

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

ISSN: 2224-5286 (Print)
ISSN: 2518-1491 (Online)

**№2
2026**

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

2 (467)

APRIL – JUNE 2026

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the JSC "Phytochemistry Research and Production Center" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (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 № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2026

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХФАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=66021779606>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы" АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ23VPY00121156, выданное 05.06.2025 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arithv>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО «Научно-производственного центра» Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЫТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шариша Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 05.06.2025 ж. берілген № KZ23VPY00121156 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

CONTENTS

Akimbekova B.B., Karilkhan A., Zhorabek A.A., Bakyt Z.E. Selective flotation of sulfide copper ores.....	11
Assembayeva E.K., Dikhanbay S. Zh., Nurmukhanbetova D. E., Toktamyssova A.B., Tulegenova G. Physical, chemical, and biochemical properties of vegetable juices fermented by the <i>Lactobacillus plantarum</i> strain.....	23
Baidul M., Zhalgasbek N., Shybyray Ye., Muzaffarova N.Sh., Jenis J. Determination of antimicrobial activity and GC-MS analysis of <i>Artemisia scopiforme</i> extract.....	41
Baikenov Ye.A., Safarov R.Z., Shomanova Zh.K. TGA-DSC quantification of calcite with XRF cross-validation in Central Kazakhstan manganese ores.....	55
Baisalova G., Bauyrzhan A., Bakdaulet A., Taltenov A., Akpayeva K. Determination of sodium and potassium ion content in the plant common mallow by a potentiometric method with an ion-selective electrode.....	75
Duzelbayeva S.D., Kassenova B.A., Akhatova Z.S., Konuspayev S.R. The composition of wool fat and its physiological effect on living organisms.....	88
Erkinqyzy A., Zholdas M., Kudaibergenova B.M., Dyusebaeva M.A. Study of the pharmacognostic characteristics of <i>Maclura pomifera</i>	104
Yegissinova A.M., Nurlybayeva A.N., Taubayeva R.S., Seitkan A.S., Matniyazova G.K. Effect of ultrasound-treated cellulose filler on the morphology and intermolecular interactions of TPS matrix.....	118
Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Imangazy A., Olzhabekova G. Study of the sorption capacity of an interpolymer system based on industrial ion exchangers KU-2-8 and AV-17-8 towards vanadium and molybdenum ions.....	131
Zamanbekova A.T., Talgatov E.T., Jumekeyeva A.I., Akhmetova S.N., Saryuisin S.N. Sorption properties of titanium dioxide toward polymer modifiers of different nature.....	143
Imangaliyeva B., Arynova K., Trenova A., Kozhabay D., Azamatkyzy A. Production of organic glue based on fish scales, study of properties.....	161
Kabdraisova A.Zh., Berganayeva A.E., Baiburkutova M.A., Sadvakas A.M., Bekesheva K.B. Molecular iodine from antiseptic iodophors: compatibility with pharmaceutical excipients and UV-Vis spectroscopic evaluation.....	176

Kanykeshova A.A., Kunarbekova M., Toktar M., Abdukhalikova Sh., Azat S. Hydrothermal and microwave synthesis of porous carbon materials from coffee grounds using KOH and H ₃ PO ₄ for activation.....	191
Kenzhaliev B., Koizhanova A., Abdyl daev N., Magomedov D., Yerdenova M. Study of the behavior of impurity elements during the chemical leaching of copper ore.....	209
Kipchakbayeva A.K., Tagabay A.K., Targyn A.B. Phytochemical analysis of extractive substances and biologically active compounds of <i>Verbascum thapsus</i> l.	223
Kuandykova A.B., Dzhiembaev B.Zh. Synthesis of dialkyl N-(2-phenylethyl)- and N-[2-(3,4-dimethoxyphenyl) ethyl] amidophosphates under todd-atherton reaction conditions.....	238
Omarova A.A., Nurzhanova S.B., Medetkyzy Z., Saidilda G.T., Abilmagzhanov A.Z. Production of high-octane gasoline by processing N-alkanes over a zeolite-containing catalyst.....	253
Orazbekova R.S., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Ilyassova O.S., Kassymkhan K. Steam reforming of bioethanol on a catalyst synthesized by the pechini method.....	272
Seitmagzimova G., Serikbayeva Zh., Serikbaeva B. The effect of phosphorite composition on the decomposition efficiency and filtration properties of phosphogypsum.....	286
Suleimenova M., Jumadilov T., Gražulevičius J. Selective sorption of gold and iron ions from cyanide solutions using Lewatit(h ⁺)–AV-17-8(OH ⁻) and Lewatit(Na ⁺)–AV-17-8(Cl ⁻) interpolymer systems.....	304
Taganov Zh., Kozhanova K., Mombekov S., Ewa P., Jumabayeva S. Stability evaluation of multi-polymer hydrogel bases intended for topical probiotic and postbiotic delivery systems.....	319
Taussarova B.R., Shaikhova Zh.E., Abilkasova S.O. Synthesis of silver nanoparticles to impart antimicrobial properties to biodegradable packaging materials.....	331
Tleuova S.T., Zhussipbek G.S., Raiymbekov Y., Nazarbek U., Pochitalkina I.A. Compositional and microstructural features of lignite deposits.....	347
Toleubekova A., Amantaiuly K., Toktassynov S.K., Toshtay K. Trans and saturated fatty acids in edible oils and fat-based products.....	359

МАЗМҰНЫ

Акимбекова Б.Б., Карилхан А., Жорабек А.А., Бақыт З.Е. Сульфидті мыс кендерін селективті флотациялау.....	11
Асембаева Э.К., Диханбай С.Ж., Нурмуханбетова Д.Е., Токтамысова А.Б., Тулегенова Г.У. <i>Lactobacillus Plantarum</i> штаммымен ашытылған көкөніс шырындарының физика-химиялық және биохимиялық қасиеттері.....	23
Байдул М., Жалғасбек Н., Шыбырай Е., Музаффарова Н.Ш., Жәніс Ж. <i>Artemisia Scopiforme</i> сығындысының микробқа қарсы белсенділігі мен GC-MS талдауы.....	41
Байкенов Е.А., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К. Орталық Қазақстан марганец кендеріндегі кальцитті ТГА-ДСК әдісімен сандық бағалау және РФА бойынша кросс-валидация.....	55
Байсалова Ғ., Бауыржан А., Бақдәулет А., А. Талтенов, Акпаева Қ. Орман құлқайыры өсімдігіндегі натрий және калий иондарының мөлшерін ионселективті электрод қатысында потенциометриялық әдіспен анықтау.....	75
Дүзелбаева С.Д., Қасенова Б.А., Ахатова З.С., Қонысбаев С.Р. Жүн майының құрамы және оның тірі организмге физиологиялық әсері.....	88
Еркинқызы А., Жолдас М., Құдайбергенова Б.М., Дюсебаева М.А. <i>Maclura Pomifera</i> өсімдігінің фармакогностикалық сипаттамаларын зерттеу.....	104
Егисина А.М., Нурлыбаева А.Н., Таубаева Р.С., Сейтқан А.С., Матниязова Г.К. Ультрадыбыстық өңделген целлюлоза толтырғышының ТПК матрицасының морфологиясы мен молекулааралық өзара әрекеттесуіне әсері.....	118
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А., Олжабекова Г. КУ-2-8 және АВ-17-8 өндірістік иониттері негізіндегі интерполимерлі жүйенің ванадий және молибден иондарын сорбциялау қабілетін зерттеу.....	131
Заманбекова А.Т., Талғатов Э.Т., Джумекеева А.И., Ахметова С.Н., Сарыүйсін С.Н. Табиғаты әртүрлі полимерлік модификаторларға қатысты титан диоксидінің сорбциялық қасиеттері.....	143
Имангалиева Б., Арынова К., Тренова А., Қожабай Д., Азаматқызы А. Балық қабыршағы негізінде органикалық желім алу, қасиеттерін зерттеу.....	161
Кабдраисова А.Ж., Берганаева А.Е., Байбуркутова М.А., Садвақас Ә.М., Бекешева Қ.Б. Антисептикалық йодофорлардан алынған молекулалық йод: фармацевтикалық қосалқы заттармен үйлесімділігін уф-спектроскопия әдісімен зерттеу.....	176

Қаныкешова А.А., Қунарбекова М.С., Тоқтар М., Абдухаликова Ш., Азат С. КОН және H_3PO_4 қолдана отырып, кофе ұнтағынан кеуекті көміртекті материалдарды гидротермальды және микротолқынды синтездеу.....	191
Кенжалиев Б., Қойжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д., Ерденова М. Мыс шикізатын химиялық шаймалау кезіндегі қоспа элементтерінің әрекетін зерттеу.....	209
Кипчакбаева А.К., Тағабай Ә.Қ., Тарғын А.Б. <i>Verbascum Thapsus</i> L. өсімдігінің экстрактивті заттары мен биологиялық белсенді қосылыстарының фитохимиялық талдауы.....	223
Қуандықова А.Б., Джиембаев Б.Ж. Тодд-атертон реакциясы жағдайында диалкил N-(2-фенилэтил)- және N-[2-(3,4-диметоксифенил)-этил]амидофосфаттардың синтезі.....	238
Омарова А.А., Нуржанова С.Б., Медетқызы З., Сайділді Ғ.Т., Абильмағжанов А.З. Цеолитқұрамды катализаторда қ-алкандарды өндеп жоғары сапалы бензин алу.....	253
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Ильясова О.С., Қасымқан Қ. Печини әдісімен синтезделген катализаторда бумен биоэтанолды реформингтеу.....	272
Сейтмағзимова Г.М., Серікбаева Ж.С., Серикбаева Б.С., 2026. Фосфорит құрамының ыдырау тиімділігіне және фосфогипстің сүзу қасиеттеріне әсері.....	286
Сүлейменова М., Джумадилов Т., Гражулявичюс Ю. Цианидті ерітінділерден алтын мен темір иондарын Lewatit(h^+)–AV-17-8(OH^-) және Lewatit(Na^+)–AV-17-8(Cl^-) интерполимерлік жүйелерімен селективті сорбциялау.....	304
Таганов Ж., Кожанова К., Момбеков С., Ева Р., Жұмабаева С. Көпполимерлі гидрогельді негіздердің топикалық пробиотикалық және постбиотикалық жеткізу жүйелері үшін тұрақтылығын бағалау.....	319
Таусарова Б.Р., Шаихова Ж.Е., Әбілқасова С.О. Биоыдырайтын орама материалдарына антимикробтық қасиет беру үшін күміс нанобөлшектерін синтездеу.....	331
Тлеуова С., Жүсіпбек Г., Райымбеков Е., Назарбек У., Почиталкина И. Қоңыр көмір кен орындарының құрамдық және микроқұрылымдық ерекшеліктері.....	347
Төлеубекова А.Ғ., Амантайұлы Қ., Токтасынов С.К., Тоштай Қ. Сұйық майлар мен май негізіндегі өнімдердегі транс және қаныққан май қышқылдары.....	359

СОДЕРЖАНИЕ

Акимбекова Б.Б., Карилхан А., Жорабек А.А., Бакыт З.Е. Селективная флотация сульфидных медных руд.....	11
Асембаева Э.К., Диханбай С.Ж., Нурмуханбетова Д.Е., Токтамысова А.Б., Тулегенова Г.У. Физико-химические и биохимические свойства овощных соков, ферментированных штаммом <i>Lactobacillus plantarum</i>	23
Байдул М., Жалгасбек Н., Шыбырай Е., Музаффарова Н.Ш., Женис Ж. Определение антимикробной активности и ГХ-МС-анализ экстракта <i>Artemisia scopiforme</i>	41
Байкенов Е.А., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К. Количественная оценка калыцита методом ТГА-ДСК с кросс-валидацией по РФА в марганцевых рудах Центрального Казахстана.....	55
Байсалова Г., Бауыржан А., Бакдаулет А., Талтенов А., Акпаева К. Определение содержания ионов натрия и калия в растении лесная мальва потенциометрическим методом с ионселективным электродом.....	75
Дузелбаева С.Д., Касенова Б.А., Ахатова З.С., Конуспаев С.Р. Состав шерстного жира и его физиологическое действие на живой организм.....	88
Еркинқызы А., Жолдас М., Кудайбергенова Б.М., Дюсебаева М.А. Изучение фармакогностических характеристик <i>Maclura pomifera</i>	104
Егиснинова А.М., Нурлыбаева А.Н., Таубаева Р.С., Сейткан А.С., Матниязова Г.К. Влияние обработанного ультразвуком целлюлозного наполнителя на морфологию и межмолекулярные взаимодействия в матрице ТПК.....	118
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А., Олжабекова Г. Исследование сорбционной способности интерполимерной системы на основе промышленных ионитов КУ-2-8 и АВ-17-8 по отношению к ионам ванадия и молибдена.....	131
Заманбекова А.Т., Талгатов Э.Т., Джумекеева А.И., Ахметова С.Н., Сарыүйсін С.Н. Сорбционные свойства диоксида титана по отношению к полимерным модификаторам различной природы.....	143
Имангалиева Б., Арынова К., Тренова А., Қожабай Д., Азаматқызы А. Получение органического клея на основе рыбной чешуи и изучение его свойств.....	161
Кабдраисова А.Ж., Берганаева А.Е., Байбуркутова М.А., Садвакас А.М., Бекешева К.Б. Молекулярный йод из антисептических иодофоров: исследование совместимости с фармацевтическими вспомогательными веществами методом УФ-спектроскопии.....	176

Каныкешова А.А., Кунарбекова М.С., Токтар М., Абдухаликова Ш., Азат С. Гидротермальный и микроволновый синтез пористых углеродных материалов из кофейного жмыха с применением КОН- и H_3PO_4 -активации.....	191
Кенжалиев Б., Койжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д., Ерденова М. Исследование поведения примесных элементов при химическом выщелачивании медного сырья.....	209
Кипчакбаева А.К., Тагабай А.К., Таргын А.Б. Фитохимический анализ экстрактивных веществ и биологически активных соединений растения <i>Verbascum thapsus</i> L.....	223
Куандыкова А.Б., Джиембаев Б.Ж. Синтез диалкил N-(2-фенилэтил)- и N-[2-(3,4-диметоксифенил) этил] амидофосфатов в условиях реакции Тодда–Аттертона.....	238
Омарова А.А., Нуржанова С.Б., Медеткызы З., Сайділдә Ғ.Т., Абиьмагжанов А.З. Получение высокооктанового бензина путём переработки n-алканов на цеолитсодержащем катализаторе.....	253
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Ильясова О.С., Касымқан К. Паровой риформинг биоэтанола на катализаторе, синтезированном методом Печини.....	272
Сейтмагзимова Г.М., Серикбаева Ж.С., Серикбаева Б.С. Влияние состава фосфорита на эффективность разложения и фильтрующие свойства фосфогипса.....	286
Сулейменова М., Джумадилов Т., Гражулявичюс Ю. Селективное извлечение ионов золота и железа из цианидных растворов интерполимерными системами Lewatit(H^+)–AV-17-8(OH^-) и Lewatit(Na^+)–AV-17-8(Cl^-).....	304
Таганов Ж., Кожанова К., Момбеков С., Poleszak E., Жумабаева С. Оценка стабильности многополимерных гидрогелевых основ, предназначенных для топических пробиотических и постбиотических систем доставки.....	319
Таусарова Б.Р., Шаихова Ж.Е., Абилкасова С.О. Синтез наночастиц серебра для придания антимикробных свойств биоразлагаемым упаковочным материалам.....	331
Тлеуова С., Жусипбек Г., Райымбеков Е., Назарбек У., Почиталкина И. Составные и микроструктурные особенности залежей бурого угля.....	347
Толеубекова А.Г., Амантайулы К., Токтасынов С.К., Тоштай К. Транс- и насыщенные жирные кислоты в пищевых маслах и жировых продуктах.....	359

© **Kanykeshova A.A ***, **Kunarbekova M.**, **Toktar M.**, **Abdukhalikova Sh.**,
Azat S., 2026.

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: a.aslmasovna@gmail.com

HYDROTHERMAL AND MICROWAVE SYNTHESIS OF POROUS CARBON MATERIALS FROM COFFEE GROUNDS USING KOH AND H₃PO₄ FOR ACTIVATION

Kanykeshova Akerke — researcher at the Laboratory of Engineering Profile, Satbayev University, Department of Materials Science, Nanotechnology and Engineering Physics, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: a.aslmasovna@gmail.com , <https://orcid.org/0009-0005-6517-6933>;

Kunarbekova Makhabbat — PhD, Leading researcher at the Laboratory of Engineering Profile, Satbayev University, "Chemical Processes and Industrial Ecology" Department, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: m.kunarbekova@satbayev.university , <https://orcid.org/0000-0002-8640-0667>;

Toktar Murat — associate professor, researcher at the Laboratory of Engineering Profile, Satbayev University, Department of Mine Surveying and Geodesy, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: toktar-soil@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>;

Abdukhalikova Shakhida — researcher at the Laboratory of Engineering Profile, Al-Farabi Kazakh National University, Department of Biodiversity and Bioresources, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: Sha_hi@mail.ru , <https://orcid.org/0009-0003-3238-7086>;

Azat Seitkhan — PhD, professor, Head of the Laboratory of Engineering Profile, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: s.azat@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-4131-0905>.

Abstract: The article investigated the effect of hydrothermal and microwave chemical activation conditions on the porous structure of carbon materials based on waste coffee cake (SCG) - a multi-tonnage waste from the coffee processing industry. The use of this raw material is due to its rich lignocellulosic composition, high content of organic carbon and wide availability, which makes it a promising precursor for the synthesis of porous sorption materials within the framework of the closed cycle concept. At the first stage, the optimal mode of reagent-free activation was determined by hydrothermal carbonation in a high-pressure microreactor, taking into account the treatment temperature (180-220 °C) and the holding time (2-6 hours). The highest specific surface area was demonstrated by a NTK220/6 sample (5,9 m²/g) taken for subsequent chemical modification. At the second stage, a comparative study of the modifying ability of KOH and H₃PO₄ was carried out under microwave activation conditions in the temperature

range of 80-160 °C. It was found that microwave activation with KOH is ineffective due to the dominance of low-temperature resin formation processes (maximum specific surface area 7,05 m²/g). In contrast, microwave activation with H₃PO₄ demonstrated a multiple advantage: at a temperature of 120 °C, a specific surface area of 24,78 m²/g was achieved. This effect is due to the optimal balance between acid hydrolysis of raw materials and fixation of the carbon frame by phosphate bridges. The surface morphology and elemental composition of the samples were characterized by SEM-EDS, FTIR and BET methods. As a result, it was found that the combination of microwave heating and directional acid modification allows multiple intensification of the development of porosity, making this method the most promising technological solution for producing effective sorption materials from coffee processing waste.

Keywords: coffee waste, hydrothermal treatment, microwave activation with KOH, microwave activation with H₃PO₄, porous carbon materials

Financing. *This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (No. BR28712925, topic: "Research and Development of Cold Plasma Technologies for the Comprehensive Rehabilitation of Ecosystems").*

For citations: Kanykeshova A.A., Kunarbekova M., Toktar M., Abdukhalikova Sh., Azat S. Hydrothermal and microwave synthesis of porous carbon materials from coffee grounds using KOH and H₃PO₄ for activation. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.2. — P.191-208. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.372>

© Қаныкешова А.А.*, Кунарбекова М.С., Тоқтар М., Абдухаликова Ш.,
Азат С., 2026.

Satbayev University, Алматы, Қазақстан.

E-mail: a.aslmasovna@gmail.com

КОН ЖӘНЕ Н₃РО₄ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, КОФЕ ҰНТАҒЫНАН КЕУЕКТІ КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ГИДРОТЕРМАЛДЫ ЖӘНЕ МИКРОТОЛҚЫНДЫ СИНТЕЗДЕУ

Қаныкешова Акерке — Инженерлік-бейінді зертханасының ғылыми қызметкері, Satbayev University, Материалтану, нанотехнологиялар және инженерлік физика кафедрасы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: a.aslmasovna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6517-6933>;

Кунарбекова Махаббат — PhD, Сәтбаев Университеті, Инженерлік-бейінді зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, «Химиялық процестер және өндірістік экология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: m.kunarbekova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-8640-0667>;

Тоқтар Мұрат — қауымдастырылған профессор, Инженерлік-бейінді зертханасының ғылыми қызметкері, Satbayev University, Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы, Алматы, Қазақстан, E-mail: toktar-soil@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>;

Абдухаликова Шахида — Инженерлік-бейінді зертханасының ғылыми қызметкері, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: Sha_hi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3238-7086>;

Азат Сейтхан — PhD, профессор, Инженерлік бейіндегі зертхананың жетекшісі, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: s.azat@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-4131-0905>.

Аннотация. Мақалада кофе өңдеу өнеркәсібінің көптоннажды қалдығы болып табылатын өңделген кофе ұнтағы (SCG) негізіндегі көміртекті материалдардың кеуекті құрылымының қалыптасуына гидротермиялық және микротолқынды химиялық активтендіру жағдайларының әсері зерттелді. Аталған шикізатты пайдалану оның бай лигноцеллюлозалық құрамымен, жоғары органикалық көміртек мөлшерімен және кең қолжетімділігімен негізделеді, бұл оны тұйық цикл тұжырымдамасы аясында кеуекті сорбциялық материалдар синтезіне арналған перспективалы прекурсор ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Бірінші кезеңде жоғары қысымды микрореактордағы гидротермиялық карбонизация әдісімен өңдеу температурасы (180–220 °C) мен ұстау уақытын (2–6 сағ) ескере отырып, реагентсіз активтендірудің оңтайлы режимі анықталды. Ең жоғары меншікті бет ауданын НТК220/6 үлгісі көрсетті (5,9 м²/г), ол кейінгі химиялық модификация үшін таңдалды. Екінші кезеңде 80–160 °C температура аралығындағы микротолқынды активтендіру жағдайында КОН мен Н₃РО₄-тің модификациялаушы қабілеті салыстырмалы түрде зерттелді. КОН қатысындағы микротолқынды активтендіру төмен температуралы шайырлану процестерінің басымдығына байланысты тиімсіз екені анықталды (максималды меншікті бет ауданы 7,05 м²/г). Керісінше, Н₃РО₄ қатысындағы микротолқынды активтендіру айқын басымдық танытты: 120°C температурада меншікті бет ауданы 24,78 м²/г-ға жетті. Бұл әсер шикізаттың қышқылдық гидролизі мен фосфатты көпіршелер арқылы көміртекті қаңқаның бекітілуі арасындағы оңтайлы тепе-теңдікпен түсіндіріледі. Үлгілердің беткі морфологиясы мен элементтік құрамы SEM-EDS, FTIR және BET әдістерімен сипатталды. Қорытындысында микротолқынды қыздыруды бағытталған қышқылдық модификациямен үйлестіру кеуектіліктің дамуын бірнеше есе қарқындататыны анықталды, бұл әдісті кофе өңдеу қалдықтарынан тиімді сорбциялық материалдар алудың ең перспективалы технологиялық шешімі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: кофе қалдықтары, гидротермиялық әдіс, КОН-пен микротолқынды активация, Н₃РО₄-пен микротолқынды активация, кеуекті көміртекті материалдар

© Каныкешова А.А.*, Кунарбекова М.С., Токтар М., Абдухаликова Ш.,
Азат С., 2026.

Satbayev University, Алматы, Казахстан.

E-mail: a.aslmasovna@gmail.com

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ И МИКРОВОЛНОВЫЙ СИНТЕЗ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КОФЕЙНОГО ЖМЫХА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОН И H_3PO_4 АКТИВАЦИИ

Каныкешова Акерке — научный сотрудник Лаборатории инженерного профиля, кафедра материаловедения, нанотехнологий и инженерной физики, Satbayev University, Алматы, Казахстан, E-mail: a.aslmasovna@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6517-6933>;

Кунарбекова Махаббат — PhD, ведущий научный сотрудник Лаборатории инженерного профиля, кафедра «Химические процессы и промышленная экология», Satbayev University, Алматы, Казахстан, E-mail: m.kunarbekova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-8640-0667>;

Токтар Мұрат — ассоциированный профессор, научный сотрудник Лаборатории инженерного профиля, кафедра маркшейдерского дела и геодезии, Satbayev University, Алматы, Казахстан, E-mail: toktar-soil@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0953-7491>;

Абдухаликова Шахида — научный сотрудник, кафедра биоразнообразия и биоресурсов, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, E-mail: Sha_hi@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-3238-7086>;

Азат Сейтхан — PhD, профессор, руководитель Лаборатории инженерного профиля, Satbayev University, Алматы, Казахстан, E-mail: s.azat@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-4131-0905>.

Аннотация: В статье исследовано влияние условий гидротермальной и микроволновой химической активации на формирование пористой структуры углеродных материалов, полученных из отработанного кофейного жмыха (spent coffee grounds, SCG), представляющего собой многотоннажный отход кофеперерабатывающей промышленности. Использование данного сырья обусловлено его высоким содержанием органического углерода, лигноцеллюлозной природой и доступностью, что делает его перспективным прекурсором для синтеза сорбционных материалов в рамках принципов циркулярной экономики. На первом этапе методом гидротермальной карбонизации в микрореакторе высокого давления определены оптимальные параметры безреагентной активации в зависимости от температуры обработки (180–220 °C) и времени выдержки (2–6 ч). Максимальную удельную площадь поверхности продемонстрировал образец НТК220/6, для которого данный показатель составил 5,9 м²/г. Этот образец был выбран для последующей химической модификации. На втором этапе проведено сравнительное исследование эффективности активации с использованием КОН и H_3PO_4 в условиях микроволнового нагрева при температурах 80–160 °C. Установлено, что обработка гидроксидом калия малоэффективна вследствие преобладания процессов низкотемпературного смолообразования; максимальная удельная площадь поверхности составила 7,05 м²/г. Напротив, активация ортофосфорной кислотой обеспечила значительное развитие пористой структуры: при температуре 120 °C удельная площадь поверхности достигла 24,78 м²/г.

Полученный эффект обусловлен сочетанием кислотного гидролиза органической матрицы и стабилизации углеродного каркаса за счёт образования фосфатных мостиков. Морфология поверхности и элементный состав образцов исследованы методами SEM-EDS, FTIR и BET. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности сочетания микроволнового нагрева и кислотной активации для получения пористых углеродных материалов из отходов переработки кофе.

Ключевые слова: кофейный жмых, гидротермальная карбонизация, микроволновая активация, гидроксид калия, ортофосфорная кислота, пористые углеродные материалы, сорбенты

Введение. Кофе является одним из наиболее распространенных сельскохозяйственных товаров во многих частях мира и в настоящее время является одним из наиболее широко потребляемых напитков. Его выращивают почти в более чем 70 странах, давая около 16 миллиардов фунтов кофейных зерен в год (Vilaysit et al., 2021). Кофейная гуща, широко известная как кофейные отходы (SCG), является основным остатком, образующимся после предприятий по переработке кофе, в основном образующимся при экстракции напитка из кофейного порошка горячей водой. Такие отходы, согласно одному исследованию, могут даже составлять до 6 миллионов тонн в год (Kovalcik et al., 2018).

Динамика мирового экспорта кофе в феврале 2026 года характеризовалась умеренной отрицательной коррекцией: объем поставок снизился до 11,46 млн мешков по сравнению с 12,15 млн мешков в аналогичном периоде предыдущего года. Тем не менее, совокупный показатель за первые пять месяцев кофейного сезона 2025/26 (октябрь–февраль) демонстрирует устойчивую восходящую тенденцию. Общий объем экспорта в данном периоде увеличился на 4,5%, составив 57,77 млн мешков против 55,3 млн мешков в цикле 2024/25. При анализе годовой ретроспективы (март 2025 - февраль 2026) выявлена существенная дивергенция в объемах поставок основных сортов. Экспорт кофе вида *Coffea arabica* (арабика) сократился на 3,2% (с 83,63 млн до 86,42 млн мешков в годовом исчислении), в то время как сегмент *Coffea canephora* (робуста) продемонстрировал значительный рост, достигнув 59,15 млн мешков против 51,9 млн мешков годом ранее (International Coffee Organization (ICO), 2026). Количественные соотношения указанных показателей и векторные изменения в структуре мирового рынка подробно визуализированы на соответствующей диаграмме (рис. 1).

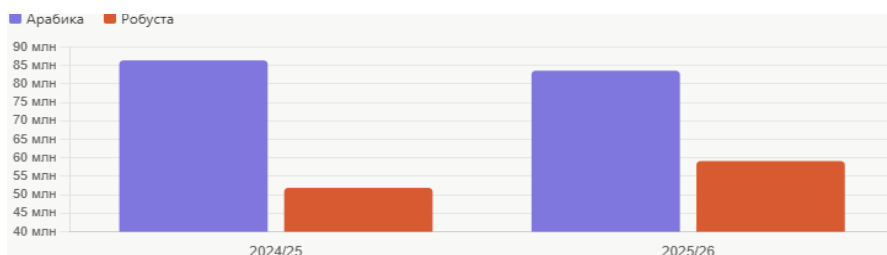


Рисунок 1 — Экспорт за 12 месяцев (март 2025 - февраль 2026), млн мешков

Литературный обзор. В 2025/2026 году мировой рынок кофе потребил 11,46 миллиона мешков, образуя большие объемы отходов, включая отработанную кофейную гущу (SCG), из домов, предприятий и кофеен. Ежегодно во всем мире производится более 6 миллионов тонн SCG как в промышленности растворимого кофе, так и в регулярном потреблении кофе, что соответствует примерно 58,7% от общего мирового потребления кофе. Однако SCG часто выбрасывают на свалки или сжигают (Freitas et al., 2023). Такая практика утилизации влечет за собой высокие экологические риски, особенно для водных экосистем. Таким образом, можно использовать устойчивые стратегии управления SCG для смягчения их воздействия на окружающую среду. Многообещающим подходом является термохимическое преобразование в биоуголь, который может управлять отходами SCG, одновременно производя богатый углеродом материал с потенциалом применением в системах очистки воды. Исследования усилили этот потенциал, продемонстрировав применение углерода, полученного из SCG, при удалении тяжелых металлов и усовершенствованной очистке сточных вод (Ly et al., 2023). Поскольку SCG содержит большое количество органических соединений, таких как жирные кислоты, целлюлоза, гемицеллюлоза и другие углеводы, его можно использовать в технологиях преобразования биомассы в энергию для производства продуктов с добавленной стоимостью (Campos-Vega et al., 2015). кофейные отходы широко используются в качестве предшественника при подготовке углеродных материалов для очистки воды (Oliveira et al., 2009). Многие исследователи сосредоточили внимание на повышении ценности SCG для таких применений, как производство биодизеля, адсорбенты, и наполнителей для композиционных материалов. Углеродные материалы, полученные из биологических отходов, используются в качестве адсорбентов для очистки воды, поскольку они обладают преимуществами низкой стоимости, обилия и экологичности (Sukhbaatar Ly et al., 2021). Неправильная утилизация SCG может иметь значительные последствия для окружающей среды. Основным экологическим ущербом, причиняемым кофейной гущей, является загрязнение воздуха, воды и земель (Stylianou et al., 2018). При воздействии окружающей среды кофейная гуща выделяет азот и углекислый газ. Азот реагирует с кислородом с образованием смога и озона, которые наносят ущерб окружающей среде, в то время как углекислый газ, парниковый газ, способствует изменению климата. SCG также могут вызывать загрязнение воды за счет введения химикатов, повышения уровня кислотности и стимулирования вредного цветения водорослей и бактерий, отрицательно влияя на водную жизнь и здоровье человека. SCG могут привлекать вредителей на суше и нарушать рост растений из-за их органических и неорганических соединений (Kamil et al., 2019).

Чтобы смягчить воздействие кофейного жмыха на окружающую среду, его следует компостировать, повторно использовать или перерабатывать. Правильная утилизация может свести к минимуму экологический вред. SCG могут служить предшественником для производства биоугля благодаря своей пористости, площади поверхности и богатому органическому составу, что делает их отличными кандидатами для синтеза адсорбентов для удаления загрязняющих веществ

из воды (Vedran Milanković et al., 2024). Их изобилие и доступность делают SCG устойчивым и экономически эффективным предшественником синтеза адсорбентов, способствуя принципам экономики замкнутого цикла и повышению ценности отходов за счет снижения загрязнителей окружающей среды и бремени утилизации отходов (Ahmed et al., 2024).

Существует два метода активации, которые широко известны как физическая активация и химическая активация. Для физической активации сырье сначала карбонизируют с помощью пара и/или углекислого газа при более высоких температурах. Тем не менее, такие методы физической активации позволяют получить активированный уголь с низкой удельной поверхностью и меньшим объемом пор по сравнению с методами химической активации (Januszewicz et al., 2020). Для химической активации сырье пропитывают активирующими агентами с последующей карбонизацией при температурах в диапазоне от 600–900 °C в атмосфере азота (Vilaysit et al., 2021). Для таких процессов наиболее часто адаптируемые химические вещества включают KOH, $ZnCl_2$, NaOH, K_2CO_3 и H_3PO_4 . В рамках таких процессов на стадии пропитки активирующие агенты транспортируются в стенки ячеек подложки, образуя эффективные поперечные связи между ними, обеспечивая тем самым образование большего количества пор при их высвобождении (Örkün et al., 2012). Химическая активация биологических отходов повышает их адсорбционные свойства, делая их более эффективными для восстановления окружающей среды и хранения энергии. Этот процесс включает обработку биоотходов химическими агентами до или во время высокотемпературной карбонизации, разработку внутренних структур пор и введение функциональных групп со специфическими химическими свойствами (Nurian et al., 2024). Преимуществом гидротермального метода является возможность предварительной активации кофейного жмыха без применения химических реагентов при относительно умеренных температурах (80–160 °C). Данный подход способствует частичной карбонизации и развитию пористой структуры материала при сниженных энергетических затратах. В свою очередь, метод микроволновой активации относится к «зеленым» технологиям обработки углеродных материалов, поскольку обеспечивает эффективную активацию поверхности за счет объемного и быстрого нагрева без необходимости использования высоких температур, характерных для традиционного пиролиза. Кроме того, микроволновая обработка позволяет сократить продолжительность процесса и минимизировать образование отходящих газов и вторичных загрязнителей в ходе производства.

Экспериментальная часть

Используемые материалы.

Отработанный кофейный жмых (SCGs) был получен из кафе Satbayev University в виде твёрдого остатка после процесса экстракции кофе. Перед дальнейшей обработкой образцы были высушены и использованы в качестве углеродсодержащего прекурсора для получения пористых углеродных материалов. Исходное сырьё представляло собой зёрна Brazil Mogiana (*Coffea*

arabica), обработанные в стандартизированных условиях эспрессо-экстракции: температура воды 90–94 °C и давление экстракции около 9 бар (0,9 МПа) в соответствии с протоколом производителя для коммерческой эспрессо-машины Nuova Simonelli. Гидроксид калия аналитической чистоты (KOH, чистота $\geq 97\%$, CAS: 1310-58-3) был приобретён у компании Sigma-Aldrich, фосфорная кислота (H_3PO_4 , $\geq 85\%$, AR, CAS 7664-38-2, Merger, Китай), которая применялась без дополнительной очистки. Деионизированная вода с удельным электрическим сопротивлением до 18,2 МОм·см была получена с использованием лабораторной системы водоочистки (Basic-Q15-II, LabSoul, Китай).

Процедуры гидротермального метода проводились в программируемой микрореакторной системе (PR 250, LabSoul Technology, Китай) при контролируемых температурных и атмосферных условиях. Активация с использованием микроволнового излучения осуществлялась в многомодовом микроволновом реакторе (YMW-HP80, LabSoul Technology, Китай), работающем на частоте 2,45 ГГц с регулируемой выходной мощностью, что обеспечивало быстрый объёмный нагрев и интенсификацию кинетики активации.

Синтез гидроугля из отработанной кофейной гущи.

Отработанный кофейный жмых сушили в сушильном шкафу при 110 °C в течение 24 часов. Затем 50 г высушенного материала смешивали со 150 мл деионизированной воды и загружали в микрореактор высокого давления (PR-250, LabSoul, Китай). Гидротермальную карбонизацию проводили при 180–220 °C со временем выдержки 2–6 часов (рис. 2).

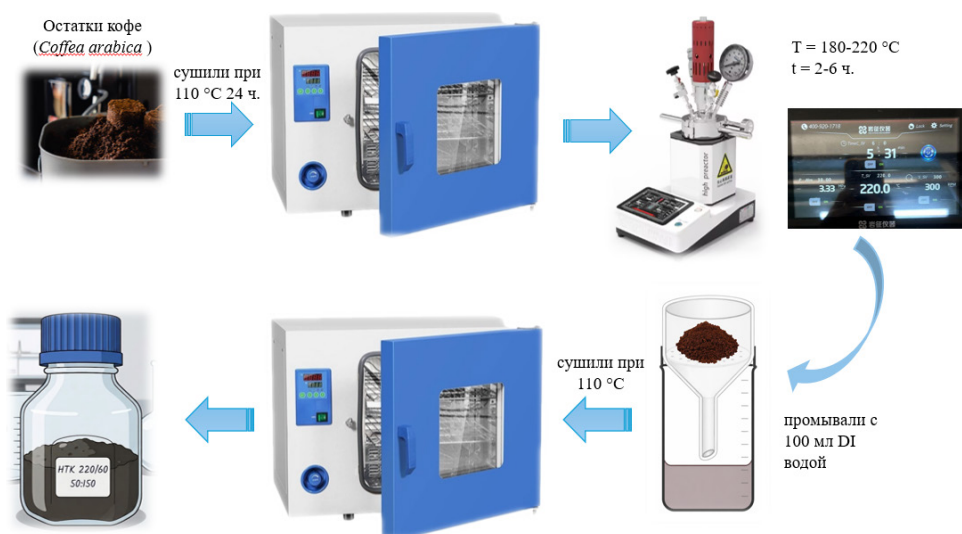


Рисунок 2 — Гидротермальная обработка кофейного жмыха

Полученные в микрореакторе активированные образцы тщательно промывали 100 мл деионизированной воды, затем фильтровали с помощью воронки Бюхнера и сушили при 110 °С в лабораторной сушильной печи (DHG-9145A, LabSoul, Китай). Полученные образцы идентифицировали согласно табл.1.

Таблица 1 — Экспериментальные условия и результаты синтеза углеродного материала на основе кофейного жмыха в микроволновом реакторе

№	Образец	Время, (ч.)	Температура, (°С)	Рацион (масса сырого кофе в DI)	Давление, МПа	Выход, (%)	Масса, г
1	НТК180/2	2	180	(50:150)	1.17	73.2	36.60
2	НТК180/6	6	180	(50:150)	1.16	70.56	35.28
3	НТК200/2	2	200	(50:150)	2.19	69.7	34.85
4	НТК200/6	6	200	(50:150)	2.43	68.34	34.17
5	НТК220/2	2	220	(50:150)	2.23	61.6	30.80
6	НТК220/6	6	220	(50:150)	3.06	62.92	31.46

Из полученных образцов наибольшую удельную поверхность продемонстрировал образец НТК 220/6, где НТК обозначает *Hydrothermal Kazakhstan*, 220 - температура гидротермальной обработки (°С), а 6 - время выдержки процесса (ч). Полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии температуры и продолжительности обработки на формирование пористой структуры углеродного материала.

Вторым этапом было проведение микроволновой активации образца НТК 220/6 с использованием 2 М водного раствора гидроксида калия (КОН) и фосфорной кислоты (H_3PO_4 , $\geq 85\%$). Соотношение массы образца к объёму раствора активатора составляло 1:10. Обработку проводили в микроволновом реакторе YMW-HP80, оснащённом двухмагнетронной системой микроволнового излучения частотой 2450 МГц, при температуре 80–160 °С и давлении 5–20 psi (0,035–0,138 МПа). Активацию с КОН осуществляли в течение 2 ч, тогда как обработку H_3PO_4 проводили с выдержкой 20 мин для каждой экспериментальной точки. После обработки образцы тщательно промывали деионизированной водой до достижения нейтрального значения pH (pH 7), затем фильтровали, сушили при 110 °С в лабораторной сушильной печи до постоянной массы и получали готовый активированный образец (рис. 3). Выход активированного продукта относительно массы исходного образца составлял 41–48% в зависимости от условий активации. Эксперименты выполняли для исследования влияния химической активации на состав, структуру и текстурные характеристики материала.

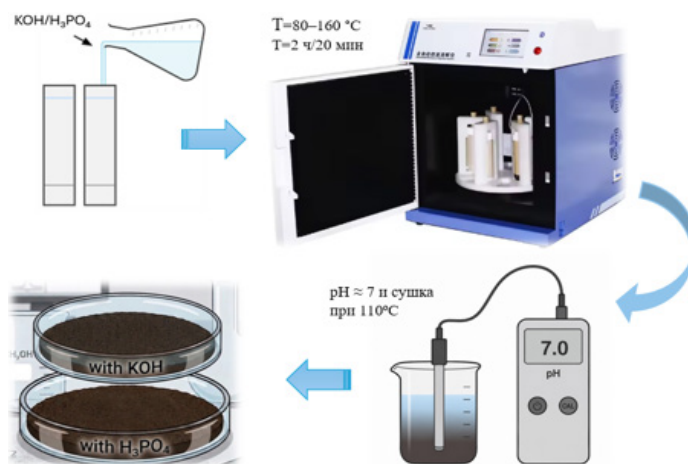


Рисунок 3 — Схема микроволновой химической активации синтезированного материала

На данном этапе проводилось сравнение удельной поверхности углеродных материалов, полученных с использованием KOH и H_3PO_4 в качестве активирующих агентов, с целью выявления наиболее эффективного реагента, оказывающего влияние на структурные характеристики синтезированных материалов. Следует отметить, что процесс активации осуществлялся в диапазоне температур $80-160\text{ }^\circ\text{C}$, соответствующем условиям мягкой активации, что позволяло сохранить углеродную матрицу и одновременно обеспечить развитие пористой структуры.

Для характеризации образцов применялись следующие методы:

Сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионная спектроскопия (SEM -EDS).

Методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) изучена морфология поверхности образцов, а с помощью энергодисперсионного микроанализа (EDS) определен их качественный и количественный элементный состав. Анализ изображений в режимах вторичных (SE) и обратно-рассеянных (BSE) электронов позволил оценить микрорельеф и фазовую однородность материала, а построение карт распределения элементов (mapping) подтвердило локализацию компонентов в структуре образца.

Определение удельной поверхности и параметров пористой структуры материалов методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота (BET).

Удельная площадь поверхности и параметры пористой структуры образцов определялись методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота при 77 K . Расчет удельной площади поверхности S_{BET} проводился по методу Брунауэра–Эммета–Теллера (БЭТ) в линейном диапазоне относительных давлений $P/P_0 = 0.05-0.30$. Распределение пор по размерам и их суммарный объем рассчитывались по десорбционной ветви изотерм с использованием модели Баррета–Джойнера–Халенды (BJH). Для удаления адсорбированных паров воды и газов перед измерениями образцы подвергались предварительной дегазации в вакууме при температуре $250\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 8 часов.

Характеризация функциональных групп и структуры методом FTIR-спектроскопии.

Идентификацию функциональных групп и молекулярного состава образцов проводили методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) на спектрометре Bruker ALPHA II Platinum (Bruker Optics GmbH, Германия). Метод основан на избирательном поглощении инфракрасного излучения молекулами вещества на частотах, соответствующих собственным колебаниям химических связей. Регистрацию спектров осуществляли в диапазоне $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ в режиме нарушенного полного внутреннего отражения с использованием универсального модуля Platinum-ATR с алмазным кристаллом. Стабильность измерений обеспечивалась перманентно настроенным интерферометром RockSolid и детектором DTGS с регулируемой температурой. Пробоподготовка образцов не проводилась; для регистрации спектра образец приводили в непосредственный контакт с измерительным интерфейсом НПВО. Интерпретацию полученных спектров осуществляли путём сравнения характеристических полос поглощения с литературными данными и стандартными спектральными базами данных.

Результаты и обсуждение.

Результаты сканирующей электронной микроскопии (SEM) и энергодисперсионная спектроскопия (EDS).

Исследование морфологических особенностей поверхности сорбентов методом сканирующей электронной микроскопии позволило визуализировать структурные изменения, происходящие в процессе химической модификации. На микрофотографиях исходного кофейного жмыха (рис. 4) наблюдается относительно плотная и неоднородная структура, характерная для лигноцеллюлозных биоматериалов. Поверхность сырья представлена крупными чешуйчатыми наслоениями с минимальным количеством видимых пор, что свидетельствует о низкой удельной площади поверхности и ограниченном доступе к внутренним сорбционным центрам.

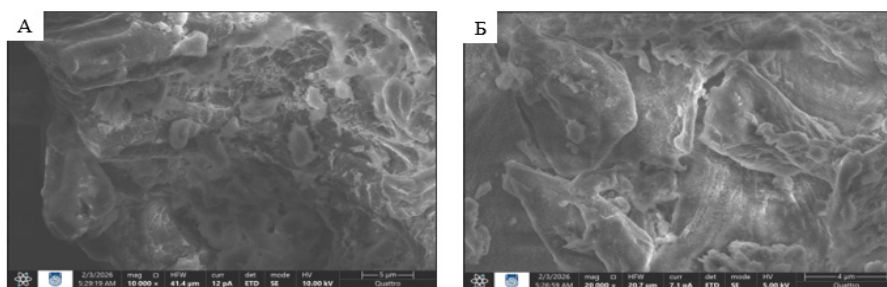


Рисунок 4 — SEM снимок сырье кофейного жмыха

Согласно данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS), представленным на рис.4, исследуемые кофейные остатки представляют собой гетероатомный углеродный материал с высоким содержанием функциональных групп. Основу структуры формирует углерод (табл. 2), составляющий 39.1 ат. % (32.5 мас. %), в сочетании со значительным количеством кислорода - 52.7 ат.

% (58.5 мас. %), что характерно для недопирилизованной биомассы с развитым кислородсодержащим каркасом. Особый интерес представляет наличие азота в количестве 7.5 ат. % (7.2 мас. %), что классифицирует данный образец как перспективный азотсодержащий (1 таблица) углеродный прекурсор. Минеральная составляющая представлена калием (0.7 ат. %), который может выступать в роли естественного катализатора при дальнейшей активации материала.

Таблица 2 — Элементный состав поверхности исходного кофейного жмыха полученного методом

Элемент	Атомный процент (At.%)	Массовый процент (Wt.%)
Кислород (O)	52.7%	58.5%
Углерод (C)	39.1%	32.5%
Азот (N)	7.5%	7.2%
Калий (K)	0.7%	1.8%

Обработка НТК 220/6 гидроксидом калия приводит к радикальной трансформации его текстурных характеристик. Как следует из SEM -снимков образца после модификации КОН (рис. 5), щелочная активация вызывает глубокую деструкцию плотных слоев исходного сырья. Наблюдается формирование развитой макропористой структуры с выраженными кавернами и разломами. Процесс «травления» углеродного каркаса щелочью способствует фрагментации материала и созданию губчатой морфологии.

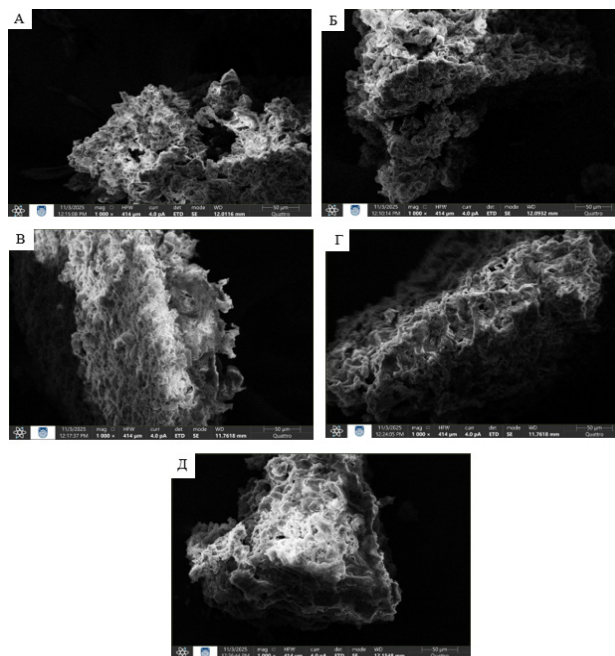


Рисунок 5 – SEM снимки углеродного материала на основе кофейного жмыха после микроволновой активации КОН, А) НТК 220/6-80, Б) НТК 220/6-100, В) НТК 220/6-120, Г) НТК 220/6-140, Д) НТК 220/6-160.

Использование H_3PO_4 в качестве модифицирующего агента также приводит к существенному развитию пористости, однако характер изменений отличается от щелочной обработки. На снимках образца, активированного H_3PO_4 (рис. 6), отчетливо видна мягкая активация поверхности с образованием множества мелких, равномерно распределенных пор. Дегидратирующее действие кислоты способствует формированию жесткого углеродного скелета, пронизанного сетью каналов. Такая «сотовая» структура указывает на значительное увеличение микро- и мезопористости, что является определяющим фактором для повышения емкости сорбента по отношению к целевым компонентам.

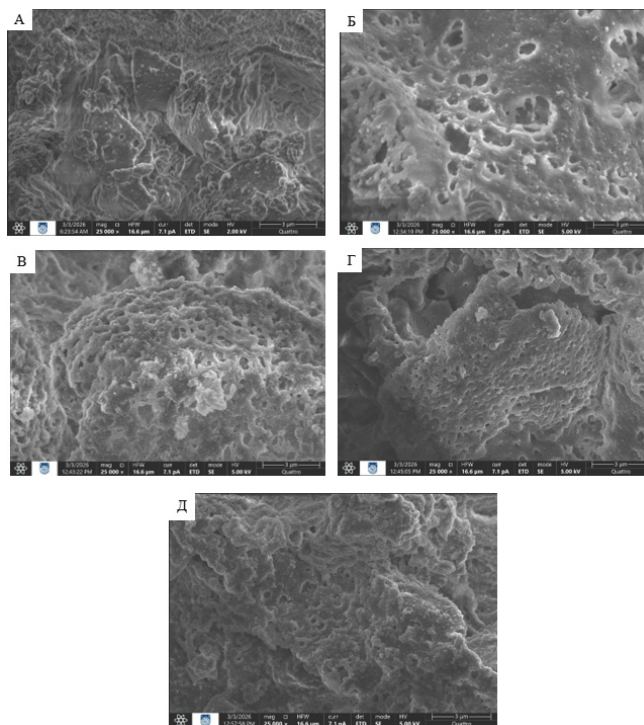


Рисунок 6 – SEM снимки углеродного материала на основе кофейного жмыха после микроволновой активации H_3PO_4 , А) НТК 220/6-80_1, Б) НТК 220/6-100_2, В) НТК 220/6-120_3, Г) НТК 220/6-140_4, Д) НТК 220/6-160_5.

Сравнительный анализ представленных микрофотографий подтверждает эффективность обоих методов химической активации. В то время как исходное сырье обладает барьерной структурой, мягкая активация с использованием KOH и H_3PO_4 позволяет сформировать высокопористую матрицу с развитым рельефом. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности химической обработки для направленного изменения текстуры поверхности кофейных отходов и формирования развитой пористой структуры.

Результаты удельной поверхности и параметров пористой структуры материалов методом низкотемпературной адсорбции-десорбции азота (BET).

После проведения первого этапа эксперимента в микрореакторе полученные образцы были подвергнуты ВЕТ-анализу с целью определения удельной площади поверхности и выбора наиболее оптимального образца для дальнейших исследований.

Результаты показали чёткую зависимость площади поверхности от условий гидротермальной обработки: с увеличением температуры и продолжительности воздействия удельная площадь поверхности последовательно возрастала - от 0,80 м²/г у образца НТК180/2 до 5,9 м²/г у образца НТК220/6 (рис. 7). Наибольшее значение было зафиксировано у образца №6 - НТК220/6 (220 °С, 6 ч), что указывает на наиболее развитую пористую структуру среди всех исследованных образцов.

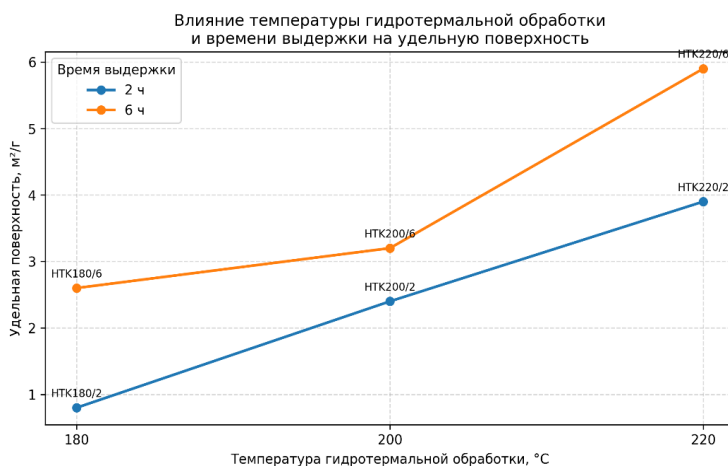


Рисунок 7 — Влияние температурной гидротермальной обработки и времени выдержки на удельную поверхность углеродных материалов

На основании полученных данных образец НТК220/6 был признан оптимальным для проведения последующих этапов эксперимента, поскольку развитая удельная площадь поверхности обеспечивает более эффективный контакт с активирующим агентов при микроволновой активации.

После выбора оптимального образца НТК220/6, образцы остатков кофе после микроволнового реактора были подвергнуты химической активации с использованием двух активирующих агентов – КОН и Н₃РО₄, с последующим определением удельной площади поверхности методом ВЕТ.

Таблица 3 — Результаты ВЕТ образцов остатки кофе после микроволнового реактора

№	Образец	Температура, (°C)	Площадь поверхности образца с КОН, m ² /g	Площадь поверхности образца с Н ₃ РО ₄ , m ² /g
1	НТК#6_80	80	3,9	15,64
2	НТК#6_100	100	3,2	9,75
3	НТК#6_120	120	7,05	24,78
4	НТК#6_140	140	-	9,63
5	НТК#6_160	160	-	9,67

Согласно полученным данным (табл. 3), случае использования КОН в качестве активирующего агента при микроволновой активации не наблюдается значительное изменение удельной поверхности углеродных материалов на основе кофейного жмыха, максимальное из которых составляет 7,05 м²/г. Такое поведение углеродной матрицы свидетельствует о том, что в данных условиях КОН не проявляет активирующих свойств, а лишь катализирует процессы низкотемпературного смолообразования и оплавления пор щелочью. Сравнительный анализ двух модификаторов однозначно показал, что активация Н₃РО₄ является наиболее оптимальной, демонстрируя кратное преимущество во всем диапазоне температур. Использование этого агента позволило существенно увеличить удельную площадь поверхности материала: если у исходного безреагентного образца НТК220/6 этот показатель составлял всего 5,9 м²/г, то после микроволновой модификации Н₃РО₄ при 120 °С удельная поверхность составила 24,78 м²/г. Это указывает на достижение оптимального баланса между индуцированным кислотой гидролизом сырья и фиксацией пористого каркаса фосфатными мостиками. Дальнейший нагрев до 140–160 °С приводит к падению и стабилизации значений на уровне ~9,6 м²/г вследствие химической активации фосфорных эфиров и усадки пор под действием микроволн. Таким образом, микроволновое модифицирование фосфорной кислотой при 120 °С является наиболее эффективным и оптимальным режимом для формирования развитой пористой структуры материала.

FTIR -спектроскопический анализ кофейного жмыха, подвергнутого щелочной и кислотной химической активации.

Для идентификации функциональных групп на поверхности синтезированных углеродных материалов и оценки влияния природы активирующего агента и температуры гидротермальной карбонизации (НТК) был выполнен анализ ИК-спектров полученных образцов. Оба ряда материалов демонстрируют схожий набор базовых характеристических полос, что указывает на общую углеродную основу, формирующуюся в процессе гидротермального обугливания. Однако профили полос и их температурная динамика претерпевают существенные изменения в зависимости от типа используемого активатора.

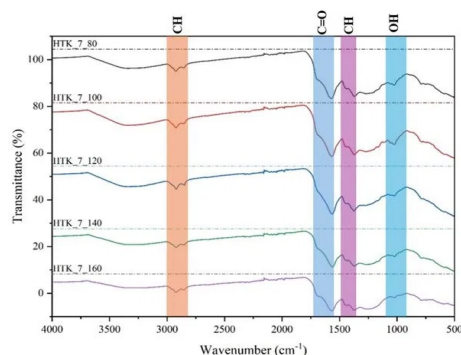


Рисунок 8 – FTIR -спектры образцов серии НТК₇, активированных КОН при температурах 80–160 °С

В спектрах обеих серий наблюдается полоса поглощения в области $\sim 2850\text{--}3000\text{ см}^{-1}$, соответствующая колебаниям С–Н связей алифатических фрагментов (рис.8,9). Интенсивность данной полосы закономерно снижается с повышением температуры активации от 80 до 160°C , что свидетельствует о прогрессирующей ароматизации углеродной матрицы. В образцах серии НТК_7 (рис. 8) деградация С–Н-полос происходит более равномерно, тогда как в серии $\text{MV H}_3\text{PO}_4$ (рис. 9) их интенсивность остаётся относительно высокой при повышенных температурах, что может указывать на стабилизирующее действие фосфорной кислоты на алифатические структуры.

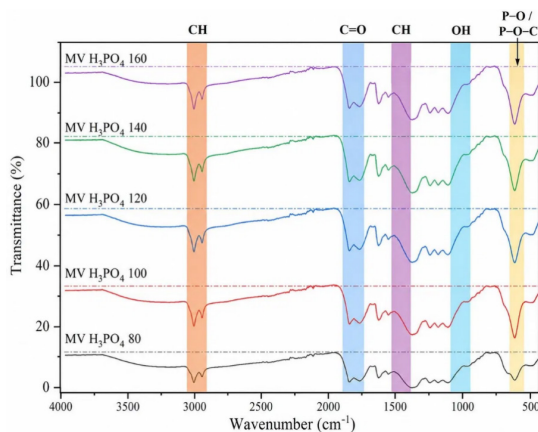


Рисунок 9 – FTIR -спектры образцов серии $\text{MV H}_3\text{PO}_4$, активированных фосфорной кислотой при температурах $80\text{--}160^\circ\text{C}$

Полосы в диапазоне $\sim 1700\text{--}1800\text{ см}^{-1}$, отвечающие валентным колебаниям карбонильных групп С=О, присутствуют в спектрах обеих серий, однако их характер существенно различается. В серии НТК_7 (рис.8) интенсивность карбонильных полос снижается при температурах выше 120°C , что отражает деструкцию кислородсодержащих групп в условиях щелочной активации. В серии $\text{MV H}_3\text{PO}_4$ (рис.9), напротив, данные полосы сохраняют выраженный характер вплоть до 140°C , что связано с образованием эфирных и фосфатных связей при взаимодействии угля с кислотным агентом.

Широкая полоса в области $\sim 950\text{--}1200\text{ см}^{-1}$, отнесённая к деформационным колебаниям О–Н групп, значительно более интенсивна в образцах серии НТК_7 при низких температурах активации ($80\text{--}100^\circ\text{C}$) и заметно убывает по мере её повышения (рис.8). Это согласуется с классическим механизмом щелочной активации, при котором КОН инициирует раскрытие пор с последующей деструкцией гидроксильных групп.

В спектрах серии $\text{MV H}_3\text{PO}_4$ (рис. 9) в области $500\text{--}800\text{ см}^{-1}$ наблюдаются полосы, которые могут быть отнесены к колебаниям связей Р–О и Р–О–С. Их появление может свидетельствовать о возможном взаимодействии фосфорной кислоты с углеродной матрицей и формировании фосфорсодержащих поверхностных

фрагментов. В серии НТК_7 данные полосы отсутствуют, что указывает на различие химической природы поверхности.

Таким образом, ИК-спектроскопические данные показывают, что щелочная активация КОН преимущественно приводит к развитию углеродной матрицы с уменьшением количества поверхностных кислородсодержащих групп, тогда как обработка H_3PO_4 способствует сохранению кислородсодержащих фрагментов и может приводить к формированию фосфорсодержащих поверхностных структур.

Заключение. В ходе проведенного исследования успешно реализован двухэтапный подход к гидротермальной и химической модификации кофейного жмыха (отходов переработки кофе), позволивший установить фундаментальную взаимосвязь между условиями обработки и эффективностью формирования пористого каркаса углеродных материалов. Экспериментально доказано, что если традиционное безреагентное гидротермальное воздействие требует жестких режимов для достижения минимально развитой поверхности (оптимальный образец НТК220/6 показал $5,9 \text{ м}^2/\text{г}$), то последующая интенсифицированная микроволновая активация качественно меняет текстурные свойства. Сравнительный анализ применяемых активирующих агентов при микроволновой активации выявил неэффективность использования КОН в исследованном низкотемпературном интервале $80\text{--}160^\circ\text{C}$ из-за доминирования процессов смолообразования, где максимальное значение удельной поверхности составило $7,05 \text{ м}^2/\text{г}$. В свою очередь, микроволновая активация с H_3PO_4 продемонстрировало выраженный синергетический эффект сочетания воздействия кислых сред и микроволнового поля, где температура 120°C оказалась оптимальной для достижения максимальной удельной поверхности - $24,78 \text{ м}^2/\text{г}$. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость и открывают новые технологические возможности для дальнейшего использования разработанных материалов в качестве перспективных и эффективных сорбентов для очистки сточных и природных вод от растворенных органических веществ и других загрязнителей.

References

- Vilaysit Thithai, Xuanjun Jin; Muhammed Ajaz Ahmed; (2021) Joon-Weon Choi. Physicochemical Properties of Activated Carbons Produced from Coffee Waste and Empty Fruit Bunch by Chemical Activation Method. *Energies*. 14(11). — 3002 p. DOI: 10.3390/en14113002 (in Eng.).
- Kovalcik A., Obruca S., Marova I. (2018) Valorization of spent coffee grounds: A review. *Food Bioprod. Process.* 110. — P. 104–119. DOI: 10.1016/j.fbp.2018.05.002 (in Eng.).
- International Coffee Organization (ICO), 2026 г. Ежемесячный отчет о рынке кофе за 2025/26 год. <https://ico.org> (in Eng.).
- Freitas, C.P.M. De, Marangon B.B., Pereira E.G., Renato N.S. (2023) Exploring spent coffee grounds energy potential in the brazilian scenario Special Issue: Energy in Agriculture, Scientific Paper DOI: 10.1590/1809-4430 (in Eng.).
- N.H. Ly, N.L.M. Khoa, N.B. Nguyen, V.T. Huong, B. Van Duc, T.M. Aminabhavi, Y. Vasseghian, S.W. Joo. (2023) Microalgae-enhanced bioremediation of Cr(VI) ions using spent coffee ground-derived magnetic biochar MoS₂–Ag composites. *J. Env. Manage.* 348 DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119259 (in Eng.).
- R. Campos-Vega, G. Loarca-Pina, H.A. (2015) Vergara-Castañeda and B.D. Oomah, *Trends Food Sci. Technol.*, 45. — P. 24–36 DOI: 10.1016/j.tifs.2015.04.012 (in Eng.).

L.C. Oliveira, E. Pereira, I. R. Guimaraes, A. Vallone M. Pereira J.P. (2009) Mesquita and K. Sapag, J. Hazard. Mater, 165. — P. 87–94 DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.064 (in Eng).

B. Sukhbaatar, B. Yoo, J. Lim. (2021) Metal-free high-adsorption-capacity adsorbent derived from spent coffee grounds for methylene blue. RSC Adv., 11. — P. 5118–5127 DOI: 10.1039/D0RA09550H (in Eng).

Stylianou M., Agapiou A., Omirou M., Vyrides I., Ioannides I.M., Maratheftis G., Fasoula D. (2018) Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 25:35776–35790. DOI: 10.1007/s11356-018-2359 (in Eng).

Kamil M., Ramadan K.M., Awad O.I., Ibrahim T.K., Inayat A., Ma X. (2019) Environmental impacts of biodiesel production from waste spent coffee grounds and its implementation in a compression ignition engine. Sci. Total Environ. 675:13–30. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.156 (in Eng).

Vedran Milanković, Tamara Tasić, Igor A Pašti, Tamara Lazarević-Pašti. (2024) Resolving Coffee Waste and Water Pollution-A Study on KOH-Activated Coffee Grounds for Organophosphorus Xenobiotics Remediation. Xenobiot. Sep 10;14(3):1238–1255. DOI: 10.3390/jox14030070 (in Eng).

Ahmed H., Abolore R.S., Jaiswal S., Jaiswal A.K. (2024) Toward Circular Economy: Potentials of Spent Coffee Grounds in Bioproducts and Chemical Production. Biomass. 4:286–312. DOI: 10.3390/biomass4020014 (in Eng).

Januszewicz, K.; Kazimierski, P.; Klein, M.; Kardaś, D.; Łuczak, J. (2020) Activated carbon produced by pyrolysis of waste wood and straw for potential wastewater adsorption. Materials 13, 2047. DOI: 10.3390/ma13092047 (in Eng).

Örkün Y.; Karatepe N.; Yavuz R. (2012) Influence of temperature and impregnation ratio of H₃PO₄ on the production of activated carbon from hazelnut shell. Acta Phys. Pol. A 121. — P. 277–280. DOI: 10.12693/APhysPolA.121.277 (in Eng).

Hupian M., Galamboš M., Viglašová E., Rosskopfová O., Kusumkar V.V., Daño M. (2024) Activated carbon treated with different chemical agents for pertechnetate adsorption. J. Radioanal. Nucl. Chem. 333:1815–1829. DOI: 10.1007/s10967-024-09399-5 (in Eng).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)**

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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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). 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

*Managing Editor: A.Shormakova
Editors: D.S. Alenov, T. Apendiev
Computer layout: G.D. Zhadyranova*

Signed for print: June 30, 2026

Format: 70×90 1/16. 24.0 printed sheets. Order No. 2