

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№1
2026**

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



**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

1 (466)

JANUARY – MARCH 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, ХҒАҚ 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 Еноквич (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), Рединг университетінің профессоры (Рединг, 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 (Қарачи, 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/arihv>

© 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/author/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/author/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Еноквич (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЪТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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 № **KZ23VPYU00121156** 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

Chemistry

Assembayeva E. K., Beisekhan A., Bozhbanov A. Zh., Nurmukhanbetova D.E., Gabdullina E.Zh. Effect of chia seeds (<i>Salvia Hispanica</i> l.) on the physicochemical and mineral properties of low-fat cottage cheese.....	11
Balkhashbay Sh.Zh., Azimbayeva G.E., Kudaibergenova G.N., Kamysbayeva A.K., Kurbanbayeva N.M. Determination of biologically active compounds in morphological parts of medicinal plants.....	24
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R. Preparation and characterization of nanocellulose biocomposites from agro-waste of the Zhambyl region.....	39
Demets O.V., Rakhimberlinova Zh.B., Zgardan V.V., Serykh N.V., Dyussekeyeva A.T. Qualitative and quantitative analysis of amino acids in Kyrgyz birch bark extract.....	55
Jumekeyeva A.I., Talgatov E.T., Auyezkhanova A.S., Kenzheyeva A.M., Naizabayev A.A. Complex formation of palladium (II) ions with organic polymers of various nature.....	70
Dmitriyeva E.A. Electrolytes of lithium-ion batteries.....	83
Yegemberdiyeva S., Abdurazova P., Turtabaev S., Shitybaev S., Kerimbayeva K. Catalytic properties of Ru- and Rh-promoted skeletal nickel catalysts in the hydrogenation of butyraldehyde.....	97
Yertayeva A.B., Adylbekova A.O., Toleubekova A.G. Production of emulsions stabilized by bentonite clay particles.....	112
Fischer D., Jumadilov T., Haponiuk J., Toilanbay G., Baishibekov A. Interpolymer KU-2-8: AV-17-8 systems for selective sorption of rhenium, molybdenum and tungsten.....	129
Zhanikulov N., Zhurgarayeva D. Investigation of the quality of cement clinker obtained from heap leaching waste.....	148
Zhoshybaeva A.A., Kozhanova K.K., Mombekov S.E., Barakova A.Sh. Pharmaceutical development of a medicinal product containing an isocitrate lyase inhibitor.....	162
Ivanov N.S., Abilmagzhanov A.Z., Nurtazina A.E., Adelbayev I.E., Kholkin O.S. Sequential electrochemical processes for the treatment of magnesium leaching solutions.....	176

Imangaliyeva B., Duzelbayeva S., Tolesinova I., Bukeykhan D., Turlanova A. Chemical and agronomic assessment of the use of mineral wool and coconut fiber as a substrate in a greenhouse.....	190
Kurmanaliev M.K., Shaikhova Zh.E., Abilkasova S.O., Kalimoldina L.M., Bugubaeva G.O. Crown esters immobilized on polymeric supports as novel interfacial catalysts.....	207
Mataev M.M., Ongarbek A.T., Sarsenbayeva Z.B., Nurbekova M.A., Abdraimova M.R. Synthesis and morphology of perovskite-structured $\text{CaMnO}_{2.98}$	221
Medeuova G.Zh., Azimbayeva G.E., Kaliyeva A.N.*, Sadykova D.A., Anuarova L.E. Determination of vitamins in <i>Polygonum Aviculare</i> L. using capillary electrophoresis.....	238
Mukusheva G.K., Jalmakhanbetova R.I., Seilkhanov T.M., Bakibaev A.A., Aliyeva M.R. Functional modification reactions at the nitrogen atom of salsolin and biological activity of the obtained derivatives.....	251
Muldakhmetov Z.M., Zhakina A.Kh., Arnt O.V., Vassilets Ye.P., Zhakin A.M. Composite materials modified with carbon filler.....	267
Nazarbek U., Raiymbekov Y., Abdurazova P., Kambarova G. Study on the efficiency of water treatment using nanostructured water.....	280
Nauanova A.P., Kassenov R.Z., Davrenbekov S.Zh., Bolatbay A.N., Altynbekkyzy A. Intensification of the process of extraction of humic substances from brown coal.....	295
Nurlybayeva A.N., Zharlykapova R.B., Taubaeva R.S., Matniyazova G.K., Rustem E.I. Study of physical, chemical and mechanical properties of acrylic terpolymer.....	309
Uali A., Omirzak U., Titanov A., Abilkanova F., Kunarbekova M. Waste biomass-derived Fe-modified biochar: structure and application in potentiometric analysis.....	323
Khamitova A.S., Nurmukhanbetova N.N., Ostretsova I.B., Kassenova N.B., Kuderina B.T. Synthesis of metal corrosion inhibitors based on ammonia.....	338

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯ

Асембаева Э.К., Бейсехан А., Божбанов А.Ж., Чиа дәндерінің (<i>Salvia Hispanica L.</i>) майсыздандырылған сүзбенің физика-химиялық және минералдық көрсеткіштеріне әсері.....	11
Балқашбай Ш.Ж., Азимбаева Г.Е., Қудайбергенова Г.Н., Қамысбаева А.К., Қурбанбаева М. Дәрілік өсімдіктердің морфологиялық мүшелеріндегі биологиялық белсенді заттарды анықтау.....	24
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Жамбыл облысының агрокалдықты негізінде наноцеллюлозалық биокомпозиттерді алу және олардың қасиеттерін зерттеу.....	39
Демец О.В., Рахимберлинова Ж.Б., Згардан В.В.*, Серых Н.В., Дюсекеева А.Т., 2026. Қырғыз қайың қабығының сығындысындағы аминқышқылдарының сапалық және сандық құрамын талдау.....	55
Джумекеева А.И., Талғатов Э.Т., Ауезханова А.С., Кенжеева А.М., Найзабаев А.А. Палладий (II) иондарының табиғаты әртүрлі органикалық полимерлермен кешен түзуі.....	70
Дмитриева Е.А. Литий-ионды аккумуляторлардың электролиттері.....	83
Егембердиева С.Ж., Абдуразова П., Туртабаев С.К., Шитыбаев С.А., Керимбаева К.З. Ru және Rh промоторланған қаңқалы никель катализаторларының май альдегидін гидрлеу реакциясындағы каталитикалық қасиеттері.....	97
Ертаева А.Б., Адильбекова А.О., Төлеубекова А.Ғ. Бентонит сазының бөлшектерімен тұрақтандырылған эмульсияларды алу.....	112
Фишер Д., Джумадилов Т., Хапонюк Ю., Тойланбай Г., Байшибеков А. Рений, молибден және вольфрамды селективті сорбциялауға арналған KU-2-8:AV-17-8 интерполимерлі жүйелері.....	129
Жаникулов Н., Жургараева Д. Үйінді шаймалау қалдықтарынан алынған цемент клинкерінің сапасын зерттеу.....	148
Жошыбаева А.А., Кожанова К.К., Момбеков С.Е., Баракова А.Ш. Изоцитратлиаза ингибиторын қамтитын дәрілік препаратты фармацевтикалық әзірлеу.....	162

- Иванов Н.С., Абильмагжанов А.З., Нұртазина А.Е., Адельбаев И.Е., Холкин О.С.**
Магнийді шаймалау ерітінділерін қайта өңдеу технологиясындағы дәйекті
электрхимиялық процестер.....176
- Имангалиева Б., Дүзелбаева С., Төлесінова И., Букейхан Д., Тұрланова А.,**
Жылыжайда минералды жүн мен кокос талшығын субстарт ретінде қолданудың
химия-агрономиялық бағасы.....190
- Құрманалиев М.Қ., Шанхова Ж.Е., Әбілқасова С.О., Калимолдина Л.М.,**
Бугубаева Г.О.
Полимерлік тасымалдаушыларда иммобилизацияланған краун-эфирлер —
жаңа фазааралық катализаторлар ретінде.....207
- Матаев М.М., Оңғарбек А.Т., Сарсенбаева З.Б., Нурбекова М.А., Абдраимова М.Р.**
Перовскит құрылымды $\text{CaMnO}_{2.98}$ синтезі мен морфологиясы.....221
- Медеуова Г.Дж., Азимбаева Г.Е., Калиева А.Н., Садыкова Д.А., Ануарова Л.Е.**
Polygonum Aviculare L. өсімдігінің құрамындағы дәрумендерді капиллярлы
электрофорез әдісімен анықтау.....238
- Мукушева Г.К., Джалмаханбетова Р.И., Сейлханов Т.М., Бакибаев А.А., Алиева М.Р.**
Сольсолиннің азот атомы бойынша функционалдық модификация реакциялары
және алынған туындылардың биологиялық белсенділігі.....251
- Мулдахметов З.М., Жакина А.Х., Арнт О.В., Василец Е.П., Жакин А.М.**
Көміртекті толтырғышпен модификацияланған композициялық материалдар.....267
- Назарбек У., Райымбеков Е., Абдуразова П., Қамбарова Ғ.**
Наноқұрылымданған суды қолдану арқылы суды тазарту тиімділігін зерттеу.....280
- Науанова А.П., Касенов Р.З., Давренбеков С.Ж., Болатбай А.Н., Алтынбекқызы Ә.**
Қоңыр көмірден гуминдік заттарды бөліп алу процесін қарқындету.....295
- Нурлыбаева А.Н., Жарлыкапова Р.Б., Таубаева Р.С., Матниязова Г.К., Рустем Е.І**
Акрил терполимердің физика-химиялық және механикалық қасиеттерін зерттеу.....309
- Уәли А., Өмірзақ Ұ., Титанов А., Абилканова Ф., Қунарбекова М.**
Қалдық биомассадан алынған темірмен түрлендірілген биокөмір: құрылымы
және потенциометриялық талдауда қолданылуы.....323
- Хамитова А.С., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Касенова Н.Б., Кудерина Б.Т.**
Аммиак негізінде металдар коррозиясының ингибиторларын синтездеу.....338

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Асембаева Э. К., Бейсехан А., Божбанов А.Ж., Нурмуханбетова Д.Е., Габдуллина Е.Ж. Влияние семян чиа (<i>Salvia Hispanica L.</i>) на физико-химические и минеральные показатели обезжиренного творога.....	11
Балкашбай Ш.Ж., Азимбаева Г.Е., Кудайбергенова Г.Н., Камысбаева А.К., Курбанбаева Н.М. Определение биологически активных веществ в морфологических органах лекарственных растений.....	24
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Получение и свойства наноцеллюлозных биокмполитов на основе агроотходов Жамбылской области.....	39
Демец О.В., Рахимберлинова Ж.Б., Згардан В.В., Серых Н.В., Дюсекеева А.Т. Качественный и количественный анализ аминокислот в экстракте коры берёзы киргизской.....	55
Джумекеева А.И., Талгатов Э.Т., Ауезханова А.С., Кенжеева А.М., Найзабаев А.А. Комплексообразование ионов палладия (II) с органическими полимерами различной природы.....	70
Дмитриева Е.А. Электролиты литий-ионных аккумуляторов.....	83
Егембердиева С.Ж., Абдуразава П., Туртабаев С.К., Шитибаев С.А., Керимбаева К.З. Каталитические свойства скелетных никелевых катализаторов, промотированных Ru и Rh, в реакции гидрирования масляного альдегида.....	97
Ертаева А.Б., Адильбекова А.О., Төлеубекова А.Ғ. Получение эмульсий, стабилизированных частицами бентонитовой глины.....	112
Фишер Д., Джумадиллов Т., Хапонюк Ю., Тойланбай Г., Байшибеков А. Интерполимерные системы KU-2-8:AV-17-8 для селективной сорбции рения, молибдена и вольфрама.....	129
Жаникулов Н., Жургараева Д. Исследование качества цементного клинкера, полученного из отходов кучного выщелачивания.....	148
Жошыбаева А.А., Кожанова К.К., Момбеков С.Е., Баракова А.Ш. Фармацевтическая разработка лекарственного препарата, содержащего ингибитор изоцитратлиазы.....	162

Иванов Н.С., Абильмагжанов А.З., Нуртазина А.Е., Адельбаев И.Е., Холкин О.С. Последовательные электрохимические процессы в технологии переработки растворов выщелачивания магнезия.....	176
Имангалиева Б., Дүзелбаева С., Төлесінова И., Букейхан Д., Турланова А. Химико-агрономическая оценка использования минеральной ваты и кокосового волокна в качестве субстрата в теплице.....	190
Курманалиев М.К., Шаихова Ж.Е., Абилкасова С.О., Калимолдина Л.М., Бугубаева Г.О. Краун-эфиры, иммобилизованные на полимерных носителях, как новые межфазные катализаторы.....	207
Матаев М.М., Онгарбек А.Т., Сарсенбаева З.Б., Нурбекова М.А., Абдраимова М.Р. Синтез и морфология перовскитной структуры $\text{CaMnO}_{2.98}$	221
Медсұова Г.Дж., Азимбаева Г.Е., Калиева А.Н., Садыкова Д.А., Ануарова Л.Е. Определение витаминов, содержащихся в растении <i>Polygonum aviculare L.</i> , методом капиллярного электрофореза.....	238
Мукушева Г.К., Джалмаханбетова Р.И., Сейлханов Т.М., Бакибаев А.А., Алиева М.Р. Реакции функциональной модификации хлорида аммония по атому азота и биологическая активность полученных производных.....	251
Мулдахметов З.М., Жакина А.Х., Арнт О.В., Василец Е.П., Жакин А.М. Композитные материалы, модифицированные углеродным наполнителем.....	267
Назарбек У., Райымбеков Е., Абдуразова П., Камбарова Г. Исследование эффективности очистки воды с применением наноструктурированной воды.....	280
Науанова А.П., Касенов Р.З., Давренбеков С.Ж., Болатбай А.Н., Алтынбекқызы А. Интенсификация процесса выделения гуминовых веществ из бурого угля.....	295
Нурлыбаева А.Н., Жарлыкапова Р.Б., Таубаева Р.С., Матниязова Г.К., Рустем Е.И. Изучение физико-химических и механических свойств акрилового терполимера.....	309
Уали А., Омирзак У., Титанов А., Абилканова Ф., Кунарбекова М. Биоуголь, модифицированный железом, из отходов биомассы: структура и применение в потенциометрическом анализе.....	323
Хамитова А.С., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Касенова Н.Б., Кудерина Б.Т. Синтез ингибиторов коррозии металлов на основе аммиака.....	338

© Dmitriyeva E.A.* 2026.

Institute of Physics and Technology, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: y.dmitriyeva@satbayev.university

ELECTROLYTES OF LITHIUM-ION BATTERIES

Dmitriyeva Elena — Candidate of Phys.-Math. Sc., professor, leading researcher, Institute of Physics and Technology, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: y.dmitriyeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-1280-2559>.

Abstract. This article presents a systematized overview of modern approaches to the selection and optimization of electrolytes for lithium-ion batteries, which remain essential components in portable electronics, electric transportation, and stationary energy-storage systems. Particular attention is given to the relationship between the chemical composition of the electrolyte and its electrochemical properties, resistance to decomposition under high-voltage conditions, and ability to ensure stable lithium-ion transport across a wide range of operating environments. Three major classes of electrolytes liquid, gel, and solid are described. For each class, the mechanisms of ion transport, the specific features of interactions with electrode materials, and the factors governing the safety and long-term performance of battery systems are examined. The properties of the most widely used lithium salts LiPF_6 , LiBF_4 , LiTFSI , LiFSI , and LiClO_4 were analyzed, including their resistance to hydrolysis, thermal behavior, influence on the formation of the solid electrolyte interphase (SEI), and compatibility with both cathode and anode materials. It is emphasized that the choice of salt determines not only the ionic conductivity of the electrolyte but also the stability of electrode–electrolyte interfaces, which is critical for preventing degradation processes and suppressing dendrite growth. The article also considers carbonate-based organic solvents that form solvation shells around lithium ions. Their dielectric properties, viscosity, susceptibility to oxidation, and role in shaping the optimal electrolyte structure are described. The influence of functional additives that regulate SEI formation, suppress gas evolution, and enhance thermal stability is analyzed separately. Gel and polymer electrolytes are presented as promising systems capable of combining mechanical robustness with high ionic conductivity. Solid electrolytes are discussed in the context of improving safety and energy density, while the limitations associated with their relatively low conductivity and challenges in achieving stable electrode contact are highlighted. Overall, the article

provides an integrated understanding of the key factors that determine electrolyte performance in lithium-ion batteries and outlines the directions for further development of materials aimed at improving their stability, energy density, and operational reliability.

Keywords: lithium-ion batteries, electrolytes, lithium salts, additives, ion mobility

Financing. *The work was supported by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the program BR28712683 «Development of technology to reduce energy consumption and waste without compromising efficiency in the processing of lithium-ion batteries».*

For citations: Dmitriyeva E.A. Electrolytes of lithium-ion batteries. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.1. — P. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.342>

© Дмитриева Е.А.* 2026.

Физика-техникалық институты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан.

E-mail: y.dmitriyeva@satbayev.university

ЛИТИЙ-ИОНДЫ АККУМУЛЯТОРЛАРДЫҢ ЭЛЕКТРОЛИТТЕРІ

Дмитриева Елена — физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор, жетекші ғылыми қызметкер, Физика-техникалық институты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, E-mail: y.dmitriyeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-1280-2559>.

Аннотация. Бұл мақалада литий-ионды аккумуляторларға арналған электролиттерді таңдау мен оңтайландырудың заманауи тәсілдері жүйеленген түрде ұсынылды. Электролиттің химиялық құрамы оның электрохимиялық қасиеттерімен, жоғары кернеулер кезіндегі тұрақтылығымен және литий иондарының кең жұмыс диапазонында тұрақты тасымалдануын қамтамасыз ету қабілетімен тығыз байланысты екендігі ерекше атап өтілді. Электролиттердің үш негізгі тобы – сұйық, гельді және қатты электролиттер – сипатталады. Әр топ үшін иондық тасымалдау механизмдері, электрод материалдарымен өзара әрекеттесу ерекшеліктері және аккумулятор жүйелерінің қауіпсіздігі мен ұзақ қызмет етуін анықтайтын факторлар қарастырылды. LiPF_6 , LiBF_4 , LiTFSI , LiFSI және LiClO_4 сияқты кең таралған литий тұздарының қасиеттері талданады. Олардың гидролизге төзімділігі, термиялық мінез-құлқы, SEI қабатының түзілуіне әсері және катодтық әрі анодтық материалдармен үйлесімділігі қарастырылды. Тұзды дұрыс таңдау электролиттің иондық өткізгіштігін ғана емес, сонымен қатар интерфейстердің тұрақтылығын анықтайтыны, бұл өз кезегінде деградацияны және дендриттердің өсуін болдырмау үшін шешуші рөл атқаратыны көрсетіледі. Мақалада карбонаттар негізіндегі органикалық еріткіштер де қарастырылды. Олар литий иондарының айналасында сольватациялық қабықша түзіп, электролит құрылымының оңтайлы қалыптасуына ықпал етеді. Еріткіштердің диэлектрлік қасиеттері, тұтқырлығы, тотығуға бейімділігі және электролиттің жалпы тұрақтылығына әсері сипатталады.

Сонымен қатар, SEI қабатының түзілуін реттейтін, газ бөлінуін төмендететін және термиялық тұрақтылықты арттыратын функционалдық қоспалардың рөлі жеке талданады. Гельді және полимерлі электролиттер механикалық тұрақтылық пен жоғары иондық өткізгіштікті біріктіруге мүмкіндік беретін перспективалы бағыт ретінде көрсетілді. Қатты электролиттер қауіпсіздік пен энергия тығыздығын арттыру тұрғысынан қарастырылды, алайда олардың салыстырмалы түрде төмен өткізгіштігі мен электродтармен тұрақты жанасуды қамтамасыз етудегі қиындықтар шектеуші факторлар ретінде атап өтілді. Бұл мақалада литий-ионды аккумуляторлардағы электролиттердің тиімділігін анықтайтын негізгі факторлар туралы тұтас түсінік қалыптастырылады және олардың тұрақтылығын, энергия сыйымдылығын және пайдалану сенімділігін арттыруға бағытталған материалдарды дамыту жолдары айқындалады.

Түйін сөздер: литий-ионды аккумуляторлар, электролиттер, литий тұздары, қоспалар, иондардың қозғалғыштығы

© Дмитриева Е.А. *, 2026.

Физико-технический институт, Satbayev University, Алматы, Казахстан.

E-mail: y.dmitriyeva@satbayev.university

ЭЛЕКТРОЛИТЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Дмитриева Елена — кандидат физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Физико-технический институт, Satbayev University, Алматы, Казахстан, E-mail: y.dmitriyeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-1280-2559>.

Аннотация: В данной статье представлено систематизированное описание современных подходов к выбору и оптимизации электролитов для литий-ионных аккумуляторов, которые остаются ключевым элементом в портативной электронике, электротранспорте и стационарных системах накопления энергии. Особое внимание уделено взаимосвязи химического состава электролита с его электрохимическими характеристиками, устойчивостью к разложению при высоких напряжениях и способностью обеспечивать стабильный перенос ионов лития в широком диапазоне рабочих условий. Описаны три основные группы электролитов: жидкие, гелевые и твёрдые. Для каждой группы рассматриваются механизмы ионного транспорта, особенности взаимодействия с электродными материалами и факторы, определяющие безопасность и долговечность аккумуляторных систем. Были проанализированы свойства наиболее распространённых солей LiPF_6 , LiBF_4 , LiTFSI , LiFSI и LiClO_4 , включая их устойчивость к гидролизу, термическое поведение, влияние на формирование межфазного слоя SEI и совместимость с катодными и анодными материалами. Подчёркивается, что выбор соли определяет не только проводимость электролита, но и стабильность интерфейсов, что критически важно для предотвращения деградации и роста дендритов. В статье также рассматриваются органические растворители карбонатного ряда, формирующие сольватационные оболочки вокруг

ионов лития. Описываются их диэлектрические свойства, вязкость, склонность к окислению и роль в формировании оптимальной структуры электролита. Отдельно анализируется влияние функциональных добавок, регулирующих образование SEI-слоя, подавляющих газовыделение и повышающих термическую стабильность. Гелевые и полимерные электролиты представлены как перспективное направление, позволяющее сочетать механическую стабильность с высокой ионной проводимостью. Твёрдые электролиты рассматриваются в контексте повышения безопасности и энергоёмкости, при этом подчёркиваются ограничения, связанные с их сравнительно низкой проводимостью и сложностью обеспечения стабильного контакта с электродами. В данной статье формируется целостное представление о ключевых факторах, определяющих эффективность электролитов в литий-ионных аккумуляторах, и обозначаются направления дальнейшего развития материалов для повышения их стабильности, энергоёмкости и эксплуатационной надёжности.

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, электролиты, соли лития, добавки, подвижность ионов

Введение. Литий-ионные аккумуляторы являются основой современной портативной и транспортной энергетики. Они используются в: портативной электронике (смартфоны, ноутбуки, планшеты); электромобили и электровелосипеды; системы хранения энергии (для солнечных батарей и ветрогенераторов) (Yersaiynova et al., 2026; Song et al., 2026). Литий-ионный аккумулятор – это перезаряжаемый источник энергии, в котором литий в ионной форме используется для переноса заряда между электродами. Схематически этот процесс представлен на рисунке 1.

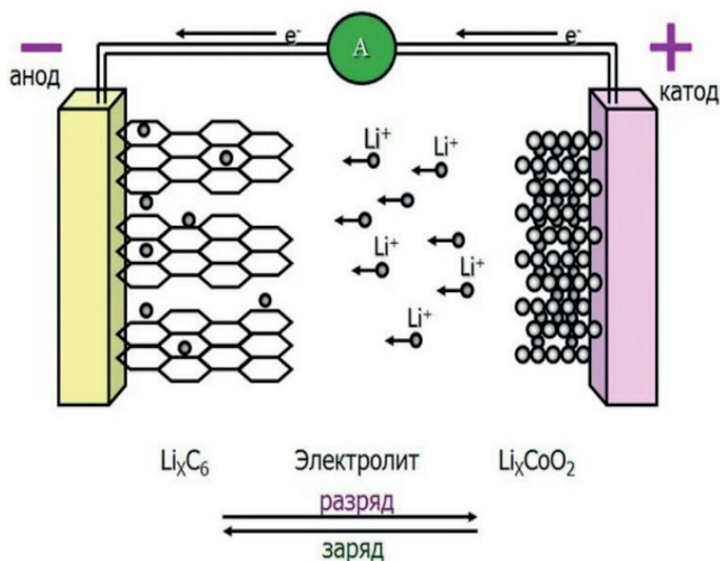


Рисунок 1 – Схема процесса переноса заряда между электродами

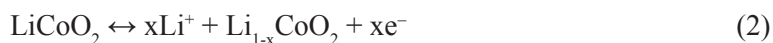
Процесс зарядки происходит при подаче на электроды напряжения. Ионы лития отрываются от катода, переходят через сепаратор к графитовому аноду и встраиваются в его молекулярную структуру. Когда аккумулятор разряжается под действием нагрузки, ионы лития возвращаются обратно в катод и встраиваются в оксид, вновь становясь стабильными. Электронам же вновь приходится искать обходной путь «домой» в виде внешней цепи (нагрузки). Когда последний электрон покинет графитовое пристанище, аккумулятор полностью разрядится.

Литературный обзор. Уравнения химических реакций, происходящих в типичной литий-ионной батарее (например LiCoO_2), следующие (Gao et.al., 2025):

На катоде:



На аноде:



Суммарная реакция выглядит следующим образом:



Хотя описанный выше процесс принципиально мало отличается от процессов, происходящих в других батареях, литий-ионные (Li-ion) батареи стали доминирующим решением для хранения энергии. Произошло это благодаря превосходной плотности энергии по сравнению с технологиями предыдущих поколений батарей, такими как никель-кадмиевыми (Ni-Cd) или никель-металлгидридными (Ni-MH) батареями (Gao et.al., 2019; Malele et.al., 2025).

Литий-ионные батареи не только произвели революцию в потребительской электронике, но и стали предпочтительным выбором для электромобилей (Dini et.al., 2024) благодаря своей высокой эффективности и длительному сроку службы (Tomaszewska et. al., 2019), а также способности поддерживать процессы быстрой зарядки, которые обычно не подходят для свинцово-кислотных технологий. В связи с растущим стремлением к сокращению загрязнения окружающей среды переход от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) к электрическим альтернативам ускорился (Schulz-Mönninghoff et.al., 2021). Например, Европейский Союз планирует запретить продажу новых автомобилей с ДВС, включая гибриды, к 2035 году (Patil et.al., 2024). Эта тенденция подчеркивает необходимость совершенствования аккумуляторных технологий, особенно с точки зрения плотности энергии, эффективности зарядки и безопасности. В первых электромобилях первоначально использовались свинцово-кислотные батареи из-за их низкой стоимости и доступности, в то время как в более поздних поколениях стали применять никель-металлгидридные элементы, прежде чем перейти к литий-ионной технологии для повышения плотности энергии и срока службы.

Хотя свинцово-кислотные батареи все еще используются в некоторых регионах из-за их низкой стоимости (Maltezo et.al., 2021), литий-ионная технология стала предпочтительным вариантом в автомобильной промышленности (Dini et.al., 2023), предлагая примерно на 20% большую емкость хранения энергии, меньший вес, меньшие требования к техническому обслуживанию и увеличенный срок службы до 10 лет. С точки зрения выполняемых функций, электролит является ключевым материалом, влияющим на характеристики литиевых батарей с точки зрения высокого напряжения и высокой удельной энергии. Однако, чем выше напряжение, тем выше способность электролита к разложению и ухудшению как характеристик, так и безопасности литий-ионных батарей.

Данная статья посвящена рассмотрению влияния различных источников подвижных ионов лития, добавок для улучшения стабильности литий-ионных аккумуляторов и типов электролитов на характеристики и безопасность литий-ионных батарей.

Методы исследования. Теоретический анализ научных статей по теме электролиты литий-ионных аккумуляторов.

Результаты исследований. В ходе анализа установлено, что электролитные системы литий-ионных аккумуляторов могут быть классифицированы на три фундаментальные группы, различающиеся по агрегатному состоянию, механизму переноса заряда и эксплуатационным характеристикам. К жидким электролитам относятся растворы солей лития в органических полярных растворителях, обеспечивающие высокую ионную проводимость и стабильность при умеренных температурах. Гелевые электролиты представляют собой полимерные матрицы, удерживающие растворитель и сочетающие свойства жидких и твердых систем. Твердые электролиты включают керамические и полимерные материалы, способные проводить ионы в твердой фазе и обеспечивающие повышенный уровень безопасности. Сравнительный анализ показал, что каждая из групп обладает специфическими преимуществами и ограничениями, определяющими область их применения в современных аккумуляторных технологиях.

Обсуждение научных результатов.

1. Соли лития. Во всех трех типах электролитов источником подвижных ионов лития являются добавки солей лития, таких как LiPF_6 , LiBF_4 , LiTFSI , LiFSI или LiClO_4 .

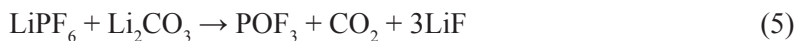
Соли лития являются основным источником подвижных ионов лития, благодаря диссоциации в электролитической среде. Наиболее часто используется LiPF_6 (гексафторфосфат лития) неорганическое соединение, который в чистом виде представляет собой белый кристаллический порошок.

Соль относительно стабильна термически, но теряет 50% веса при 200°C (392°F). Она гидролизует, образуя высокотоксичный газ HF при температуре около 70°C (158°F) согласно следующему уравнению:



Благодаря кислотности Льюиса ионов Li^+ , LiPF_6 также катализирует тетрагидропиранирование третичных спиртов.

В литий-ионных аккумуляторах LiPF_6 реагирует с Li_2CO_3 , что может катализироваться небольшими количествами HF:



Использование в коммерческих литиевых батареях разных солей продиктовано преимуществами и недостатками каждой из них.

В частности, LiPF_6 наиболее широко используемая соль в коммерческих литий-ионных аккумуляторах из-за высокой ионной проводимости ($\approx 10^{-3}$ см), совместимости с углеродными анодами и оксидными катодами, формирования стабильного SEI-слоя. Однако, LiPF_6 чувствительна к влаге (уравнение 4).

LiBF_4 (тетрафторборат лития) обладает более высокой химической стабильностью и устойчивостью к влаге по сравнению с LiPF_6 . Но, меньшей, чем у LiPF_6 ионной проводимостью. Применяется в сочетании с другими солями для улучшения стабильности.

LiTFSI (бис(трифторметансульфонил)имид лития $\text{LiC}_2\text{F}_6\text{NO}_4\text{S}_2$ структурная формула представлена на рисунке 2а). Преимущества: высокая термостабильность, низкая вязкость электролита, устойчивость к окислению. Недостатки: может вызывать коррозию алюминиевых токосъёмников при высоких потенциалах. Часто используется в твердополимерных электролитах (solid polymer electrolytes) и новых высокотемпературных системах.

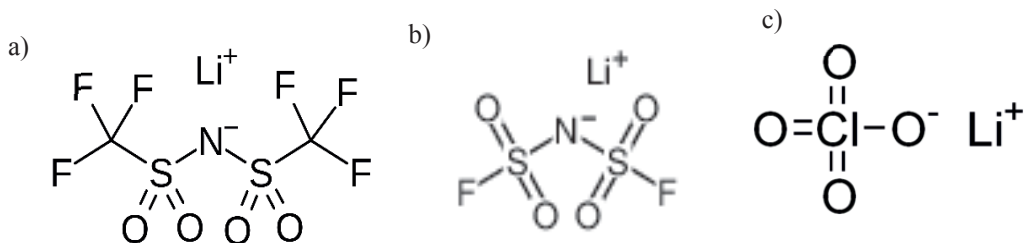


Рисунок 2 – Структурные формулы солей лития используемых в электролитах: а – LiTFSI ; б – LiFSI ; в – LiClO_4

LiFSI (бис(фторсульфонил)имид лития $\text{F}_2\text{LiNO}_4\text{S}_2$ структурная формула представлена на рисунке 2б). Относительно новая соль, которая сочетает преимущества LiPF_6 и LiTFSI . Обеспечивает высокую проводимость и улучшает стабильность SEI на аноде. Перспективна для применения в высокоэнергетических и твердотельных аккумуляторах.

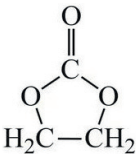
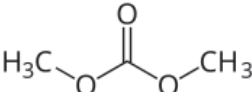
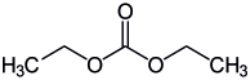
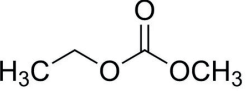


LiClO_4 (перхлорат лития структурная формула представлена на рисунке 2с). Имеет высокую электропроводность и простоту синтеза, но из-за потенциальной взрывоопасности при перегреве используется редко. Разлагается перхлорат лития экзотермически с образованием LiCl и O_2 по реакции:



2. *Жидкие электролиты.* Жидкие электролиты готовят на неводных полярных растворителях (из-за выделения HF при взаимодействии солей с водой (реакция 4)) таких как: этиленкарбонат, диметилкарбонат, диэтилкарбонат и/или этилметилкарбонат (Sandhu et.al., 2025; Dachraoui et.al., 2025).

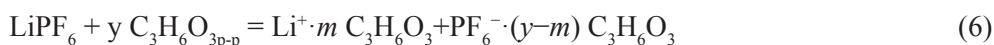
Наибольшее распространение в крупномасштабном производстве получили жидкие электролиты на основе органических растворителей приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Основные растворители в литий-ионных аккумуляторах

Название	Сокращение	Химическая формула	Структурная формула	Примечание
Этиленкарбонат	EC	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$		высокополярный растворитель с высокой диэлектрической проницаемостью; необходим для растворения литиевых солей.
Диметилкарбонат	DMC	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$		низковязкие растворители, повышающие ионную подвижность. В промышленности часто применяются смеси EC:DMC или EC:EMC в соотношении 1:1.
Диэтилкарбонат	DEC	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_3$		
Этил-метилкарбонат	EMC	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$		
Тetra-гидрофуран	THF	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$		обеспечивают хорошее смачивание электродов, но склонны к окислению при высоком потенциале катода
1,3- диоксолан	DOL	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$		

Структурные формулы гексафторфосфата лития и диметилкарбоната, как наиболее распространенных компонентов электролитов приведены на рисунке 3.

Диссоциация гексафторфосфата лития в диметилкарбонате (ДМК) может выражаться следующим уравнением:



Карбонатная группа в диметилкарбонате имеет заряд δ^- из-за распределения электронной плотности в молекуле, как показано на рисунке 3а. За счет этого молекула диметилкарбонат имеет дипольную структуру. При диссоциации LiPF_6

ион лития (Li^+) и ион гексафторфосфата (PF_6^-) окружены сольватным слоем, как показано на рисунке 4b.

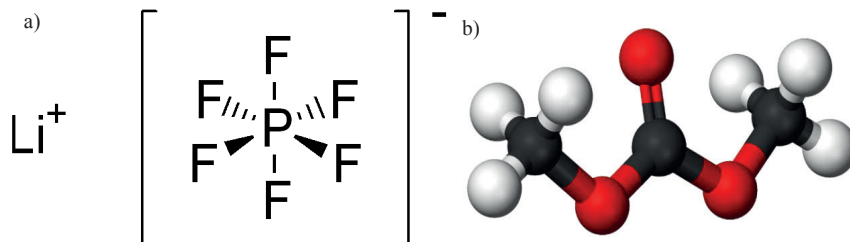


Рисунок 3 – Структурные формулы гексафторфосфата лития и диметилкарбоната
а – гексафторфосфат лития; б - диметилкарбонат
черные сферы – углерод; красные сферы – кислород; серые сферы – водород

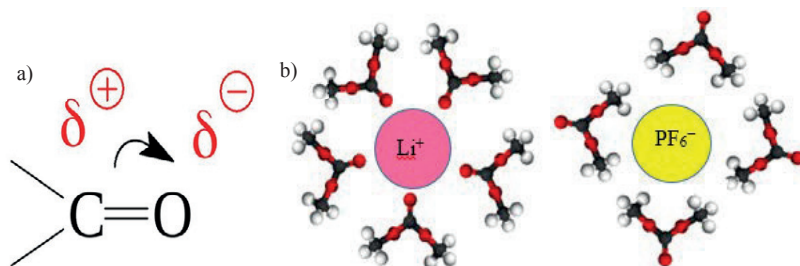


Рисунок 4 – Распределение электронной плотности в молекуле диметилкарбоната
и схема сольватных слоев ионов Li^+ и PF_6^-
а – распределение электронной плотности в молекуле диметилкарбоната; б – схема сольватных
слоев ионов Li^+ и PF_6^-

В таблице 2 приведены основные виды добавок, использующиеся в литий ионных аккумуляторах.

Таблица 2-Основные добавки в литий-ионных аккумуляторах.

Название	Сокращение	Химическая формула	Структурная формула	Примечание
Фторэтиленкарбонат	FEC	$\text{C}_3\text{H}_3\text{FO}_3$		повышает термическую и электрохимическую стабильность электролита, снижает горючесть
Виниленкарбонат (1,3-диоксол-2-он)	VC	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$		улучшает формирование «границы твердого анода и электролита» SEI
Дифтор(оксалато) борат лития	LiDFOB или LiODFB	$\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{O}_4)$		стабилизирует интерфейс катода и предотвращает газовыделение
Трифенилфосфат	TPP	$(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_3\text{PO}$		повышает негорючесть электролита

Коммерческие электролиты обычно содержат: 1 Моль/л литиевой соли (1 М LiPF_6), смесь растворителей EC:DMC (1:1 или 3:7), 0.5–2% функциональных добавок (см. табл.2). Такой состав обеспечивает баланс между высокой ионной проводимостью, химической стабильностью и безопасностью.

3.Твёрдый электролитный слой. При первичной зарядке литиевой батареи литиевая соль в электролите реагирует с материалом электрода, образуя твёрдый электролитный слой (SEI – solid electrolyte interphase) на поверхности отрицательного электрода. Эта плёнка должна обладать ионной проводимостью и электронной изоляцией, что предотвращает непрерывное разложение электролита, позволяя ионам лития внедряться в отрицательный электрод (Qi et.al., 2025). Схематически этот процесс изображен на рисунке 5.

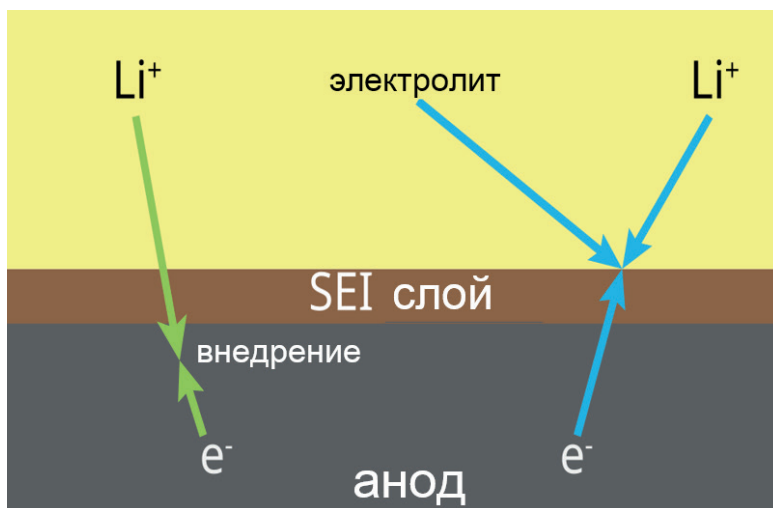


Рисунок 5 – Схема действия SEI слоя

Стабильность SEI напрямую определяет срок службы литиевой батареи: если SEI неоднократно разрушается или утолщается, это приведёт к росту литиевых дендритов и ускорению снижения ёмкости.

4.Гелевые или полимерные электролиты. Полимерные электролиты состоят из полимера, содержащего высокополярный фрагмент, способный отдавать электроны (Phogat et.al., 2025). Параметры производительности влияют на выбор гомо- или гетерогенного электролита.

Существует четыре основных типа полимерных электролитов:

- 1) гелевый полимерный электролит;
- 2) твердотельный полимерный электролит;
- 3) пластифицированный полимерный электролит;
- 4) композитный полимерный электролит.

Существует несколько полимеров, которые можно использовать в качестве полимерных электролитов, основные приведены на рисунке 6.

Степень кристалличности матрицы полимерного электролита влияет на

подвижность ионов и скорость переноса (Qayyum et.al., 2026). Аморфные области способствуют более активному переносу заряда в гелевых и пластифицированных полимерных электролитах. Дефекты кристаллической решётки способствуют ослаблению взаимодействия между ионами и цепью.

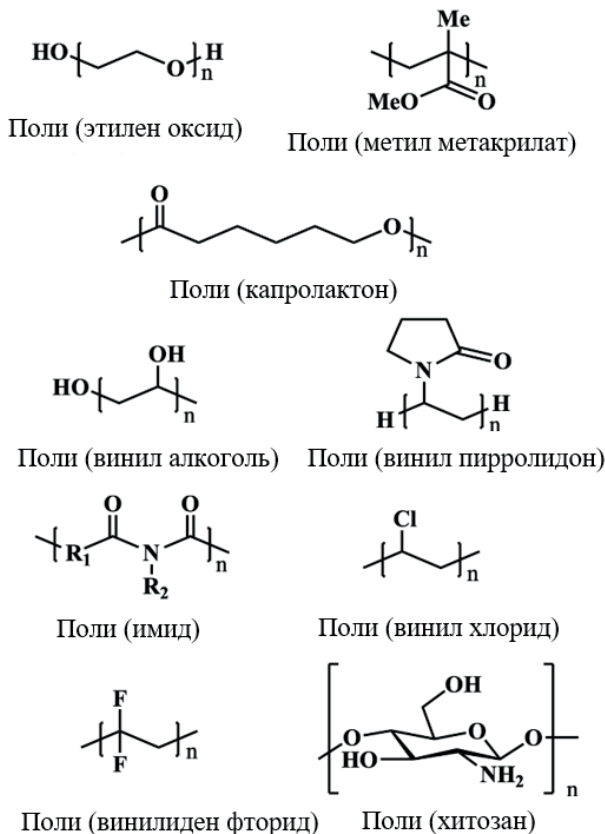


Рисунок 6 – Названия и структурные формулы полимерных электролитов

5. Твердые электролиты. Твердые электролиты делятся на неорганические твердые электролиты (НТЭ), твердые полимерные электролиты (ТПЭ). Они являются твердыми при комнатной температуре и движение ионов происходит в твердом состоянии. Их главным преимуществом является полное отсутствие каких-либо жидких компонентов, что значительно повышает безопасность устройства в целом (Li et.al., 2025). Основным ограничением является ионная проводимость, которая, как правило, намного ниже, чем у жидких аналогов.

5.1 Неорганический твердый электролит (НТЭ). Неорганический твердый электролит представляет собой особый тип полностью твердотельного электролита, состоящего из неорганического материала в кристаллическом или стекловидном состоянии, который проводит ионы путем диффузии через

кристаллическую решетку (Ahmed et.al., 2025). Основными преимуществами этого класса твердотельных электролитов являются высокая ионная проводимость (порядка нескольких мСм/см² при комнатной температуре), высокий модуль упругости (порядка ГПа) и высокое число переноса по сравнению с другими классами твердотельных электролитов. Они, как правило, хрупкие, что приводит к низкой совместимости и стабильности по отношению к электроду, с быстро увеличивающимся сопротивлением на границе раздела и сложным масштабированием от академического уровня до промышленного.

Неорганические твердые электролиты могут быть оксидами, сульфидами или фосфатами, а их кристаллические структуры включают:

- LISICON - литиевый суперионный проводник (например, LGPS (сульфид германия лития-фосфора $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$), LiSiPS , LiPS);
- аргиродитоподобные (например, $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{X}$, $\text{X}=\text{Cl}$, Br , I);
- гранаты (LLZO - (литий лантано цирконат) – $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$);
- LATP - фосфат лития-алюминия-титан $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$;
- LAGP - литий-алюмо-германий-фосфат $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ge}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$;
- литиевые нитриды (например, Li_3N);
- литиевые гидриды (LiBH_4);
- литиевые фосфидотрилаты и фосфидотетрелаты;
- перовскиты (например, литий-лантан-титанат $\text{La}_{0.5}\text{Li}_{0.5}\text{TiO}_3$, «LLTO»);
- литиевые галогениды, RbAg_4I_5 .

Некоторые НТЭ могут представлять собой стеклокерамику в аморфном состоянии вместо регулярной кристаллической структуры. Популярными примерами являются литиевый фосфорно-оксинитрид Li_3PO_4 (LIPON) и литиевые тиофосфаты ($\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$).

5.2 Твердополимерный электролит (SPE). Твердый полимерный электролит определяется как не содержащий растворителя солевой раствор в полимерном материале-носителе, который проводит ионы через полимерные цепи (Nosamane et.al., 2025). По сравнению с НТЭ, SPE гораздо легче обрабатывать, как правило, методом литья в форму, что делает их более совместимыми с крупномасштабными производственными процессами. Кроме того, они обладают более высокой эластичностью и пластичностью, что обеспечивает стабильность на границе раздела, гибкость и улучшенную устойчивость к изменению объема во время работы. Хорошая растворимость солей лития, низкая температура стеклования (T_g), электрохимическая совместимость с большинством распространенных электродных материалов, низкая степень кристалличности, механическая стабильность, чувствительность к низким температурам — все это характеристики идеального кандидата для SPE. Однако, как правило, ионная проводимость ниже, чем у НТЭ, а их скорость ограничена, что ограничивает быструю зарядку. SPE на основе полиоксиэтилена является первым твердотельным полимером, в котором ионная проводимость была продемонстрирована как за счет межмолекулярных, так и внутримолекулярных перескоков ионов благодаря сегментному движению полимерных цепей из-за высокой способности к комплексообразованию эфирных

групп, но они страдают от низкой ионной проводимости при комнатной температуре (10^{-5} См⁻¹) из-за высокой степени кристалличности (Yang et al., 2025). Основными альтернативами SPE на основе полиэфиров являются поликарбонаты, полиэферы, полинитрилы (например, PAN), полиспирты (например, ПВП), полиамины (например, PEI), полисилоксаны (например, ПДМС) и фторполимеры (например, ПВДФ, ПВДФ-ГФП). Биополимеры, такие как лигнин, хитозан и целлюлоза, также вызывают большой интерес в качестве самостоятельных SPE или в сочетании с другими полимерами, с одной стороны, из-за их экологичности, а с другой – из-за их высокой способности к комплексообразованию с солями. Кроме того, рассматриваются различные стратегии повышения ионной проводимости SPE и соотношения аморфной и кристаллической фаз.

Заключение. Таким образом, определены механизмы взаимодействия жидких полярных растворителей на примере диметилкарбоната с солями лития, на примере LiPF₆. Представлены структурные и функциональные особенности источников подвижных ионов лития – LiPF₆, LiBF₄, LiTFSI, LiFSI и LiClO₄. Рассмотрены основные классы электролитов литий-ионных аккумуляторов. Обсуждено использование полимерных электролитов, а также неорганических твердых электролитов. Каждый вид электролитов имеют свои положительные и отрицательные стороны. Жидкие электролиты лидируют по ионной проводимости, твердые – по безопасности. Что оставляет простор для исследователей в плане поиска оптимального решения. В таких вопросах как функциональность, долговечность и безопасность литий-ионных аккумуляторов.

References

- Yersainnova A.A., Karshyga Z.B., Muhammad N.A., Yessengazyev A.M., Orynbayev B.M. (2026) Lithium extraction methods and its application prospects: a review. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra= Complex use of mineral resources*, 337(2). — P. 95-107. DOI: 10.31643/2026/6445.21 (in Eng.).
- Song L., Wang Z., Zhu Y., Zhou Z., Wang B., Wang D., Ju X. (2026) A review of safety issues in lithium-ion battery transportation process: research advances and challenges. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. — 105912 p. DOI:0.1016/j.jlp.2026.105912 (in Eng.).
- Gao Z.-W., Lan T., Yin H., Liu Y. (2025) Development and Commercial Application of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: A Review. *Processes*, 13(3), 756. DOI:10.3390/pr13030756 (in Eng.).
- Gao Y., Zhang X., Cheng Q., Guo B., Yang J. (2019) Classification and review of the charging strategies for commercial lithium-ion batteries. *Ieee Access*, 7. — P. 43511-43524. DOI:10.1109/ACCESS.2019.2906117 (in Eng.).
- Malele R.H., Mendu B., Monchusi B.B. (2025) Microcontroller-driven battery management in hybrid energy systems: a systematic review of applications, control strategies, and emerging trends. *IEEE Access*. DOI:10.1109/ACCESS.2025.3539929 (in Eng.).
- Dini P., Colicelli A., Saponara S. (2024) Review on modeling and SOC/SOH estimation of batteries for automotive applications. *Batteries*, 10(1), 34. DOI:10.3390/batteries10010034 (in Eng.).
- Tomaszewska A., Chu Z., Feng X., O'kane S., Liu X., Chen J., Wu B. (2019) Lithium-ion battery fast charging: A review. *etransportation*, 1, 100011. DOI:10.1016/j.etrans.2019.100011 (in Eng.).
- Schulz-Mönninghoff M., Bey N., Nørregaard P.U., Niero M. (2021) Integration of energy flow modelling in life cycle assessment of electric vehicle battery repurposing: Evaluation of multi-use cases and comparison of circular business models. *Resources, Conservation and Recycling*, 174. — P. 105773. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105773 (in Eng.).
- Patil G., Pode G., Diouf B., Pode R. (2024) Sustainable decarbonization of road transport: policies,

current status, and challenges of electric vehicles. *Sustainability*, 16(18). — 8058 p. DOI: 10.3390/su16188058 (in Eng.).

Maltezo M.R. C., Thio-ac A.C., Castillo A.M.C., Gattu L.E., Hernandez C.E.A., Labuan J.J.C., Tolentino L.K.S. (2021) Arduino-based battery monitoring system with state of charge and remaining useful time estimation. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 8(76). DOI: 10.19101/IJATEE.2021.874023 (in Eng.).

Dini P., Saponara S., Colicelli A. (2023) Overview of battery charging systems for electric vehicles. *Electronics*, 12(20), 4295. DOI:10.3390/electronics12204295 (in Eng.).

Sandhu Z.A., Iqbal B., Raza M.A., Kainat Ashraf S., Farwa U., Rasheed T. (2025) Green Revolution of Lithium-Ion Batteries: Prospects, Challenges and Environmental Impact. *Chemistry—An Asian Journal*, 20(16), e00299. DOI:10.1002/asia.202500299 (in Eng.).

Dachraoui W., Erni R. (2025) Anode-electrolyte interface in lithium-ion batteries investigated by liquid phase transmission electron microscopy: Achievements, challenges, and future directions. *Nano Energy*, 111321. DOI:10.1016/j.nanoen.2025.111321 (in Eng.).

Qi H., Liv P. (2025) Solvation engineering in lithium-ion batteries: from fundamental mechanisms to electrolyte design. *Ionics*, 31(11). — P. 11409-11437. DOI:10.1007/s11581-025-06719-x (in Eng.).

Bhawna Phogat P., Shreya Jha R., Singh S. (2025) Advancements and challenges in lithium-ion and lithium-polymer batteries: towards sustainable energy storage solutions. *Ionics*, 31(6), 5263-5289. DOI:10.1007/s11581-025-06309-x (in Eng.).

Qayyum F., Tarique M., Cheng L., Umair M., Rana H.T.H., Ahmad I., Wei J. (2026) Sustainable solutions: Harnessing natural-synthetic hybrid polymers as superior gel electrolytes for lithium-ion batteries. *Journal of Energy Storage*, 148. — 120158 p. DOI: 10.1016/j.est.2025.120158 (in Eng.).

Li R., Zeng J., Wang P., Wu Z., He T., Rao L., Zhang N. (2025) Kilogram-scale synthesis and interface engineering of oxyhalide solid electrolytes for high-performance all-solid-state batteries. *Energy Storage Materials*. — 104838 p. DOI:10.1016/j.ensm.2025.104838 (in Eng.).

Ahmed S., Shohag S.A.U., Rahman M.W., Li J., Alcoutlabi M., Uddin M.J. (2025) The features and advancements of electrodes and electrolyte materials for lithium-ion batteries. *Journal of Solid-State Electrochemistry*, 29(9), 3523-3552. DOI:10.1007/s10008-025-06251-y (in Eng.).

Hosamane S., Kottam N., Chalil Suresh A. (2025) Strategies to Boost the Safety and Ionic Conductivity of Lithium-Ion Batteries Using Solid State Electrolytes: A Review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 14(1). — e544. DOI:10.1002/wene.544 (in Eng.).

Yang J., Yi C., Li M., Wu Z., Xia J., Li Y., Liu J. (2026) Recent Advances in LATP/Polymer Composite Electrolytes for Solid-State Lithium Batteries. *Energy & Environmental Materials*, 9(1). — e70090. DOI:10.1002/eem2.70090 (in Eng.).

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2026.

Формат 60x88¹/₈.

22,0 п.л. Заказ 1.

«Central Asian Academic Research Center» LLP

Алматы, Қонаев к-сі, 142