляют совокупность

рефлексов 00l и hk, которые отвечают дифракционным эффектам от атомов, принадлежащих разным графеновым сеткам и расположенных в пределах одной и той же графеновой сетки, соответственно (Christopherson, 2020; Lim, 2018).

Как показано на рисунке 4 основными параметрами структуры углеродного каркаса являются средние размеры областей когерентного рассеяния (ОКР), которые ассоциируются с графитоподобными кристаллитами. На вышеприведенных дифрактограммах представлены близкорасположенные, для этих углеродных материалов интенсивные пики, они уширились из-за наличия искажений и малых размеров графитоподобных кристаллитов и слились настолько, что представлены одной линией, после одного интенсивного пика, последний графитовые рефлексы, которые приобрели диффузный характер. В целом дифрактограмма характеризуется наличием «аморфного» углерода, не входящего в состав графеновых сеток.

Дифракционный анализ показывает наличие значительного количества аморфного углерода, не входящего в регулярные графеновые структуры. Такая структура типична для активированных углеродных материалов, полученных при условиях, вызывающих частичное разрушение графеновых плоскостей и образование мезопористой аморфно-кристаллической фазы (Moseenkov, 2023).



*Рисунок 5 - Дифрактограммы от графитоподобных углеродных материалов*

Полученный комбинированный углеродный материал на основе карбометилцеллюлозы и карбонизата рисовой шелухи был исследован методом Рaman спектроскопии (рисунок 6).

Как видно из рисунка 6 карбонизат рисовой шелухи с КМЦ имеют 2 пика

характеризующие образования нового углеродного соединения, имеющего в своем составе комбинированную углеродную матрицу из карбонизата рисовой шелухи и КМЦ.

Образуемые два пика характеризуют присутствие морфологии углерода, но здесь следует учитывать один факт, что в процессе карбонизации углерод может появиться и из карбометилцеллюлозы, иными словами мы видим углеродные материалы изолированные в матрице с производными из метилцеллюлозы, из чего можно заключить, что появляются микрокристаллиты углерода. В карбонизатах природного и синтетического происхождения микрокристаллиты углерода расположены неупорядоченно и образуют турбостратную структуру (Gupta, 2020; Nuraly, 2024).

Атомы углерода в турбостратной структуре не занимают идеальных положений, а смещены относительно плоскости сетки в пределах 0,14-0,17 Å. Такое смещение объясняется тем, что в турбостратной структуре атомы углерода находятся в ином валентном состоянии, чем характерная для графита  $sp^2$ -гибридизация. При этом часть атомов углерода, особенно периферийных, находится в  $sp$ -гибридном состоянии. Таким образом, можно сделать вывод, что углеродные материалы – это сложные объекты, различающиеся комплексом механических, физико-химических и иных свойств, зависящих от структуры исходного сырья и способов его получения. Для оценки наличия в полученных углеродных сорбентах реакционно-способных функциональных групп была проведена ИК-спектроскопические исследования с использованием ИК-Фурье спектрометр (рисунок 7).

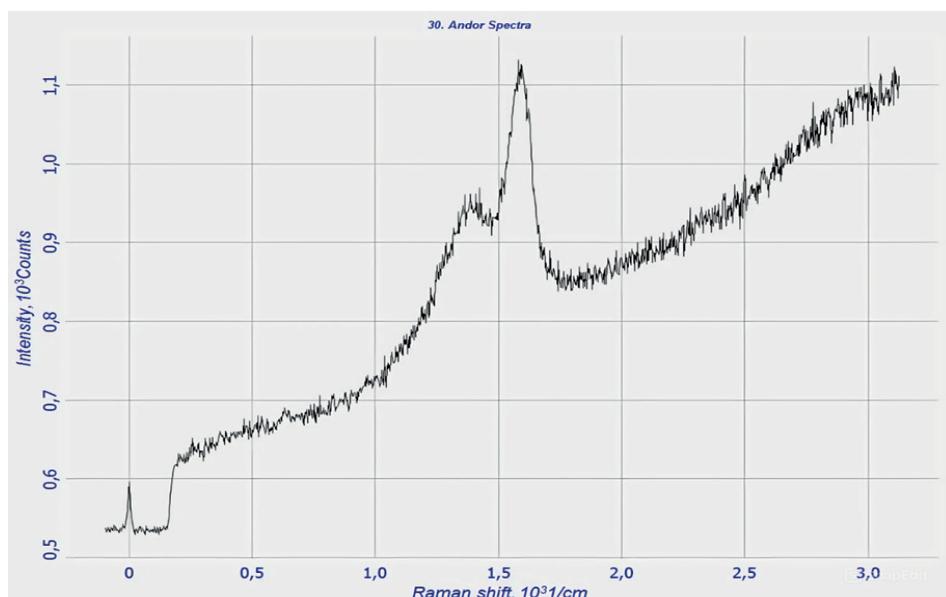


Рисунок 6 - Карбонизат рисовой шелухи с КМЦ после карбонизации

Из ИК измерений видно, что на линии  $3445\text{ cm}^{-1}$  показаны основные С-Н связи, присущие для углеродных пористых структур. На  $1420\text{ cm}^{-1}$  линии растяжения двуокиси углерода, далее линия  $875\text{ cm}^{-1}$  соответствует С-С связи, на линии  $712,54\text{ cm}^{-1}$  сосредоточены связи SiC. Таким образом, ИК линии поглощения показывают, что в пористой структуре содержатся в основном углеродные, кислородные и кремниевые связанные структуры.

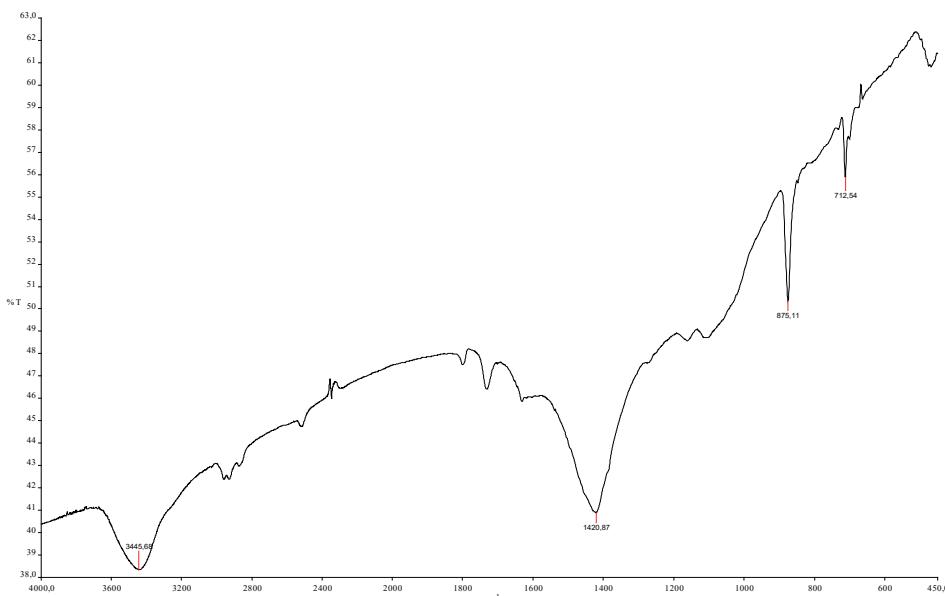


Рисунок 7 - ИК спектр углеродных материалов

Обнаружение полосы поглощения, соответствующей углерод-кремниевой (Si-C) связи в ИК-спектре карбонизированного материала после его контакта с бактериальной культурой, свидетельствует о химической модификации поверхности, вероятно за счёт взаимодействия с кремнийсодержащими компонентами среды. Наличие данной функциональной группы коррелирует с появлением зоны подавления роста микроорганизмов, что позволяет предположить её участие в формировании антибактериального эффекта. Полученные результаты указывают на то, что образование Si-C связей может опосредованно способствовать повышению биоцидных свойств углеродного материала за счёт изменения его поверхностных характеристик, влияющих на адгезию и жизнеспособность бактериальных клеток. Таким образом, степень инактивации функциональных групп, импрегнированных бактерицидами определяется получением углеродной структуры, обладающей развитой пористой структурой. Выщелачивание золы гидроксидом натрия позволяет частично удалить избыточный кремний, увеличить удельную поверхность и доступность активных центров, что способствует формированию более выраженных сорбционных и антибактериальных свойств материала.

**Рабочая эффективность углеродминерального блока.** Одним из опасных и вредных факторов труда является биологический, т.е появление микроорганизмов, которые способны вызывать не только инфекционные заболевания, но и снижение общего иммунитета и, как следствие, рост предрасположенности к бытовым инфекциям. Однако, в настоящее время не в полной мере определена степень опасности, обусловленная контактом с микроорганизмами для различных производств. Недостаточно исследована микробная обсемененность и видовой состав микрофлоры помещений различных предприятий, которые обуславливают рост предрасположенности к заболеваниям, снижение производительности и результативности труда. Не в достаточной мере исследованы также вопросы санитарно-гигиенической обработки производственных помещений в зависимости от степени опасности микробного фактора.

Одним из наиболее эффективных методов анализа поверхностной структуры является сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Этот метод позволяет выполнять количественный морфологический анализ и проводить измерения линейных параметров микроструктуры поверхности твердых тел. Изучение формологии и структуры частиц проводилось методом электронной микроскопии. С помощью сканирующего электронного микроскопа (растровый электронный микроскоп (Quanta 3D 200i Dual system, FEI, ҚазНУ, НИЛОТ) была получена микрофотография частиц.

Грубые дисперсные системы (пыль из ковролана или органическая пыль, и угольная пыль) исследовались с помощью СЭМ.

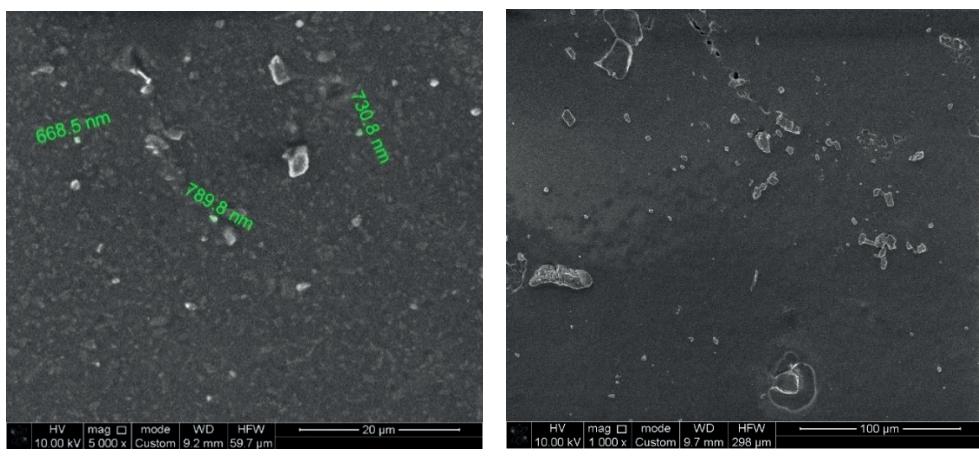


Рисунок 8 - Размер частиц угольной (а) и органической пыли (б) под микроскопом

Визуальными измерениями определялись фракции удельных агломератов пыли и процент их наибольшего содержания относительно других фракций.

Были проведены аналитические расчеты по определению функции распределения частиц пыли по размерам. Распределения частиц по размерам могут быть представлены следующей зависимостью.

Были проведены аналитические расчеты по определению функции распределения частиц пыли очищаемой фильтрами по размерам. Распределения частиц по размерам могут быть представлены следующей зависимостью.

$$\xi = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \lg \sigma_q} \cdot e^{-\frac{\lg^2(d_q/d_m)}{2 \lg^2 \sigma_q}} \quad (1)$$

Где  $\sigma_q$  - удельное содержание агломератов с размерами  $d_q$

$\lg \sigma_q$  - среднеквадратичное отклонение

$\lg(d_q/d_m)$  логарифм отношения частиц к среднему или медианному значению.

Интегральная кривая значений с распределением частиц может быть преобразована следующим выражением:

$$R(d_q) = \frac{100}{\sqrt{2\pi} \lg \sigma_q} \int_{+\infty}^{\lg d_q} e^{-\frac{\lg^2(d_q/d_m)}{2 \lg^2 \sigma_q}} d(\lg d_q) \quad (2)$$

Если выразить значения логарифмов через  $t = \frac{\lg(d_q/d_m)}{\lg \sigma_q}$ , то уравнение 2 преобразуется в вид

$$R(d_q) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{+\infty}^t e^{-\frac{t^2}{2}} d(t) \quad (3)$$

Проведя расчеты аналитических функций распределения частиц получаем математическую плату расчета систем очистки воздуха, что позволит автоматизировать и подбирать временные параметры смены фильтра в очистных фильтрах.

Принимая медианное значение частиц равным 5 мкм получаем распределение частиц по размерам, что приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Распределение частиц по размерам

Пыль	$\xi$	$\lg \sigma$	$\lg(d_q/d_m)$	$R(d_q)$ , см
органическая	2,5	$\pm$	-0,301	70,5
зольная	5	$\pm$	0	60,4
угольная	10	$\pm$	0,301	40,5

Как видно из таблицы 2, органическая пыль размером 2,5 мкм распределена до 70,5 см удельного распределения в отдельно взятом пространстве -n, зольная и угольная обладая более массивными частицами могут иметь от 40,5 до 60,4 см удельного распределения соответственно.

Как показали данные рисунков 8 и таблицы 2 средний размер частиц пыли варьируется от 0,65 до 150 микрон. Следует отметить, что пыли со 100% содержанием частиц более 10 микрон это зольная и угольная пыль.



Загрязняющие воздух частицы в зависимости от влажности, температуры, разрежённости атмосферы могут различаться и по степени дисперсности, то есть по размеру частиц, этому фактору способствует агломерация примесей.

Пропускание пылей через стенд с тканевым фильтром показали 100% задерживаемость пылей размерности выше 15 микрон. Эффективность улавливания органических пылей варьируется от 74 до 9,8%, в зависимости от дисперсности частиц.

Таблица 3 - Очистка пылей различной природы и дисперсности через фильтр

D -дисперсность частиц пыли	Степень очистки пыли, %				
	Органическая пыль	Зольная пыль	Угольная пыль	Пыль от заточных станков	Пыль от пороховых газов энергоемких составов
5	74	80	90	90	90
15	80	82	100	100	100
20	90	100	100	100	100
25	98	100	100	100	100

Для выявления дисперсного состава твердых загрязнений производился анализ фракционного состава загрязнений воздуха в зависимости d -дисперсности частиц пылей от фракционного состава N. Фракцией принимали относительную долю частиц, размеры которых находились в определенном интервале значений, принятых в качестве нижнего и верхнего пределов.

Данные по определению дисперсностей пыли от фракционного распределения представлены на рисунке 9.

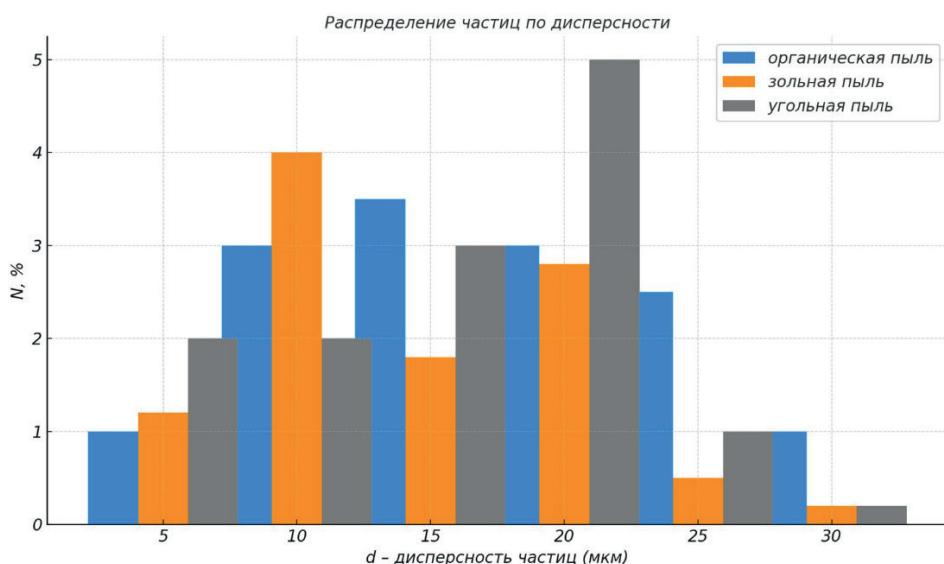


Рисунок 9 - Дисперсность частиц в зависимости от фракционного состава

Как видно из рисунка 9 в зависимости от условий, влажности, когезии и агломерации в отдельно взятом объеме до 1 литра частицы пыли могут иметь разную дисперсность частиц.

В частности, медианный зольная пыль с дисперсностью 10 мкм может достигать 4 % фракции, в то же время угольная пыль в основном сосредоточена на дисперсности 20 мкм и составляет 5 % фракции. Органическая пыль в зависимости от природы происхождения имеют максимальный 3,5 % при дисперсности 15 мкм.

Различная дисперсность зольной и угольной пыли может также объясняться различной природой смачиваемости, угольная пыль практически не смачивается, в то время как зольная пыль полностью смачивается при концентрации влаги в воздухе от 0,2 до 1 % по объему.

Одним из важных факторов при пылеулавливании и очистке воздуха является физико-химическая составляющая пыли, в частности дисперсионный состав направляют определяет скорость укладки частиц пыли, а данные по осаждению пыли в частности скорость ее осаждения зависит от удельного веса пылеобразующего материала и формы частиц пыли.

Были проведены эксперименты по определению скорости осаждения пылей различной природы от органической до пыли от пороховых газов, и пыль с содержаниями окислов железа от заточных станков.

Данные по скорости осаждения пыли в зависимости от дисперсности частиц сведены в таблице 4.

Таблица 4 - Скорость осаждения органической пыли

D – дисперсность частиц пыли	Скорость осаждения, см/секунду					
	Органическая пыль	Зольная пыль	Угольная пыль	Пыль от заточных станков	Пыль от печей	Пыль от пороховых газов энергоемких составов
5	0,05	0,03	0,04	0,12	0,14	0,13
15	0,23	0,04	0,15	0,24	0,32	0,42
20	0,42	0,07	0,24	0,51	0,45	0,52
25	0,53	0,12	0,35	0,62	0,70	0,62

Как показывают данные таблицы 4 во всех образцах наблюдается линейная зависимость между дисперсностью и скоростью осаждения. Чем выше дисперсность частиц пыли, тем выше и скорость осаждения частиц.

Таким образом, определение размеров частиц имеет важное значение для определения эффективности очистки, поскольку по физическим параметрам частицы размером до 1 мкм обычно могут быть улавливаться массой и инерционной силой, а частицы с размерами менее 1 микрон - электростатическими силами и силами межмолекулярного воздействия.

**Заключение.** В данном исследовании были изучены спектроскопические характеристики угольных фильтров на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и карбонизата, полученного из рисовой шелухи. Рентгеновский



дифракционный анализ показал, что материалы обладают сложной структурой, характеризующейся графитоподобными нанокристаллитами размером от 2 до 5 нм, а также значительной долей аморфного содержания — до 60 %. Рамановская спектроскопия подтвердила образование комбинированной углеродной матрицы, содержащей микрокристаллы в турбостратической структуре. Соотношение интенсивностей пиков D/G, равное 1,2, указывает на наличие структурных дефектов в материале. Образование Si—C связей на поверхности материала может играть ключевую роль в проявлении его антибактериальных свойств, опосредованно влияя на адгезию и инактивацию бактериальных клеток.

Установлено, что угольная пыль содержит наибольшую долю мелкодисперсных частиц: при размере 20 мкм доля составляет 5 %, а при 15 мкм - 3 %. Для сравнения, у органической и зольной пыли эти значения составляют 3-3,5 % и 1,8-2,8 % соответственно. Такие различия в распределении частиц по размеру указывают на более выраженную аэрозольную активность угольной фракции. Это требует применения высокоэффективных методов сепарации, способных улавливать частицы в диапазоне до 5 мкм, где доля угольной пыли также превышает значения для других образцов (2 % против 1-1,2 %).

Полученные результаты свидетельствуют о высокой сорбционной способности разработанных материалов, что делает их перспективными кандидатами для использования в качестве фильтрующих и адсорбирующих компонентов. Их уникальные структурные и физико-химические характеристики способствуют их эффективности в процессах сорбции.

### Литература

- Родионов А.И., Клужин В.Н. Техника защиты окружающей среды, М.: Химия, 1989. — 512 с.
- Буренин В.В. Защита атмосферного воздуха от производственной пыли, токсичных паров и газов. Экология и промышленность России, 2004. — № 9. — С. 25-29.
- Попова А.С. Методы очистки и обеззараживания воздуха в системах вентиляции. Вестник магистратуры, 2021. — № 1-5 (112)
- Mutushev A., Kaya A., Tulepor M., Kudyarova Z., Baiseitov D., Mukhanov D. Design and Development of Carbon–Silicon-Based Air Purification Filters with Antibacterial Properties. Processes 2025, 13. — 662 p. <https://doi.org/10.3390/pr13030662>
- Атаманов М.К. Разработка и кинетический анализ углесодержащих энергоемких материалов, Алматы, 2017. — С. 43-44.
- Chiang YC, Chiang PC, Huang CP. et al. Effect of pore structure and temperature on VOC adsorption on activated carbon. Carbon, 2001. — Vol. 39. — P. 523-534. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00161-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00161-5)
- Сульга Е.О., Романков П.Г. и др. К математическому описанию кривых разделения. Теоретические основы химической технологии, 2001. — т. 5. — № 5.
- Дроздов С.Г., Гарин Н.С., Джиндоян Л.С. и др. Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях, М: Медицина; 2007. — 265 с.
- Cuadros-Lugo E., Piñon-Espitia M., Martinez-Rodríguez H.A., Lardizabal-Gutierrez D., Estrada-Guel I., Herrera-Ramirez J.M., Carreño-Gallardo C. Turbostratic Carbon. Graphene Prepared via the Dry Ice in Flames Method and Its Purification Using Different Routes: A Comparative Study. Materials 2022, 15. — 2501 p. <https://doi.org/10.3390/ma1507250>
- Jahan I., Matpan Bekler F., Tunç A., & Güven K. (2024) The Effects of Silver Nanoparticles (AgNPs) on Thermophilic Bacteria: Antibacterial, Morphological, Physiological, and Biochemical Investigations. Microorganisms, 12(2). — 402 p. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020402>

Christopherson D.A., Yao W.C., Sedaghat A.R. (2020) High-efficiency particulate air filters in the era of COVID-19: Function and efficacy. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 163(1):3–9. <https://doi.org/10.1177/0194599820941838>

Lim T.H., Yeo S.Y., Lee S.H. (2018) Multidirectional evaluations of a carbon air filter to verify their lifespan and various performances. *Journal of Aerosol Science* 123:38–45. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2018.09.009>

Moseenkov S.I., Kuznetsov V.L., Zolotarev N.A., Kolesov B.A., Prosvirin I.P., Ishchenko, A.V., Zavorin A.V. Investigation of Amorphous Carbon in Nanostructured Carbon Materials (A Comparative Study by TEM, XPS, Raman Spectroscopy and XRD). *Materials* 2023, 16. — 1112 p. <https://doi.org/10.3390/ma16031112>

Gupta, S., & Gopal, A. (2020). Activated carbon-based air filters for virus removal: Mechanisms and efficiency. *Materials Today Proceedings*, 30, 953–958. DOI:10.1016/j.matpr, 2020.04. — 507 p.

Nuraly A., Mutushev A., Tuleibayeva A., Gonzalez-Leal J.M. Experimental research on optimizing carbon materials for filtration applications in medicine. *Carbon Trends* 2024, 15, — 100338 p. <https://doi.org/10.1016/j.cartre.2024.100338>

## References

- Rodionov A.I., Klushin V.N. *Tekhnika zashchity okruzhayushchej sredy* [Environmental protection engineering], Moscow: Khimiya, 1989. — 512 p. (in Russ.)
- Zashchita atmosfernogo vozduha ot proizvodstvennoj pyli, toksichnyh parov i gazov [Protection of atmospheric air from industrial dust, toxic vapors and gases]. Ecology and Industry of Russia, 2004. — No. 9. — P. 25–29. (in Russ.)
- Popova A.S. Metody ochistki i obezzarazhivaniya vozduha v sistemah ventilyacii [Methods of air purification and disinfection in ventilation systems]. *Bulletin of Masters*, 2021. — No. 1-5 (112). (in Russ.)
- Mutushev A., Kaya A., Tulepov M., Kudyarova Z., Baiseitov D., Mukhanov D. Design and Development of Carbon–Silicon-Based Air Purification Filters with Antibacterial Properties. *Processes* 2025, 13. — 662 p. <https://doi.org/10.3390/pr13030662> (in Eng.)
- Atamanov M.K. Razrabotka i kineticheskij analiz uglesoderzhashchih energoemkikh materialov [Development and kinetic analysis of carbon-containing energy-intensive materials], Almaty, 2017. — P. 43–44. (in Russ.)
- Chiang YC, Chiang PC, Huang CP, et al. Effect of pore structure and temperature on VOC adsorption on activated carbon. *Carbon*, 2001. — Vol. 39. — P. 523–534. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00161-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00161-5) (in Eng.)
- Sulga E.O., Romankov P.G., et al. On the mathematical description of separation curves. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 1971. — Vol. 5. — No. 5. (in Eng.)
- Drozdov S.G., Garin N.S., Dzhindoyan L.S., et al. *Osnovy tekhniki bezopasnosti v mikrobiologicheskikh i virusologicheskikh laboratoriyah* [Fundamentals of safety techniques in microbiological and virological laboratories], Moscow: Meditsina, 1987. — 265 p. (in Russ.)
- Cuadros-Lugo E., Piñon-Espitia M., Martinez-Rodríguez H.A., Lardizabal-Gutierrez D., Estrada-Guel I., Herrera-Ramirez J.M., Carreño-Gallardo C. Turbostratic Carbon. Graphene Prepared via the Dry Ice in Flames Method and Its Purification Using Different Routes: A Comparative Study. *Materials* 2022, 15. — 2501 p. <https://doi.org/10.3390/ma1507250> (in Eng.)
- Jahan I., Matpan Bekler F., Tunç A., & Güven K. (2024) The Effects of Silver Nanoparticles (AgNPs) on Thermophilic Bacteria: Antibacterial, Morphological, Physiological, and Biochemical Investigations. *Microorganisms*, 12(2). — 402 p. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020402> (in Eng.)
- Christopherson D.A., Yao W.C., Sedaghat A.R. (2020) High-efficiency particulate air filters in the era of COVID-19: Function and efficacy. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 163(1):3–9. <https://doi.org/10.1177/0194599820941838> (in Eng.)
- Lim T.H., Yeo S.Y., Lee S.H. (2018) Multidirectional evaluations of a carbon air filter to verify their lifespan and various performances. *Journal of Aerosol Science* 123:38–45. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2018.09.009> (in Eng.)
- Moseenkov S.I., Kuznetsov V.L., Zolotarev N.A., Kolesov B.A., Prosvirin I.P., Ishchenko, A.V., Zavorin



A.V. Investigation of Amorphous Carbon in Nanostructured Carbon Materials (A Comparative Study by TEM, XPS, Raman Spectroscopy and XRD). *Materials* 2023, 16. — 1112 p. <https://doi.org/10.3390/ma16031112> (in Eng.)

Gupta, S., & Gopal, A. (2020). Activated carbon-based air filters for virus removal: Mechanisms and efficiency. *Materials Today Proceedings*, 30, 953–958. DOI:10.1016/j.matpr, 2020.04. — 507 p. (in Eng.)

Nuraly A., Mutushev A., Tuleibayeva A., Gonzalez-Leal J.M. Experimental research on optimizing carbon materials for filtration applications in medicine. *Carbon Trends* 2024, 15, — 100338 p. <https://doi.org/10.1016/j.cartre.2024.100338> (in Eng.)

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**www:nauka-nanrk.kz**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

**<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 3.09.2025.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

18,0 п.л. Заказ 3.