

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№3
2026**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

3 (468)

JULY – SEPTEMBER 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 Бурханбайұлы, 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 Шарипа 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

Abdugalimov A.Sh., Jalmakhanbetova R.I., Mukusheva G.K. Atomistic insight into solvent effects on the chemical structure of betulonic acid.....	11
Assembayeva E.K., Shadi D.K., Nurmukhanbetova D.E., Bozhbanov A.Zh., Gabdullina E.Zh. Effect of inulin on the quality characteristics of a fermented cheese whey-based beverage	25
Asylbekova D.D., Toktibayeva Kh.R., Kaldybayeva A.R., Zhurkhabayeva L., Tukibayeva A.S. Electrochemical behavior of phosphorous acid on a platinum electrode and its galvanostatic anodic oxidation using a lead anode	39
Auyeshov A.P., Yeskibayeva Ch.Z., Ibrayeva A.M., Alzhanov K.B., Dzholdasova E.M. Investigation of the adsorption characteristics of silica obtained from serpentinite by a combined acid–alkali method	58
Galymzhan A., Kozhabekov S., Kuanyshev A., Sansyzbay N., Abdrasilova A. Effect of octadecyl methacrylate–maleic anhydride copolymer composition on crude oil rheological properties	78
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R. Investigation of the structural properties of nanocellulose membranes derived from agricultural waste	95
Dmitriyeva E.A., Medvedev A., Kemelbekova A. Development of a low-temperature gas sensor based on SnO ₂ thin films and a precision measurement system for high-resistance detection	109
Dzheldybaeva I.M., Kairbekov Zh., Esenalieva M.Z., Dossumova B.T., Suimbaeva S.M. Influence of ultrasonic treatment on the structure and physicochemical properties of brown coal humic acids	125
Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Imangazy A. Features of heavy metal ion sorption by interpolymer systems formed from homogeneous polyelectrolytes	140
Zhylykybek M., Orazbekova R.S., Yerkibaeva M.K., Aidarova A.O., Baizhumanova T.S. Co–Mg oxide catalysts for deep oxidation of methane: synthesis, structure, and catalytic activity.....	154
Imangaliyeva B., Rakhmetova G., Dossanova B., Sovet N. Technology of biological fertilizer production by hydrolysis treatment of polymer waste.....	169
Karar M.E., Beisenbayev O.K., Alibekov R.S., Shamsudin R. Starch extraction from Baidaly rice and Gala potatoes for application in biodegradable materials.....	186
Kudaibergenova G.N., Azimbayeva G.E., Kamysbayeva A.K., Izteleu B.M., Kurbanbayeva N.M. Fatty acid composition of <i>Helianthus tuberosus</i> flowers	204
Massenova A.T., Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Malgazhdarova M.K. Tuning of surface acidity in Zn–Me-modified shaped ZSM-5–Al ₂ O ₃ alkylation catalysts.....	219
Nurislamov R.M., Nefedov A.N., Beissenbayev D.K., Leontyeva X.A., Imashev B.K. Effect of oxide films on the corrosion resistance of iron: modeling in COMSOL Multiphysics 6.2.....	238

Nurlybayev O., Kudaibergenova R., Taubayeva R., Bekaulova A., Seitmanbetova A. Textural properties of bentonite–sawdust carbon composites after metal-chloride-assisted carbonization.....	250
Puzikova D.S., Bessonova G.V., Kenzin N.R., Zhurinov M.Zh., Torlopov I.I. Modeling cavitation of oil-containing media in various hydrodynamic configurations.....	263
Rakhimov A., Zhanikulov N., Taimasov B., Potapova E., Sarsenbaev B. Calculation of the raw material composition for cement clinker with the addition of lead slag processing waste.....	285
Ryskalieva D., Baibulanova A., Yessenamanova M., Mustafina A., Samat A. Hydrogen sulfide pollution in the atmosphere of an industrial city: the potential role of evaporation fields (Atyrau, Kazakhstan)	299
Serikbayeva K.T., Chalov T.K., Sadykov K.A. Rubidium sorption from aqueous solutions by VEMEA–AGE–PEI anion exchangers.....	322
Seitkazinova A.R., Nazhipkyzy M., Yeleuov M.A., Zhaparov A.A., Kalybayeva A.K. Orange peel-derived porous activated carbon	334
Samadun A.I., Taussarova B.R., Asrakulova D.I., Nurmukhanbetova D.E. Biodegradable packaging films with copper nanoparticles: effect of NaBH ₄ concentration on morphology and antifungal properties	351
Khamitova T.O., Tyanakh S., Bolatbay A.N., Ma Fengyun, Aitbekova D.E. Linking geological genesis to the molecular and optical traits of humic acids from coal wastes.....	370
Talgatov E., Zamanbekova A., Abilmagzhanov A., Auyezkhanova A., Akhmetova S. Polymer-modified supported catalysts for the oxidation of cyclohexane with hydrogen peroxide.....	389

МАЗМҰНЫ

Абдугалимов А.Ш., Джалмаханбетова Р.И., Мукушева Г.К.

Бетулон қышқылының химиялық құрылымына еріткіштер әсерін атомистикалық тұрғыдан зерттеу11

Асембаева Э.К., Шәді Д.Қ., Нурмуханбетова Д.Е., Божбанов А.Ж., Габдуллина Е.Ж.

Инулиннің ірімшік сарысуы негізіндегі ашытылған сусынның сапа көрсеткіштеріне әсері.....25

Асылбекова Д.Д., Токтыбаева Х.Р., Қалдыбаева А.Р., Журхабаева Л., Түкібаева А.С.

Фосфорлы қышқылдың платина электродындағы электрохимиялық қасиеттері және оны қорғасын анодын қолданып гальваностатикалық анодты тотықтыру.....39

Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Джолдасова Э.М.

Қышқылды-сілтілі комбинациялық әдіспен серпентиниттен алынған кремнеземнің адсорбциялық сипаттамаларын зерттеу58

Ғалымжан А., Қожабеков С., Қуанышев А., Сансызбай Н., Абдрасилова А.

Октадецилметакрилат пен малеин ангидридi сополимерлері құрамының мұнайдың реологиялық қасиеттеріне әсері78

Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Агроқалдықтардан алынған наноцеллюлозалы

мембраналардың құрылымдық қасиеттерін зерттеу.....95

Дмитриева Е.А., Медведев А., Кемелбекова А.

SnO₂ жұқа қабықшалары негізіндегі төмен температуралы газ сенсорын және жоғары кедергілерді тіркеуге арналған прецизионды өлшеу жүйесін әзірлеу.....109

Джелдыбаева И.М., Қайырбеков Ж., Есеналиева М.З., Досумова Б.Т., Суймбаева С.М.

Ультрадыбыстық өңдеудің қоңыр көмір гумин қышқылдарының құрылымы мен физика-химиялық қасиеттеріне әсері.....125

Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Иманғазы А.

Біртекті полиэлектролиттерден құрылған интерполимерлік жүйелердің ауыр металл иондарын сорбциялау ерекшеліктері.....140

Жылқыбек М., Оразбекова Р.С., Еркибаева М.К., Айдарова А.О., Байжұманова Т.С.

Метанды терең тотықтыруға арналған Co–Mg оксидті катализаторлар: синтезі, құрылымы және каталитикалық белсенділігі.....154

Иманғалиева Б., Рахметова Г., Досанова Б., Совет Н.

Полимер қалдықтарын гидролиздік өңдеу арқылы биологиялық тыңайтқыш алу технологиясы.....169

Қарар М.Е., Бейсенбаев О.К., Алибеков Р.С., Роснах Шамсудин.

Байдалы күрішпен және Гала сортты картоптан крахмал алу және оны биоыдырайтын материалдарда қолдану.....186

Құдайбергенова Г.Н., Азимбаева Г.Е., Камысбаева А.К., Ізтелеу Б.М., Құрбанбаева Н.М.

Топинамбур гүлдерінің май қышқылдық құрамы204

Масенова А.Т., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Малгаждарова М.К. Zn–Me-модификацияланған қалыпталған ZSM-5–Al ₂ O ₃ алкилдеу катализаторларының беттік қышқылдығын реттеу.....	219
Нурисламов Р.М., Нефедов А.Н., Бейсенбаев Д.К., Леонтьева К.А., Имашев Б.К. Темірдің коррозияға төзімділігіне оксидтік қабықшалардың әсері: COMSOL Multiphysics 6.2 бағдарламасында модельдеу.....	238
Нурлыбаев О., Кудайбергенова Р., Таубаева Р., Бекаулова А., Сейтманбетова А. Металл хлоридтері қатысында карбонизацияланған бентонит–ағаш үгіндісі көміртекті композиттерінің текстуралық қасиеттері.....	250
Пузикова Д.С., Бессонова Г.В., Кензин Н.Р., Жұрынов М.Ж., Торлопов И.И. Өртүрлі гидродинамикалық конструкциялардағы мұнай құрамды орталардың кавитация процесін модельдеу	263
Рахимов А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Сәрсенбаев Б. Қорғасын қожын өндеу қалдықтары қосылған цемент клинкерінің шикізат шихтасының құрамын есептеу	285
Серікбаева К.Т., Чалов Т.К., Садықов К.А. Сулы ерітінділерден рубидийді ВЭМЭА–АГЭ–ПЭИ аниониттерімен сорбциялау.....	299
Сейтказинова А.Р., Нажипқызы М., Елеуов М.А., Жапаров А.А., Қалыбаева А.Қ. Апельсин қабығынан алынған кеуекті белсендірілген көмір.....	322
Самадун А.И., Таусарова Б.Р., Асракулова Д.И., Нурмұханбетова Д.Е. Мыс нанобөлшектері бар биоыдырайтын қаптамалық үлдірлер: NaBH ₄ концентрациясының морфологияға және саңырауқұлаққа қарсы қасиеттеріне әсері.....	334
Хамитова Т.О., Тянах С., Болатбай А.Н., Ма Фэньюнь, Айтбекова Д.Е. Көмір қалдықтарынан бөлінген гумин қышқылдарының геологиялық генезисі мен молекулалық және оптикалық қасиеттерінің байланысы	351
Рысқалиева Д.К., Байбуланова А.А., Есенаманова М.С., Мұстафина А.Ж., Самат А.С. Өнеркәсіптік қала атмосферасының күкіртсутекпен ластануы: булану алаңдарының ықтимал рөлі (Атырау, Қазақстан)	370
Талғатов Э.Т., Заманбекова А.Т., Абильмагжанов А.З., Әуезханова А.С., Ахметова С.Н. Циклогександы сутек пероксидімен тотықтыруға арналған полимермен модификацияланған тасымалдағышқа бекітілген катализаторлар	389

СОДЕРЖАНИЕ

Абдугалимов А.Ш., Джалмаханбетова Р.И., Мукушева Г.К. Атомистическое исследование влияния растворителей на химическую структуру бетулоновой кислоты.....	11
Асембаева Э.К., Шади Д.К., Нурмуханбетова Д.Е., Божбанов А.Ж., Габдуллина Е.Ж. Влияние инулина на показатели качества ферментированного напитка на основе сырной сыворотки	25
Асылбекова Д.Д., Токтибаева Х.Р., Калдыбаева А.Р., Журхабаева Л., Тукибаева А.С. Электрохимическое поведение фосфористой кислоты на платиновом электроде и её гальваностатическое анодное окисление с использованием свинцового анода.....	39
Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Джолдасова Э.М. Исследование адсорбционных характеристик кремнезёма, полученного из серпентинита комбинированным кислотно-щелочным методом	58
Галымжан А., Кожабеков С., Куанышев А., Сансызбай Н., Абдрасилова А. Влияние состава сополимеров октадецилметакрилата и малеинового ангидрида на реологические свойства нефти	78
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Исследование структурных свойств наноцеллюлозных мембран, полученных из агроотходов.....	95
Дмитриева Е.А., Медведев А., Кемелбекова А. Разработка низкотемпературного газового сенсора на основе тонких плёнок SnO_2 и прецизионной измерительной системы для регистрации высокоомных сопротивлений.....	109
Джелдыбаева И.М., Каирбеков Ж., Есеналиева М.З., Досумова Б.Т., Суймбаева С.М. Влияние ультразвуковой обработки на структуру и физико-химические свойства гуминовых кислот бурого угля	125
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А. Особенности сорбции ионов тяжёлых металлов интерполимерными системами, сформированными из однородных полиэлектролитов.....	140
Жылкыбек М., Оразбекова Р.С., Еркибаева М.К., Айдарова А.О., Байжуманова Т.С. Co–Mg оксидные катализаторы для глубокого окисления метана: синтез, структура и каталитическая активность	154
Имангалиева Б., Рахметова Г., Досанова Б., Совет Н. Технология получения биологического удобрения путём гидролизной обработки полимерных отходов	169
Карар М.Е., Бейсенбаев О.К., Алибеков Р.С., Роснах Шамсудин. Получение крахмала из риса «Байдалы» и картофеля сорта «Гала» и его применение в биоразлагаемых материалах	186
Кудайбергенова Г.Н., Азимбаева Г.Е., Камысбаева А.К., Изтелеу Б.М., Курбанбаева Н.М. Жирнокислотный состав цветков топинамбура	204

Масенова А.Т., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Малгаждарова М.К. Регулирование поверхностной кислотности Zn–Me-модифицированных формованных ZSM-5–Al ₂ O ₃ катализаторов алкилирования	219
Нурисламов Р.М., Нефедов А.Н., Бейсенбаев Д.К., Леонтьева К.А., Имашев Б.К. Влияние оксидных плёнок на коррозионную стойкость железа: моделирование в COMSOL Multiphysics 6.2	238
Нурлыбаев О., Кудайбергенова Р., Таубаева Р., Бекаулова А., Сейтманбетова А. Текстурные свойства бентонит–углеродных композитов после карбонизации в присутствии хлоридов металлов	250
Пузикова Д.С., Бессонова Г.В., Кензин Н.Р., Журинов М.Ж., Торлопов И.И. Моделирование процесса кавитации нефтесодержащих сред в различных гидродинамических конструкциях.....	263
Рахимов А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Сарсенбаев Б. Расчёт состава сырьевой шихты для цементного клинкера с добавлением отходов переработки свинцового шлака	285
Серикбаева К.Т., Чалов Т.К., Садыков К.А. Сорбция рубидия из водных растворов анионитами ВЭМЭА–АГЭ–ПЭИ.....	299
Сейтказинова А.Р., Нажипкызы М., Елеуов М.А., Жапаров А.А., Калыбаева А.К. Пористый активированный углерод, полученный из апельсиновой кожуры.....	322
Самадун А.И., Таусарова Б.Р., Асракулова Д.И., Нурмуханбетова Д.Е. Биоразлагаемые упаковочные плёнки с наночастицами меди: влияние концентрации NaBH ₄ на морфологию и антигрибковые свойства	334
Хамитова Т.О., Тянах С., Болатбай А.Н., Ма Фэньюнь, Айтбекова Д.Е. Связь геологического генезиса с молекулярными и оптическими характеристиками гуминовых кислот из угольных отходов	351
Рыскалиева Д.К., Байбуланова А.А., Есенаманова М.С., Мустафина А.Ж., Самат А.С. Загрязнение атмосферы промышленного города сероводородом: потенциальная роль полей испарения (Атырау, Казахстан)	370
Талгатов Э.Т., Заманбекова А.Т., Абильмагжанов А.З., Ауезханова А.С., Ахметова С.Н. Полимер-модифицированные нанесённые катализаторы окисления циклогексана пероксидом водорода	389

© Khamitova T.O.^{1*}, Tyanakh S.², Bolatbay A.N.², Ma Fengyun³,
Aitbekova D.E.², 2026.

¹ S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan;

² E.A. Buketov Karaganda National University, Karaganda, Kazakhstan;

³ Xinjiang University, Urumqi, China.

E-mail: khamitova.t@inbox.ru

LINKING GEOLOGICAL GENESIS TO THE MOLECULAR AND OPTICAL TRAITS OF HUMIC ACIDS FROM KAZAKHSTANI COAL WASTES

Khamitova Tolkyn — PhD, Associate Professor, Institute of Agriculture and Forestry, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: khamitova.t@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4691-3732>;

Tyanakh Sairagul — PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technologies and Petrochemistry, E.A. Buketov Karaganda National University, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: saika_8989@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5343-4695>;

Bolatbay Ablaihan — PhD, Associate Professor, Department of Physical and Analytical Chemistry, E.A. Buketov Karaganda National University, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: abylyai.bolatbai@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5047-3066>;

Ma Fengyun — Professor, Xinjiang University, Urumqi, China,

E-mail: ma_fy@126.com;

Aitbekova Darzhan — PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technologies and Petrochemistry, E.A. Buketov Karaganda National University, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: darzhan91@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6839-9711>.

Abstract. The relevance of this study is associated with the need for the rational utilization of carbon-containing wastes and natural raw materials for the production of humic preparations with potential applications in agriculture. The aim of the study was to compare the structural and physicochemical characteristics of humic acids (HAs) obtained by alkaline extraction from coal waste of the Kuznetsk Basin and brown coal from the Kumyskuduk deposit (Kazakhstan), as well as to assess their potential use as soil amendments. The obtained samples were characterized using CHNS-O analysis, FTIR spectroscopy, thermogravimetric and differential thermal analysis, scanning electron microscopy, titration of functional groups, and UV–Vis spectrophotometry. The E4/E6 ratio and optical band gap (Eg) were additionally determined using the Tauc method. The results showed that the composition and properties of HAs varied considerably depending on the source material. HAs obtained from Kumyskuduk

brown coal were characterized by a high oxygen content (48.26 wt.%) and a high atomic O/C ratio (0.77), indicating a substantial contribution of oxygen-containing functional groups. FTIR spectroscopy and titration confirmed the presence of hydroxyl, carboxyl, carbonyl, and ether groups. The low E4/E6 values (3.0–4.0), Eg of 2.1–2.4 eV, and the onset of pronounced thermal degradation above 400 °C indicated a well-developed aromatic component of the structure. HAs isolated from coal waste of the Kuznetsk Basin exhibited a higher carbon content (49.61 wt.%), a pronounced polycyclic structure, increased thermal stability, and a porous, plate-like morphology. The results indicate that HAs from Kumyskuduk brown coal combine a chemically stable carbon framework with high functionality and hydrophilicity. These characteristics make them promising for use as soil amendments, plant growth stimulants, and sorption materials for the binding of heavy metals. At the same time, the conversion of coal waste into humic products provides an approach for its rational utilization and incorporation into beneficial applications.

Keywords: Humic acids, Coal waste processing, Lignite valorization, Spectroscopic characterization, Optical energy gap

For citations: Khamitova T.O., Tyanakh S., Bolatbay A.N., Ma Fengyun, Aitbekova D.E. Linking geological genesis to the molecular and optical traits of humic acids from coal wastes. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.3. — P. 370–388. DOI:<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.406>.

© Хамитова Т.О.¹ *, Тянах С.², Болатбай А.Н.², Ма Фэнъюнь³,
Айтбекова Д.Е.², 2026.

¹ С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана, Қазақстан;

² Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық университеті, Қарағанды, Қазақстан;

³ Синьцзян университеті, Үрімші, Қытай Халық Республикасы.

E-mail: khamitova.t@inbox.ru

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ КӨМІР ҚАЛДЫҚТАРЫНАН БӨЛІНГЕН ГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ГЕНЕЗИСІНІҢ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ЖӘНЕ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІМЕН БАЙЛАНЫСЫ

Хамитова Толқын — PhD, қауымдастырылған профессор, Ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы институты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: khamitova.t@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4691-3732>;

Тянах Сайрагүл — PhD, қауымдастырылған профессор, Химиялық технологиялар және мұнай-химия кафедрасы, Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық университеті, Қарағанды, Қазақстан, E-mail: saika_8989@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5343-4695>;

Болатбай Абылайхан — PhD, қауымдастырылған профессор, Физикалық және аналитикалық химия кафедрасы, Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық университеті, Қарағанды, Қазақстан, E-mail: abylai.bolatbai@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5047-3066>;

Ма Фэньюнь — профессор, Синыцзян университеті, Үрімші, Қытай,

E-mail: ma_fy@126.com;

Айтбекова Даржан — PhD, қауымдастырылған профессор, Химиялық технологиялар және мұнай-химия кафедрасы, Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық университеті, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: darzhan91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6839-9711>.

Аннотация. Зерттеудің өзектілігі ауыл шаруашылығында қолдануға перспективалы гуминдік препараттарды алу үшін құрамында көміртегі бар қалдықтар мен табиғи шикізатты ұтымды пайдалану қажеттілігімен байланысты. Зерттеудің мақсаты — Кузнецк бассейнінің көмір қалдықтарынан және Қазақстандағы Құмыскұдық кен орнының қоңыр көмірінен сілтілік экстракция әдісімен алынған гумин қышқылдарының құрылымдық және физика-химиялық сипаттамаларын салыстыру, сондай-ақ оларды топырақ мелиоранттары ретінде пайдалану мүмкіндігін бағалау. Алынған үлгілер CHNS-O элементтік талдауы, Фурье-түрлендірулі ИҚ-спектроскопия, термогравиметриялық және дифференциалдық-термиялық талдау, сканерлеуші электрондық микроскопия, функционалдық топтарды титрлеу және УК-көрінетін спектрофотометрия әдістерімен сипатталды. Қосымша E_4/E_6 индексі және Тауц әдісі бойынша оптикалық тыйым салынған аймақтың ені E_g анықталды. Нәтижелер гумин қышқылдарының құрамы мен қасиеттері бастапқы шикізат түріне едәуір тәуелді екенін көрсетті. Құмыскұдық қоңыр көмірінен алынған гумин қышқылдары оттегінің жоғары мөлшерімен — 48,26 масс.% және О/С атомдық қатынасының 0,77 мәнімен сипатталды, бұл оттекті функционалдық топтардың елеулі үлесін көрсетеді. ИҚ-спектроскопия және титрлеу нәтижелері гидроксил, карбоксил, карбонил және эфирлік топтардың болуын растады. E_4/E_6 индексінің төмен мәндері — 3,0–4,0, $E_g = 2,1–2,4$ эВ және айқын термиялық ыдыраудың 400 °C-тан жоғары температурада басталуы құрылымда дамыған ароматты компоненттің болуын көрсетті. Кузнецк бассейнінің көмір қалдықтарынан бөлінген гумин қышқылдары көміртегінің жоғары мөлшерімен — 49,61 масс.%, айқын полициклді құрылымымен, жоғары термиялық тұрақтылығымен және кеуекті пластиналы морфологиясымен ерекшеленді. Алынған нәтижелер Құмыскұдық қоңыр көмірінің гумин қышқылдары химиялық тұрақты көміртекті қаңқаны жоғары функционалдылықпен және гидрофильділікпен үйлестіретінін көрсетті. Бұл қасиеттер оларды топырақ мелиоранттары, өсімдік өсуін ынталандырғыштар және ауыр металдарды байланыстыруға арналған сорбциялық материалдар ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: гумин қышқылдары, көмір қалдықтарын қайта өңдеу, қоңыр көмірді кәдеге жарату, спектроскопиялық профиль, оптикалық зона ені

© Хамитова Т.О.^{1*}, Тянах С.², Болатбай А.Н.², Фэньюнь Ма³,
Айтбекова Д.Е.², 2026.

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени
С. Сейфуллина, Астана, Казахстан;

² Карагандинский Национальный университет им. Е.А. Букетова,
Караганда, Казахстан;

³Синьцзянский университет, Урумчи, КНР.

E-mail: khamitova.t@inbox.ru

СВЯЗЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА С МОЛЕКУЛЯРНЫМИ И ОПТИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ИЗ УГОЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАЗАХСТАНА

Хамитова Толкын — PhD, ассоциированный профессор, Институт сельского хозяйства и лесоводства, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,

E-mail: khamitova.t@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4691-3732>;

Тянах Сайрагул — PhD, ассоциированный профессор кафедры химических технологий и нефтехимии, Карагандинский национальный университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

E-mail: saika_8989@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5343-4695>;

Болатбай Абылайхан — PhD, ассоциированный профессор кафедры физической и аналитической химии, Карагандинский национальный университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

E-mail: abyлай.bolatbai@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5047-3066>;

Ма Фэньюнь — профессор, Синьцзянский университет, Урумчи, КНР,

E-mail: ma_fy@126.com;

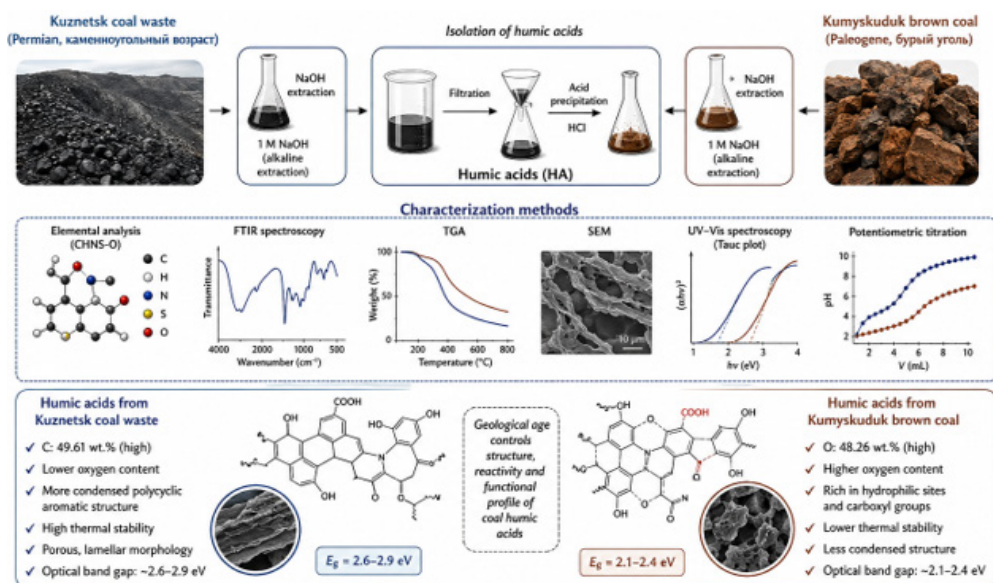
Айтбекова Даржан — PhD, ассоциированный профессор кафедры химических технологий и нефтехимии, Карагандинский национальный университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

E-mail: darzhan91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6839-9711>.

Аннотация. Актуальность работы связана с необходимостью рационального использования углеродсодержащих отходов и природного сырья для получения гуминовых препаратов, перспективных для применения в сельском хозяйстве. Цель исследования заключалась в сравнении структурных и физико-химических характеристик гуминовых кислот, полученных методом щелочной экстракции из каменноугольных отходов Кузнецкого бассейна и бурого угля Кумыскудукского месторождения (Казахстан), а также в оценке возможности их использования в качестве почвенных мелиорантов. Для характеристики полученных образцов использовали CHNS-О анализ, ИК-Фурье спектроскопию, термогравиметрический и дифференциально-термический анализы, сканирующую электронную микроскопию, титрование функциональных групп и УФ-видимую спектрофотометрию. Дополнительно определяли индекс Е4/Е6 и ширину запрещенной зоны (Еg) методом Тауца. Установлено, что состав и свойства ГК заметно различаются в зависимости от исходного сырья. ГК Кумыскудукского бурого угля характеризуются повышенным содержанием кислорода (48,26 масс.

%) и высоким атомным отношением O/C (0,77), что указывает на значительное количество кислородсодержащих функциональных групп. Результаты ИК-спектроскопии и титрования подтвердили присутствие гидроксильных, карбоксильных, карбонильных и эфирных групп. Низкие значения E4/E6 (3,0–4,0), $E_g = 2,1\text{--}2,4$ эВ и температура начала заметной термодеструкции выше 400 °С свидетельствуют о развитой ароматической составляющей структуры. ГК, выделенные из каменноугольных отходов Кузнецкого бассейна, отличаются более высоким содержанием углерода (49,61 масс. %), выраженной полициклической структурой, повышенной термической устойчивостью и пористой пластинчатой морфологией. Полученные результаты показывают, что гуминовые кислоты Кумысдукского бурого угля сочетают химически устойчивый углеродный каркас с высокой функциональностью и гидрофильностью. Это определяет их перспективность для использования в качестве почвенных мелиорантов, стимуляторов роста растений и сорбционных материалов для связывания тяжелых металлов. Одновременно переработка каменноугольных отходов в гуминовые продукты позволяет рассматривать данный подход как способ их рационального вовлечения в хозяйственный оборот.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, переработка угольных отходов, утилизация бурого угля, спектроскопический профиль, оптическая ширина зоны



Графический абстракт. Схематическое представление процессов экстракции, характеристики и структурных особенностей гуминовых кислот

Введение. Гуминовые вещества образуют основу устойчивого органического углерода биосферы, определяя ионообменные свойства, удержание влаги, буферную емкость почв и транспорт микроэлементов в агроэкосистемах (Orlov,

1990; Baikenov, 2024). Гуминовые кислоты (ГК), определяемые как фракции, растворимые в щелочной среде и нерастворимые при подкислении, представляют собой гетерогенные макромолекулярные сети, богатые карбоксильными (-COOH), фенольными (-OH) и карбонильными группами (MacCarthy, 2001; Tyanakh et al., 2024). Благодаря наличию этих функциональных групп ГК обладают высокой связывающей способностью по отношению к катионам металлов и играют ключевую роль в формировании почвенного плодородия и структурообразовании (Stevenson, 1994; Tan, 2014).

В условиях деградации сельскохозяйственных земель и сокращения традиционных источников органических удобрений низкосортные угли, лигниты и выветрелые горные породы представляют собой крайне перспективное сырье для промышленного получения ГК и мелиорантов (Piccolo, 2002; Perminova et al., 2019; Ampong et al., 2022). Однако молекулярное строение, функциональный состав и реакционная способность угольных ГК существенно варьируют в зависимости от условий древнего осадконакопления, природы исходной биомассы и степени метаморфизма углесодержащего пласта (Ikeya et al., 2004; van Krevelen, 1993; Zherebtsov et al., 2021).

Несмотря на значительное число работ, посвященных экстракции гуминовых веществ из углей различных месторождений (Kundu et al., 2019; Calemme et al., 1994), взаимосвязь между геологическим возрастом сырья и тонкой электронной и термической структурой получаемых ГК остается изученной недостаточно. В частности, слабо освещены вопросы влияния степени углефикации на оптическую ширину запрещенной зоны, рассчитываемую по методу Тауца (Tauc et al., 1966; Ghosal et al., 2018), и на соотношение алифатических и поликонденсированных ароматических фрагментов макромолекулярного каркаса, оцениваемое методами спектроскопии и термического анализа (Senesi et al., 2003; Francioso et al., 2005; Klavins et al., 2012).

В данной работе проведено сравнительное исследование структурно-функциональных характеристик, термической устойчивости и оптических свойств ГК, извлеченных из двух геологически и генетически различных источников Казахстана: каменноугольных отходов карбонового периода (Кузнецкий бассейн) и бурого угля неогенового периода (Кумыскудукское месторождение). Комплексный подход, сочетающий элементный CHNS-O анализ, ИК-Фурье спектроскопию, УФ-видимую спектрометрию с расчетом зоны Тауца, ТГА/ДСК и СЭМ, позволил установить влияние степени углефикации на реакционную способность и функциональный профиль макромолекул ГК для их целевого использования в агротехнологиях.

Литературный обзор. Гуминовые кислоты угольного происхождения формируются в результате длительного преобразования исходного органического вещества и сохраняют структурные признаки различных стадий диагенеза и углефикации. По мере повышения степени углефикации происходит уменьшение содержания кислорода и алифатических фрагментов, сопровождаемое увеличением относительной доли ароматического углерода и степени конденсации

углеродного каркаса (van Krevelen, 1993; Ikeya et al., 2004). Поэтому химические и физико-химические свойства ГК существенно зависят от природы исходного угля, его зрелости и условий формирования органического вещества (MacCarthy, 2001; Piccolo, 2002).

Важную роль в этих изменениях играет трансформация кислородсодержащих функциональных групп. Карбоксильные, фенольные и карбонильные группы определяют кислотно-основные свойства и комплексообразующую способность ГК, однако при повышении степени углефикации их количество и доступность изменяются вследствие декарбоксилирования, дегидратации и включения отдельных фрагментов в более устойчивые конденсированные структуры (Stevenson, 1994; Tan, 2014; Perminova et al., 2019). Одновременно возрастает структурная неоднородность ароматического каркаса, что отражается на реакционной способности и устойчивости гуминовых веществ.

Для установления этих различий широко применяются спектроскопические методы. FTIR позволяет выявлять изменения в составе функциональных групп по полосам, соответствующим колебаниям O–H, C–H, C=O и ароматических C=C-связей (Senesi et al., 2003; Francioso et al., 2005). UV–Vis спектроскопия дает дополнительную информацию о хромофорных и сопряженных структурах. Традиционное отношение E4/E6 используется для сравнительной оценки степени конденсации гуминовых веществ, однако его величина зависит также от концентрации, молекулярной неоднородности и условий измерения, поэтому данный показатель требует комплексной интерпретации (Chen et al., 1977; Senesi et al., 2003).

Дополнительную информацию об электронной структуре может дать расчет оптической ширины запрещенной зоны по методу Тауца. Первоначально разработанный для анализа оптических переходов в аморфных и полупроводниковых материалах, этот подход применяется и к сложным углеродсодержащим системам, в которых свойства поглощения определяются характером сопряжения и распределением электронных состояний (Tauc et al., 1966; Ghosal et al., 2018). Для гуминовых кислот данный параметр пока используется ограниченно, а его связь со степенью ароматизации, конденсации и функциональным составом ГК требует дальнейшего изучения.

Термические характеристики являются еще одним показателем структурной организации гуминовых кислот. При нагревании последовательно удаляется связанная вода, разрушаются менее устойчивые кислородсодержащие фрагменты, а при более высоких температурах происходит деструкция устойчивых органических структур. Температурные интервалы и величина потери массы зависят от происхождения исходного сырья и степени его преобразованности (Klavins et al., 2012; Ampong et al., 2022). Поэтому сочетание ТГА/ДСК с FTIR и UV–Vis позволяет сопоставлять функциональный состав ГК с их термической и электронной устойчивостью.

Казахстан располагает значительными ресурсами угля различного геологического возраста и степени углефикации, включая бурые и каменные

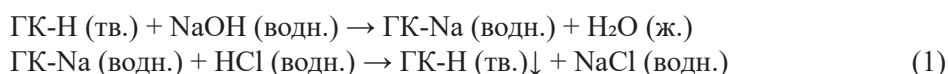
угли, а также значительные объемы отходов угледобычи и углеобогащения. Различия в условиях формирования и последующего преобразования этих материалов обуславливают вариабельность состава органического вещества и перспективность их использования для получения гуминовых препаратов (Nauanova et al., 2025; Tyanakh et al., 2024; Zharebtsov et al., 2021). Вместе с тем исследования казахстанского угольного сырья преимущественно ориентированы на определение выхода гуминовых веществ, их химического состава и практической эффективности, тогда как взаимосвязь геологического происхождения исходного материала с молекулярными, термическими и электронно-оптическими характеристиками выделенных ГК изучена значительно слабее.

Таким образом, остается недостаточно исследованным вопрос о том, как различия в геологическом возрасте и степени углефикации казахстанского угольного сырья отражаются одновременно на функциональном составе, соотношении алифатических и ароматических структур, термической устойчивости и оптических характеристиках получаемых ГК. Особенно актуальным является установление взаимосвязи между этими параметрами и оптической шириной запрещенной зоны, определяемой методом Тауца. Комплексное рассмотрение указанных характеристик позволяет глубже оценить структурную обусловленность свойств ГК и обосновать возможности целевого использования различных видов угольного сырья Казахстана.

Экспериментальная часть. В исследовании применялись образцы каменноугольных отходов карбонового периода, отобранные на отвалах Кузнецкого бассейна (маркировка KUZ), и образцы бурого угля неогенового периода Кумыскудукского месторождения (маркировка KUM), Казахстан. В качестве химических реагентов для щелочного выщелачивания и последующего осаждения использовались гидроксид натрия и соляная кислота марки «ч.д.а.» (Sigma-Aldrich). Для всех аналитических процедур, приготовления растворов и промывки выделенных фракций применялась деионизированная вода с удельным сопротивлением 18.2 МОм·см.

Выделение целевых фракций гуминовых кислот (ГК) осуществлялось с применением классической схемы щелочной экстракции и кислотной коагуляции. На первом этапе исходный углесодержащий материал подвергался измельчению на щековой дробилке ШКД-6 до рабочей фракции 0.5–1.0 мм с последующей сушкой при 80 °С в течение 8 ч.

Экстракционный процесс базируется на обратимом переводе нерастворимых гуминовых кислот в растворимые гуматы натрия с последующей регенерацией протонированной формы (1):



Навеску подготовленного сырья массой 10.0–20.0 г смешивали с 100 мл 4 масс. % раствора NaOH. Реакционную смесь выдерживали при 80 °С в течение

2 ч при постоянном перемешивании. Для отделения минерального остатка и не утилизируемой фракции гумина проводили центрифугирование со скоростью 4000 об/мин в течение 15 мин. Осветленный щелочной экстракт подкисляли 5 об. % раствором HCl до pH 2.0–3.0, после чего выдерживали 60 мин для завершения фазового разделения. Выпавший коагулят ГК фильтровали, промывали деионизированной водой до полного удаления ионов chlorine (контроль по AgNO₃) и высушивали при 80 °C до неизменной массы.

Массовые доли углерода, водорода, азота и серы определялись на элементном анализаторе UNICUBE (Elementar, Германия). Взвешивание микронавесок выполнялось на ультрамикровесах Mettler Toledo XPR6U. Содержание кислорода рассчитывалось по разности массовых долей.

Колебательные спектры макромолекул записывали на ИК-Фурье спектрометре FSM 1202 в диапазоне волновых чисел 4000–400 см⁻¹. Образцы прессовали в таблетки с бромидом калия из расчета 2 мг препарата на 200 мг KBr.

Термический деструкционный профиль исследовали методом синхронной термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии на установке LABSYS Evo (SETARAM, Франция). Анализ проводился в воздушной среде при скорости нагрева 10 °C/мин до максимальной температуры 800 °C.

Спектры поглощения растворов ГК в 5 масс. % NaOH (при рабочей концентрации 0.1 мг/мл) снимали на спектрофотометре Shimadzu UV-1800. Расчет ширины запрещенной зоны (Eg) проводился путем построения графических зависимостей Тауца и линейной экстраполяции края поглощения (2):

$$(\alpha \cdot hv)^n = A \cdot (hv - E_g) \quad (2)$$

где α - коэффициент поглощения, hv - энергия фотона, A - размерный коэффициент, n - индекс прямого разрешенного перехода ($n = 2$).

Исследование микроморфологии и архитектоники поверхности проводилось на сканирующем электронном микроскопе с автоэмиссионным источником MIRA3 FE-SEM (TESCAN).

Оценка содержания кислотных групп проводилась методом потенциометрического титрования. Водные суспензии ГК с гидромодулем 1:10 титровали 0.1 М раствором NaOH при постоянном перемешивании.

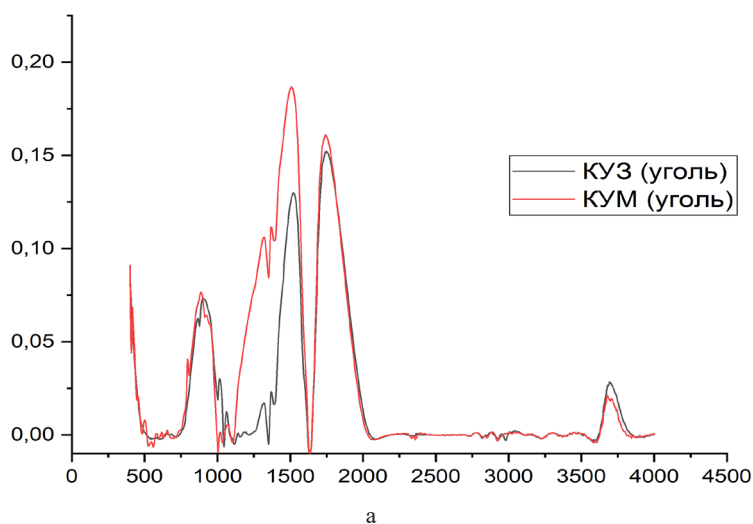
Результаты и их обсуждение. Оценка молекулярных и оптических характеристик гуминовых кислот, выделенных из отвалов вскрышных и углистых пород Казахстана, проводилась на основе сопоставления данных элементного микроанализа, ИК-Фурье спектрометрии и электронных спектров поглощения растворов. Сравнительный анализ физико-химических параметров образцов различного геологического происхождения позволил выявить закономерности в формировании их гидрофильно-гидрофобного баланса и степени поликонденсации ароматического ядра.

Результаты элементного анализа исходных углеродсодержащих материалов, их зольных остатков и извлеченных фракций гуминовых кислот представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Элементный состав исходных образцов, зольных остатков и выделенных гуминовых кислот (мас.%)

Образец	Углерод (C)	Водород (H)	Азот (N)	Сера (S)	Кислород (O)
Кузнецкий уголь (KUZ-2024)	56.020	5.085	0.000	0.155	25.070
Зола Кузнецкая (Ash KUZ-2024)	12.330	0.160	0.430	0.000	11.560
Кумыскудукский уголь (KUM-2024)	50.855	5.294	0.455	0.138	25.070
Зола Кумыскудукская (Ash KUM-2024)	11.140	0.136	0.360	0.000	11.560
ГК Кузнецкого отвала	49.605	3.071	0.930	0.391	45.263
ГК Кумыскудукская	46.690	3.079	0.630	0.172	48.260

Из рисунка (рис.1.) видно, что в диапазоне $3800\text{--}3550\text{ см}^{-1}$ присутствует полоса поглощения, связанные с колебаниями О–Н групп. Эти полосы характерны для гидроксильных групп (как в свободной воде, так и в водородных связях), которые присутствуют в структуре гуминовых кислот. При $2100\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ наблюдаются полосы поглощения, принадлежащие к карбоксильным кислотам, альдегидам, кетонам и сложным эфирам. Диапазон $1600\text{--}1250\text{ см}^{-1}$ отвечает за колебания ароматических С=C связей, что характерно для гуминовых кислот, которые имеют в своей структуре ароматические кольца. Также здесь могут проявляться деформационные колебания С–О связей в карбоксильных и фенольных группах, что указывает на наличие сложных кислородсодержащих функциональных групп в гуминовых кислотах. При $1000\text{--}600\text{ см}^{-1}$ можно наблюдать полосы поглощения, связанные с деформационными колебаниями С–Н в ароматических кольцах, а также колебания С–О–С связей в сложных эфирах и эфирных группах. Низкочастотный диапазон $600\text{--}500\text{ см}^{-1}$ связан с колебаниями вне плоскости С–Н в ароматических системах, а также колебаниями, связанными с деформациями С–С связей в углеродных цепях.



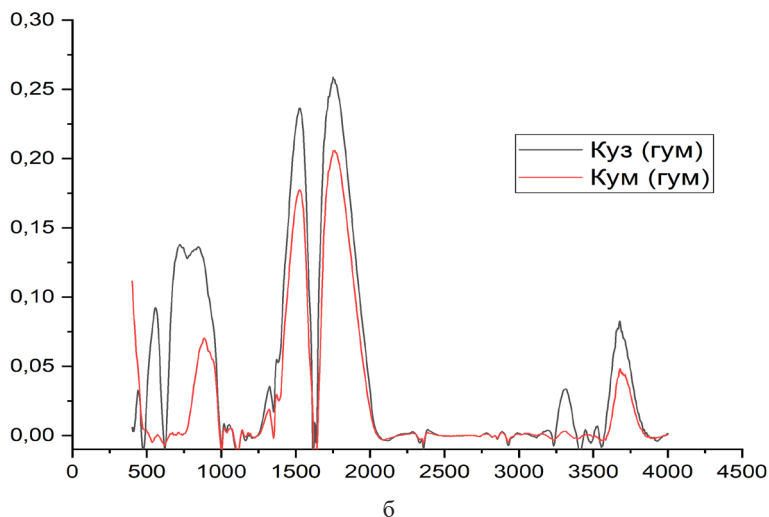


Рисунок 1 — ИК спектры образцов углей (а) гуминовых кислот (б)

В углях такие полосы могут возникать из-за наличия кислородсодержащих функциональных групп, которые участвуют в процессах окисления. Полоса в области $1600\text{--}1300\text{ см}^{-1}$ отвечает за деформационные колебания C–H и C=C связей в ароматических кольцах. Угли содержат большое количество ароматических структур, и этот диапазон может указывать на степень ароматичности углеродного скелета угля. Чем интенсивнее полосы в этом диапазоне, тем выше содержание ароматических углеродов. Диапазон $1000\text{--}750\text{ см}^{-1}$ может указывать на наличие замещенных бензольных колец (ароматических углеводородов) и колебания C–H в плоскости кольца. Также здесь могут проявляться колебания углеродно-кислородных связей в таких структурах, как эфиры или спирты, если они присутствуют в угле.

Изучено влияние УФ-излучения на образцы углей Кумысдукского и Кузнецкого с целью оценки их устойчивости к фотодеградации и изменениям физических свойств (рис. 2).

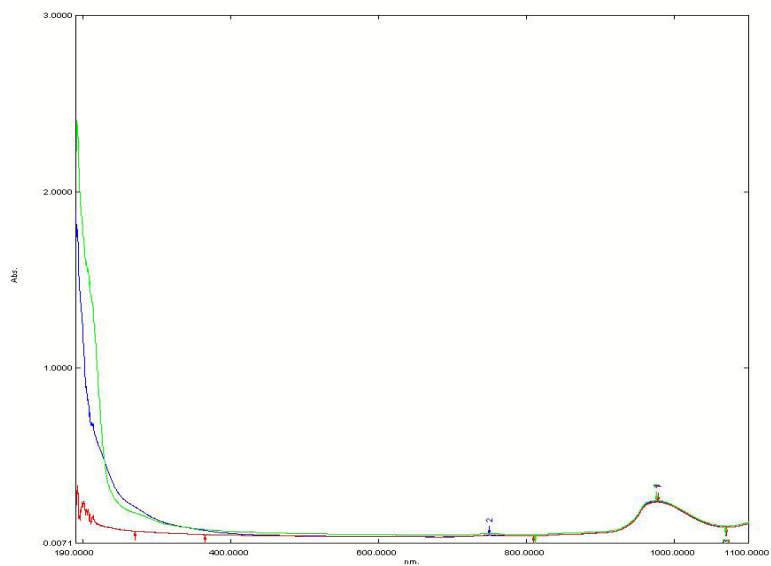
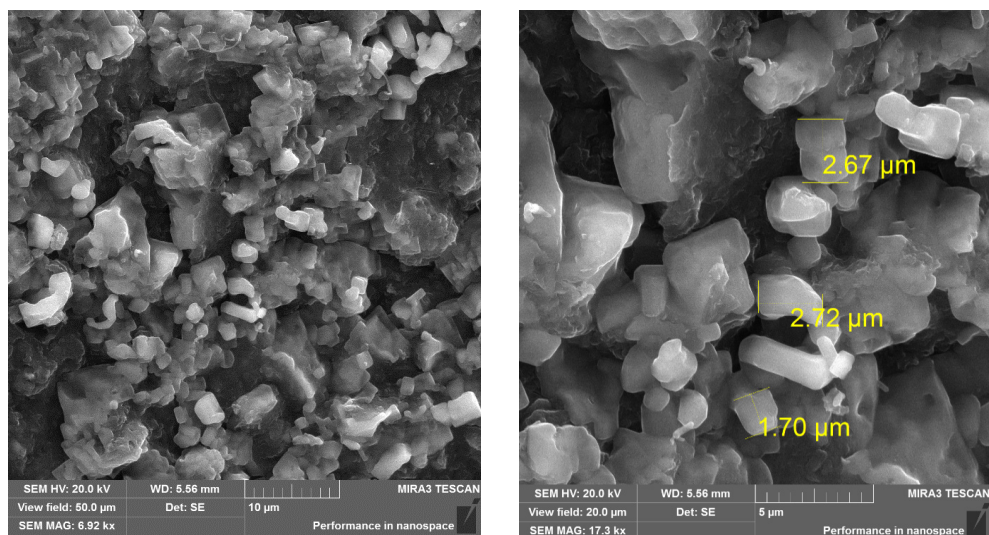


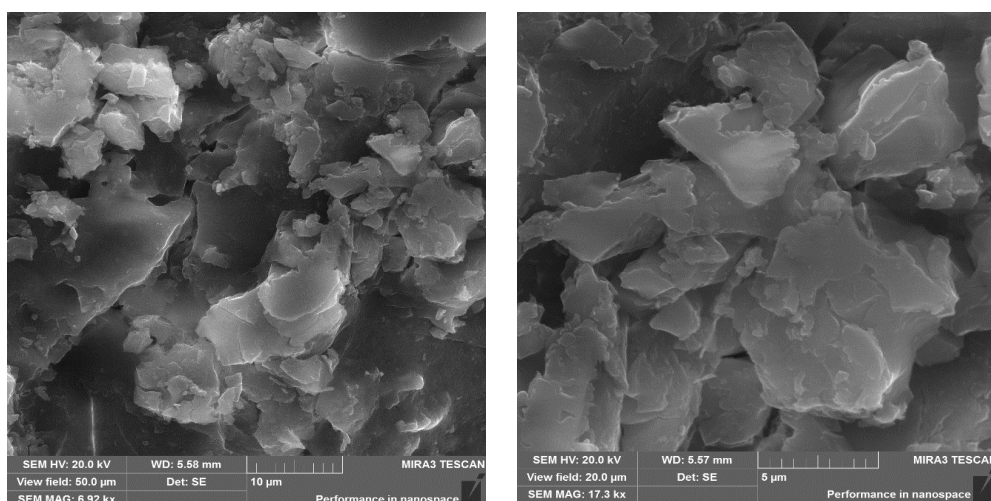
Рисунок 2 – УФ спектры образцов углей

Спектры двух углей, снятые в УФ- и видимой областях показывают, что абсорбционные кривые их схожи между собой. В ультрафиолете (более 250 нм) углеродсодержащие вещества углей обладают селективным поглощением, различаясь лишь конфигурацией кривых. Это позволяет применить спектроабсорбционный метод для количественного определения отдельных групп углеродсодержащих веществ в углях и установить, что основной состав их обусловлены наличием следующих групп углеродсодержащих веществ в процентном отношении (приближенная оценка): продукты щелочного распада инвертных углеводов -70%, меланоиды -25- 30%, металлы- 0-5%.

На рисунке 3 (а) видна текстура поверхности образца с гранулированными и пористыми структурами, представленными в форме частиц разного размера и формы, которые варьируются от вытянутых до угловатых. На изображении продемонстрированы размеры отдельных частиц, которые варьируются от 1,70 до 2,72 микрометра. Эти измерения указывают на крупные по сравнению с наноразмерами частицы, которые характерны для гуминовых кислот. Частицы выглядят как сложные агрегаты с различными поверхностными структурами и пористостью, что может говорить о способности гуминовой кислоты к адсорбции и связыванию различных химических соединений.



а

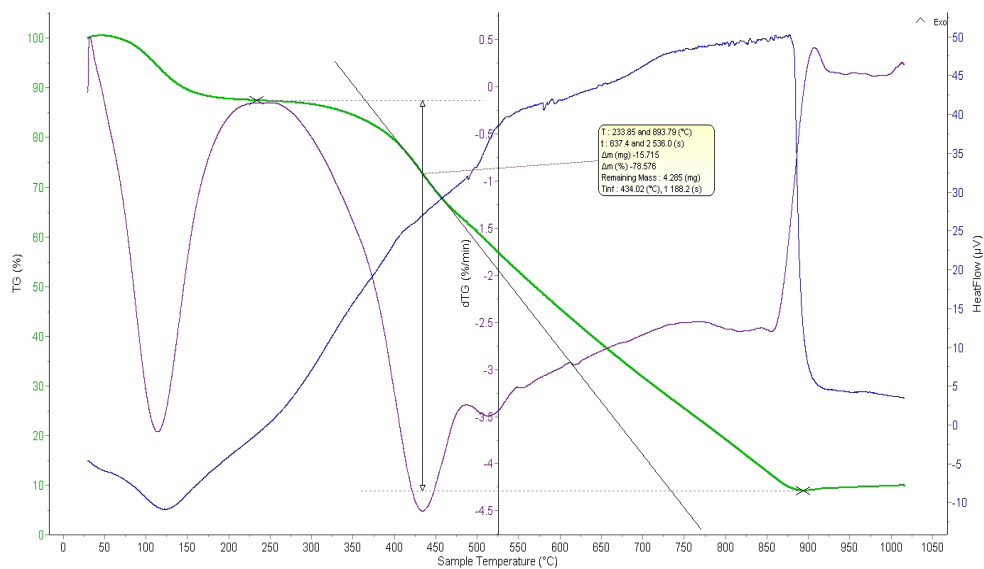


б

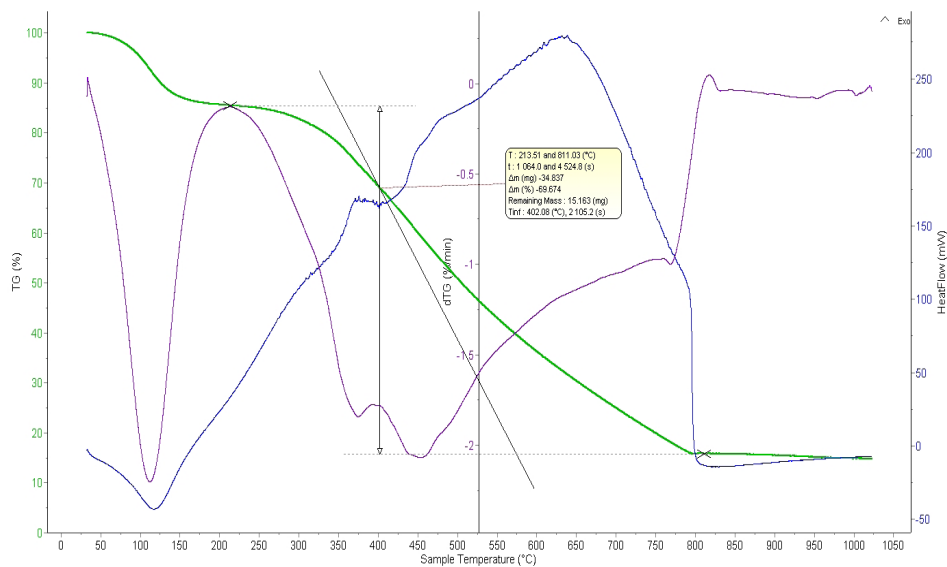
Рисунок 3 - СЭМ снимки морфологии поверхности гуминовых кислот, выделенных из углей Кумысдукского (а) и Кузнецкого (б) месторождений

Термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) позволили выявить трехстадийный характер термической деструкции препаратов ГК (рис.3): на первоначальном этапе 30–175 °С происходит эндотермический процесс удаления физически адсорбированной и гидратационной воды. В интервале средних температур 200–500 °С протекает экзотермическая термодеструкция алифатического периферийного каркаса, сопровождающаяся интенсивным декарбоксилированием и отщеплением

кислородсодержащих функциональных групп. На финальной стадии выше 550 °С наблюдается глубокий термический распад конденсированного ароматического ядра.



a



б

Рисунок 4 — Термогравиметрические кривые исходных углей (а) и выделенных гуминовых кислот (б) Кузнецкого и Кумускудукского месторождений

Оптические свойства, оцененные по спектрам поглощения в УФ- и видимой областях, демонстрируют различия в значениях ширины запрещенной зоны. Для ГК Кумысдукского происхождения расчетное значение E_g составляет 2.1–2.4 эВ, в то время как для Кузнецких ГК фиксируются более высокие значения ($E_g = 2.4–2.6$ эВ). Понижение значения E_g у Кумысдукского образца объясняется эффектами пространственного сопряжения между ароматическими ядрами и периферийными кислородсодержащими заместителями, что обуславливает повышенную химическую и реакционную способность данного препарата.

Для объективной оценки физико-химического потенциала полученных гуминовых кислот проведен их сравнительный анализ с известными мировыми аналогами (таблица 2).

Таблица 2 — Сравнительные физико-химические параметры ГК Кумысдукского месторождения и стандартных образцов

Параметр	ГК Кумысдук (данное иссл.)	ГК Леонардита (коммерч.)	ГК Торфа (эталон)	ГК Низкосортного угля (КНР)
Содержание углерода (C), %	46.7	58.0 – 62.0	52.0 – 55.0	55.0 – 60.0
Содержание кислорода (O), %	48.3	30.0 – 35.0	38.0 – 42.0	32.0 – 36.0
Атомное отношение H/C	0.79	0.70 – 0.90	1.20 – 1.50	0.80 – 1.10
Атомное отношение O/C	0.77	0.40 – 0.50	0.60 – 0.70	0.40 – 0.50
ИК-полоса C=O (~1720 см ⁻¹)	Высокая интенсивность	Умеренная	Слабая-Умеренная	Умеренная
Отношение E4/E6	3.0 – 4.0	5.0 – 6.0	7.0 – 9.0	5.0
Порог термической стойкости	> 400 °C	300 – 500 °C	200 – 450 °C	250 – 500 °C

Обсуждение. Сравнительный анализ показал, что переход от исходного угля к выделенным гуминовым кислотам сопровождается глубокой перестройкой органо-минеральной матрицы.

ГК Кузнецкого отвала характеризуются высоким содержанием углерода (49,61 мас.%) при сравнительно низком уровне кислорода (45,26 мас.%). Это обусловлено более высокой степенью геологического метаморфизма Кузнецкого каменного угля KUZ-2024 (C = 56,02 мас.%). В процессе щелочной экстракции и последующего кислотного осаждения в осадок выпадает фракция с развитым полициклическим ароматическим ядром, резистентная к жесткой деструкции. ГК Кумысдукского месторождения демонстрируют снижение доли углерода до 46,69 мас.% и рекордное обогащение кислородом (48,26 мас.%). Исходный Кумысдукский уголь (KUM-2024, C = 50,86 мас.%) представляет собой более молодой, гипергенно измененный (окисленный) субстрат. Высокая доля кислорода в ГК Кумысдукского отвала прямо свидетельствует о преобладании алифатической периферии, пространственно насыщенной кислородсодержащими

функциональными группами — карбоксильными ($-\text{COOH}$), фенольными и спиртовыми гидроксильными ($-\text{OH}$), а также карбонильными и эфирными фрагментами ($-\text{C}=\text{O}$, $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$).

Пересчет массовых долей элементов в атомарные отношения позволяет судить о степени ненасыщенности и гидрофильно-гидрофобном балансе молекул:

Атомарное отношение H/C для обоих образцов ГК резко снижается по сравнению с исходными углями и находится на близком уровне ($\sim 0,74\text{--}0,79$). Это указывает на относительно высокую степень ароматичности скелета обеих ГК, однако в ГК Кузнецкого отвала консолидация ароматических колец выше за счет меньшей доли алифатических заместителей.

Атомарное отношение O/C выступает главным маркером окисленности и потенциальной реакционной способности. Для ГК Кумыскудукского месторождения отношение $\text{O/C} \approx 0,77$, тогда как для ГК Кузнецкого отвала $\text{O/C} \approx 0,68$. Столь высокий показатель O/C для Кумыскудукской ГК указывает на ее выраженный гидрофильный характер, высокую емкость катионного обмена (ЕКО) и способность формировать устойчивые хелатные комплексы с металлами за счет координационно-активных кислородных центров.

В структуре ГК Кузнецкого отвала фиксируется более высокое содержание азота ($0,93$ мас.%) по сравнению с Кумыскудукской ГК ($0,63$ мас.%). Отсутствие азота в исходном угле KUZ-2024 ($0,00$ мас.%) при его обнаружении в зольном остатке ($0,43$ мас.%) и концентрации в ГК указывает на то, что в процессе выветривания и формирования отвалов происходило связывание гетероциклического азота органической матрицей, либо азот присутствовал в составе органоминеральных комплексов, перешедших в растворимую фракцию при щелочной обработке.

Содержание серы в обоих образцах ГК минимально ($0,17\text{--}0,39$ мас.%), что является положительным фактором при использовании данных гуминовых веществ в качестве экологически безопасных почвенных мелиорантов и органоминеральных удобрений, так как исключает риски фитотоксичного закисления среды.

Анализ зольных остатков (Ash KUZ-2024 и Ash KUM-2024) показывает существенное падение содержания органического углерода (до $11,14\text{--}12,33$ мас.%) и водорода ($0,14\text{--}0,16$ мас.%). Сохранение фиксированного уровня кислорода ($11,56$ мас.%) в золе связано с присутствием устойчивых силикатных, алюмосиликатных и оксидных минеральных фаз (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3). Полный переход серы в растворимые фракции или ее вымывание при щелочном выщелачивании приводит к ее нулевому значению в зольных остатках.

ГК Кузнецкого отвала благодаря повышенному углеродному каркасу ($\text{C} = 49,61$ мас.%) и плотной ароматической структуре обладают высокой устойчивостью к микробиологической деструкции. Они наиболее эффективны в качестве долгоживущих гумусообразователей для физической мелиорации и структурообразования легких почв.

ГК Кумыскудукского месторождения за счет максимальной насыщенности кислородом ($\text{O} = 48,26$ мас.%) и высокой концентрации функциональных групп

представляют собой мощный биологически активный стимулятор роста растений и эффективный сорбент для связывания тяжелых металлов и подвижных токсикантов.

Лепестковидные структуры (б 3 рис.) состоят из тонких и вытянутых пластинчатых элементов, которые накладываются друг на друга, формируя слоистую и рыхлую текстуру. Эта морфологическая особенность обеспечивает большую удельную поверхность, что способствует высоким сорбционным и реакционным свойствам гуминовых кислот. Данные образования могут быть результатом специфической молекулярной организации гуминовых веществ, обусловленной их высоким содержанием ароматических и карбоксильных групп. Неоднородность структуры также проявляется в наличии микропор и пор разного размера, разбросанных по поверхности гуминовых кислот. Такие поры, как правило, способствуют адсорбции различных ионов и молекул, что делает гуминовые кислоты эффективными природными сорбентами.

Сравнительный анализ данных физико-химического анализа (Таблица 2) доказывает, что выделенные гуминовые кислоты (ГК) Кумысдукского месторождения обладают специфическим строением, не имеющим прямых структурных аналогов среди распространенных коммерческих и стандартных гуминовых препаратов. Главная структурно-химическая особенность исследуемого образца заключается в аномально высоком значении атомарного отношения О/С, составляющем 0.77. Этот показатель кардинально превосходит параметры не только высокометаморфизованного коммерческого леонардита (0.40–0.50), но и окисленных низкосортных углей КНР (0.40–0.50), приближаясь к верхним значениям, характерным для молодых почвенных и торфяных гумусовых фракций (0.60–0.70).

Такая глубина насыщенности органического каркаса кислородом выступает прямым следствием интенсивной гипергенной деструкции и пластового выветривания угленосного субстрата Кумысдукского разреза. Это обуславливает формирование развитой алифатической периферии с предельно высокой пространственной плотностью кислородсодержащих функциональных центров. Высокая интенсивность полосы валентных колебаний $C=O$ в области ~ 1720 cm^{-1} в ИК-спектрах подтверждает преобладание свободных и ассоциированных карбоксильных ($-COOH$), а также фенольных и спиртовых гидроксильных ($-OH$) групп, формирующих высокий потенциал катионного обмена и комплексобразования.

В то же время, феноменологическая уникальность кумысдукских ГК заключается в том, что высокая кислородная функционализация периферии у них сочетается с высокой степенью поликонденсации ядерной части. Индекс светорассеяния $E4/E6$, находящийся в узком интервале 3.0–4.0, принципиально отличает исследуемый образец от торфяных ГК, у которых этот показатель достигает 7.0–9.0 за счет преобладания низкомолекулярных алифатических фрагментов. В оптической спектрометрии значение $E4/E6$ менее 4.0 служит однозначным маркером высокой молекулярной массы и высокой доли конденсированных ароматических колец.

Данный вывод полностью согласуется с данными термического анализа: высокий порог термической устойчивости, превышающий 400 °С, доказывает наличие пространственно жесткого графитоподобного сопряженного ядра, не поддающегося легкому термическому пиролизу. В отличие от торфяных и гуминовых кислот почв, деструктурирующихся при 200–300 °С, углеродный скелет кумыскудукской ГК сохраняет термическую и микробиологическую стабильность.

Таким образом, ГК Кумыскудукского месторождения проявляют специфические свойства бифункционального амфифильного макролиганда. В них одновременно сочетаются жесткий, микробиологически резистентный углеродный каркас зрелых каменноугольных систем и реакционноспособная, гидрофильная периферия, присущая молодым торфяным гуминовым веществам. Это определяет высокую научную и технологическую ценность данного сырья для получения пролонгированных органоминеральных мелиорантов, детоксикантов тяжелых металлов и стимуляторов роста с выраженным комплексобразующим действием.

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить определяющую роль генетического возраста и уровня метаморфизма исходного углеродсодержащего сырья в формировании тонкой макромолекулярной структуры, функционального профиля и физико-химических свойств экстрагируемых гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты, выделенные из неогенового бурого угля Кумыскудукского месторождения, отличаются выраженной степенью окисленности (содержание кислорода 48.26 мас.%), зауженным значением оптической ширины запрещенной зоны ($E_g = 2.1-2.4$ эВ) и высокой плотностью реакционноспособных карбоксильных и фенольных гидроксильных групп. Данный комплекс структурно-функциональных параметров предопределяет повышенную химическую и биологическую активность препарата, что обосновывает целесообразность его использования в качестве базового сырья для производства эффективных стимуляторов роста растений, комплексонов и органоминеральных биоудобрений.

Гуминовые кислоты из каменноугольных отходов карбонового периода Кузнецкого бассейна характеризуются преобладанием высококонденсированного ароматического ядра (содержание углерода 49.61 мас.%), плотной слоистой морфологией и повышенной термической стойкостью (порог устойчивости превышает 400 °С). Указанные характеристики делают данную фракцию перспективной основой для создания долговечных почвенных мелиорантов пролонгированного действия, а также эффективных сорбционных материалов для иммобилизации тяжелых металлов и рекультивации техногенно загрязненных земель.

References

Ampong K., Thilakaranthna M.S., Gorim L.Y. (2022) Soil amendments for sustainable agriculture: A review of the application of humic substances derived from low-rank coals. *Agronomy*. — Vol. 12, No. 3. — Art. 701. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12030701> (In English).

Baikenov M.I., S. Tyanakh, Ma Feng-Yun, Gulmaliev A.M., Makasheva A.M., Khamitova T.O. & Malyshev V.P. Viscosity model for the middle fraction of Atasu-Alashankou oil sludge. Mendelev

Communications, 2024. — Vol. 34(3). — P. 446–449. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2024.04.043> (In English).

Calemma V., Rausa R., Margarit R., Girardi E. (1994). Structural characterization of humic acids isolated from oxidized coals. *Fuel*. — Vol. 73, No. 5. — P. 700–707. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-2361\(94\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0016-2361(94)90013-0) (In English).

Francioso O., Montecchio D., Gioacchini P., Ciavatta C. (2005) Thermal and spectroscopic characterization of humic acids extracted from organic amendments. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. — Vol. 82, No. 2. — P. 359–365. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10973-005-0903-8> (In English).

Ghosal S.S., Chakraborty S., Bhattacharya S. (2018) Optical energy bandgap determination of soil and coal humic acids using Tauc relation. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. — Vol. 198. — P. 145–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.03.003> (In English).

Ikeya K., Akagi J., Yonebayashi K. (2004) Structural characterization of humic acids isolated from coals of different ranks. *Organic Geochemistry*. — Vol. 35, No. 5. — P. 583–594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2004.01.009> (In English).

Khamitova T.O., Tyanakh S., Nauanova A.P., & Aikynbayeva G.M. (2026) Green Synthesis of Metal Nanoparticles using Native Plants of Kazakhstan: Antibacterial Activity and Agricultural Applications. *Engineered Science*, 41, 2313. DOI: <https://doi.org/10.30919/es2313> (In English).

Krevelen D.W. (1993). *Coal: Typology - Physics - Chemistry - Constitution*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier. — 979 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-08709-1> (In English).

Kundu S., Joseph J.V., Sarkar P., Paul A.K. (2019) Extraction and characterization of humic acid from low-grade Indian coals. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. — Vol. 39, No. 2. — P. 85–97. DOI: <https://doi.org/10.1080/19392699.2017.1311317> (In English).

MacCarthy P. (2001) The principles of humic substances. *Soil Science*. — Vol. 166, No. 11. — P. 738–751. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-200111000-00003> (In English).

Nauanova A.P., Tyanakh S., Khamitova T.O., Parmanbek N., Ma F., Karimova A. (2025) Extraction and Characterization of Humic Acid Based on Brown Coal from Kuznetsk Deposit. *Engineered Science*, 37, 1811. DOI: <https://doi.org/10.30919/es1811> (In English).

Orlov D.S. (1990) *Guminovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* [Humic Acids of Soils and General Theory of Humification]. Moscow: Moscow State University Press. — 325 p. (In Russ.).

Perminova I.V., Hatfield K., Hertkorn N. (2019) Coal-derived humic substances: Structural diversity and environmental applications. *Fuel Processing Technology*. Vol. 185. — P. 90–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2018.11.013> (In English).

Piccolo A. (2002) The supramolecular structure of humic substances. *Soil Science*. — Vol. 167, No. 3. — P. 195–214. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-200203000-00002> (In English).

Senesi N., D'Orazio V., Ricca G. (2003). Comparative characterization of humic acids from organic amendments and soils by FTIR and fluorescence spectroscopy. *Geoderma*. — Vol. 115, No. 3–4. — P. 211–228. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00084-4) (In English).

Stevenson F.J. (1994) *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. — 512 p. (In English).

Tan K.H. (2014) *Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Devices*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. — 508 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b17042> (In English).

Tauc J., Grigorovici R., Vancu A. (1966) Optical properties and electronic structure of amorphous germanium. *Physica Status Solidi (b)*. — Vol. 15, No. 2. — P. 627–637. DOI: <https://doi.org/10.1002/pssb.19660150224> (In English).

Tyanakh S., Baikenov M.I., Gulmaliev A.M., Ma F.-Y., Musina G., Khamitova T.O., Bolatbay A.N. (2022) Kinetics of Thermolysis of a Low-Temperature Tar in the Presence of a Catalyzer Agent with Deposited Metals. *Bulletin of the Karaganda University – Chemistry*. — Vol. 108, No. 4. — P. 89–98. DOI: <https://doi.org/10.31489/2022Ch4/4-22-19> (In English).

Zherebtsov S.I., Malysenko N.V., Ismagilov Z.R. (2021). Composition and structural features of humic acids from oxidized brown and hard coals. *Solid Fuel Chemistry*. — Vol. 55, No. 4. — P. 210–218. DOI: <https://doi.org/10.3103/S036152192104008X> (In English).

**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: September 23, 2026

Format: 70×90 1/16. 24.0 printed sheets. Order No. 3