

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№4
2025**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

4 (465)

October – December 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY

1947 PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (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 International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (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, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (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, 2025

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, РБҚ ҚР ҰҒА президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің 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, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (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, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <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)

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, 2025

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (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 Международного научно-производственного холдинга «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 Мiroслав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

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

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

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

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

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

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

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, 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)

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/arhiv>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

CONTENTS

G.E. Azimbayeva, A.K. Kamysbayeva, G.N. Kudaibergenova, U.Zh. Beysenbiyeva, N.M. Kurbanbayeva Chromatographic analysis of ethanol obtained from topinambur tubers (<i>Helianthus Tuberosus</i>).....	13
B. Amiraliyev, N. Zhanikulov, B. Taimasov, M. Aitureev, B. Zhakipbayev Expanding the raw material base of mineral additives for the production of composite cements.....	27
A.M. Yegissinova, R.S. Taubayeva, R.K. Rakhmetullaeva, A.S. Seitkan, E.B. Satkozhaeva Physicochemical properties of thermoplastic starch/hemp biofilm produced by casting method.....	41
E.M. Yergaliyeva, K.B. Bazhykova, Zh.Zh. Kolbaeva, A. Duysen, V.V. Vazhev <i>In silico</i> prediction of PASS and ADME/Tox properties of novel 1,3,5-triazine derivatives for drug development.....	54
R.I. Jalmakhanbetova, S. Azatkyzy, G.K. Mukusheva Structure-directed ursolic acid modifications and their impact on biological activity.....	71
R.N. Zhanaliyeva, B.S. Imangaliyeva, M.A. Zharkınbekov, A.S. Ungarbayeva, R. Kozykeyeva Study of the kinetics and mechanism of molybdenum disulfide oxidation by sodium hypochlorite.....	87
O.S. Ilyassova, M. Zhumabek, G.N. Kaumenova, R.S. Orazbekova, B.S. Biyekeyev Hydrogenation of carbon dioxide on Ni-Co/ZrO ₂ catalysts for conversion into synthetic fuel components.....	100
K. Kalmakov, G. Turebekova, S. Yegemberdiyeva, U. Nuridinova, N. Dulat Catalytic cracking of vacuum gas oil from Kumkol oil in a fluidized bed catalyst unit.....	115
B.T. Kuderina, N.B. Kassenova, A.S. Khamitova, A.G. Zhaxybayeva, A.B. Abdrakhmanova Modification of the structure of oxide cathode materials to enhance the capacity and stability of li - ion batteries.....	128

B.M. Kaldybaeva, D.M. Kenzhebekov, D.Zh. Janabayev, L.M. Ulyev, A. Zholshybek Improving the energy efficiency of oil treatment and stabilization units in the field.....	137
A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova, G.O. Bugubaeva, S. Bubish Prospects for the use of water-soluble copolymers in industrial wastewater treatment processes.....	150
R.M. Kudaibergenova, A.R. Aitekova, N.S. Murzakasymova, A.S. Seitkan, N.A. Nurlybayeva Structural and compositional characteristics of cobalt ferrite nanoparticles.....	159
M. Nazhipkyzy, A. Ashiraly, A. Aitugan, A. Aikenova Fabrication of lignin-based fibrous composites by electrospinning for energy storage applications.....	170
U. Nazarbek, Y. Raiymbekov, P. Abdurazova, G. Kambarova Molecular dynamics modeling of solubility in aqueous systems: temperature dependence and solvation effects.....	184
Zh.Zh. Nurtazina, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, B. Łeska, N.B. Kiarstanova Efficiency of modified medium for pigment and antioxidant biosynthesis in <i>Chlorella Vulgaris</i>	197
G.M. Ormanova, A.A. Anarbayev, B.N. Kabylbekova, Zh.E. Khusanov Construction of a solubility isotherm in a four-component mutual $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ system.....	212
Zh.B. Rakhimberlinova, A. Zhorabek, A. Bailen, M. Kaiyrbaeva, A. Mendibayeva Investigation of the possibilities of obtaining ultradispersed copper particles in aqueous solutions.....	227
A. Takibayeva, L. Sultanova, A. Tussupova, Z. Omar, A. Amanzholova Mechanism, features of the amination reaction in a series of lupane triterpenoids.....	239
G. Toleutay, R.N. Tuleyeva, A. Taubatyrova, N.N. Gizatullina Recent advances in the application of lignin for biobased packaging materials.....	250
Kh. Khimersen, T.K. Jumadilov, A. Imangazy, G.T. Dyusseмбаeva, B. Totkhuskyzy Features of the interaction of polyelectrolytes with gallium ions in aqueous media.....	266

МАЗМҰНЫ

Г.Е. Азимбаева, А.К. Камысбаева, Г.Н. Кудайбергенова, Ұ.Ж. Бейсенбиева, Н.М. Курбанбаева Топинамбур жемісінен (<i>Helianthus Tuberosus</i>) алынған этанолдың хроматографиялық анализі.....	13
Б. Амиралиев, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, М. Айтуреев, Б. Жакипбаев Композициялық цемент алу үшін минералды қоспалардың шикізат базасын кеңейту.....	27
А.М. Егисина, Р.С. Таубаева, Р.К. Рахметуллаева, А.С. Сейткан, Э.Б. Саткожаева Құю әдісі арқылы алынған термопластикалық крахмал/ конопля биоленкасының физика-химиялық қасиеттері.....	41
Э.М. Ергалиева, К.Б. Бажыкова, Ж.Ж. Кольбаева, А.Б. Дуйсен, В.В. Важев <i>In silico</i> PASS және ADME/Tox бағдарламалары арқылы дәрілік заттар әзірлеу үшін 1,3,5-триазиннің жаңа туындыларының қасиеттерін болжау.....	54
Р.И. Джалмаханбетова, С. Азатқызы, Г.К. Мукушева Урсол қышқылының құрылымдық-бағытталған модификациялары және олардың биологиялық белсенділікке әсері.....	71
Р.Н. Жаналиева, Б.С. Имангалиева, М.А. Жаркинбеков, А.С. Унгарбаева, Р. Қозыкеева Молибден дисульфидін натрий гипохлоритімен тотықтырудың кинетикасы мен механизмін зерттеу.....	87
О.С. Ильясова, М. Жумабек, Г.Н. Кауменова, Р.С. Оразбекова, Б.С. Биекеев Көмірқышқыл газын синтетикалық отын компоненттеріне айналдыру үшін Ni-Co/ZrO ₂ катализаторларында гидрлеу.....	100
К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, С.Ж. Егембердиева, У.Е. Нуридинова, Н.Н. Дулат Құмкөл мұнайынан алынған вакуум газойлін катализатордың қайнау қабатындағы қондырғыда каталитикалық крекингтеу.....	115
Б.Т. Кудерина, Н.Б. Касенова, А.С. Хамитова, А.Г. Жаксыбаева, А.Б. Абдрахманова Li - ионды аккумуляторлардың сыйымдылығы мен тұрақтылығын арттыру үшін оксидті катод материалдарын модификациялау.....	128

Б.М. Калдыбаева, Д.М. Кенжебеков, Д.Ж. Джанабаев, Л.М. Ульев, А. Жолшыбек Кәсіпшілікте мұнайды дайындау және тұрақтандыру қондырғысының энергия тиімділігін арттыру.....	137
А.Қ. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова, Г.О. Бугубаева, Ш. Бүбіш Өндірістік ағынды суларды тазарту процестерінде суда еритін сополимерлерді қолдану перспективалары.....	150
Р.М. Құдайбергенова, А.Р. Айтекова, Н.С. Мурзакасымова, А.С. Сейтқан, А.Н. Нұрлыбаева Кобалт феррит нанобөлшектерінің құрылымдық және құрамдық сипаттамасы.....	159
М. Нажипқызы, А. Ашіралы, А. Айтуған, А. Айкенова Энергия сақтау жүйелерінде қолдануға арналған лигнин негізіндегі талшықты композиттерді электроспиннинг әдісімен алу.....	170
У. Назарбек, Е. Райымбеков, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова Су жүйелеріндегі ерігіштіктің молекулалық динамикалық модельдеуі: температураға тәуелділік және еріткіштің әсері.....	184
Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, Л. Богуслава, Н.Б. Қиарстанова <i>Chlorella Vulgaris</i> құрамындағы пигменттер мен антиоксиданттардың биосинтезі үшін модификацияланған қоректік ортаның тиімділігі.....	197
Г.М. Орманова, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов Төрт компонентті CASO ₄ -NaCl-H ₂ O өзара әрекеттесу жүйесіндегі ерігіштік изотермасын тұрғызу.....	212
Ж.Б. Рахимберлинова, А. Жорабек, А. Байлен, М. Қайырбаева, Ә. Мендібаева Сулы ерітінділердегі мыстың ультродисперсті бөлшектерін алу мүмкіндіктерін зерттеу.....	227
А. Такибаева, Л. Султанова, А. Тусупова, З. Омар, А. Аманжолова Лупан тритерпеноидтар қатарындағы аминдену реакциясының механизмі, ерекшеліктері.....	239

Г. Төлеутай, Р.Н. Тулеева, А. Таубатырова, Н.Н. Гизатуллина

Лигниннің бионегізді қаптама материалдарында қолданылуының

соңғы жетістіктері.....250

Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,

Б. Тотхусқызы

Полиэлектролиттердің галлий иондарымен су ортасында әрекеттесу

ерекшеліктері.....266

СОДЕРЖАНИЕ

Г.Е. Азимбаева, А.К. Камысбаева, Г.Н. Кудайбергенова, У.Ж. Бейсенбиева, Н.М. Курбанбаева Хроматографический анализ этанола полученного из клубней топинамбура (<i>Helianthus Tuberosus</i>).....	13
Б. Амиралиев, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, М. Айтурсев, Б. Жакипбаев Расширение сырьевой базы минеральных добавок для получения композиционных цементов.....	27
А.М. Егисинова, Р.С. Таубаева, Р.К. Рахметуллаева, А.С. Сейткан, Э.Б. Саткожаева Физико-химические свойства термопластичной биопленки из крахмала/конопли, полученной методом литья.....	41
Э.М. Ергалиева, К.Б. Бажыкова, Ж.Ж. Кольбаева, А.Б. Дуйсен, В.В. Важев IN SILICO PASS и ADME/TOX прогнозирование свойств новых производных 1,3,5-триазина для разработки лекарств.....	54
Р.И. Джалмаханбетова, С. Азаткызы, Г.К. Мукушева Структурно-направленные модификации урсоловой кислоты и их влияние на биологическую активность.....	71
Р.Н. Жаналиева, Б.С. Имангалиева, М.А. Жаркинбеков, А.С. Унгарбаева, С. Бердібекова Изучение кинетики и механизма окисления дисульфида молибдена гипохлоритом натрия.....	87
О.С. Ильясова, М. Жумабек, Г.Н. Кауменова, Р.С. Оразбекова, Б.С. Биекеев Гидрирование диоксида углерода на Ni-Co/ZrO ₂ катализаторах для преобразования в компоненты синтетического топлива.....	100
К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, С.Ж. Егембердиева, У.Е. Нуридинова, Н.Н. Дулат Каталитический крекинг вакуумного газойля Кумкольской нефти на установке псевдоожиженным слоем катализатора.....	115
Б.Т. Кудерина, Н.Б. Касенова, А.С. Хамитова, А.Г. Жаксыбаева, А.Б. Абдрахманова Модификация структуры оксидных катодных материалов для повышения ёмкости и стабильности Li-ион аккумуляторов.....	128

Б.М. Калдыбаева, Д.М. Кенжебеков, Д.Ж. Джанабаев, Л.М. Ульев, А. Жолшыбек Повышение энергоэффективности установки подготовки и стабилизации нефти на промысле.....	137
А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова, Г.О. Бугубаева, Ш. Бубиш Перспективы использования водорастворимых сополимеров в процессах очистки промышленных сточных вод.....	150
Р.М. Кудайбергенова, А.Р. Айтекова, Н.С. Мурзакасымова, А. Сейткан, А.Н. Нурлыбаева Структурно-композиционные характеристики наночастиц феррита кобальта.....	159
М. Нажипкызы, А. Аширалы, А. Айтуган, А. Айкенова Получение волокнистых композитов на основе лигнина методом электроспиннинга для применения в системах хранения энергии.....	170
У. Назарбек, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова, Е. Райымбеков Молекулярно-динамическое моделирование растворимости в водных системах: температурная зависимость и эффекты сольватации.....	184
Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, Л. Богуслава, Н.Б. Қиарстанова Эффективность модифицированной среды для биосинтеза пигментов и антиоксидантов в <i>Chlorella Vulgaris</i>	197
Г.М. Орманова, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов Построение изотермы растворимости в четырехкомпонентной взаимной системе $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$	212
Ж.Б. Рахимберлинова, А. Жорабек, А. Байлен, М. Кайырбаева, А. Мендибаева Исследование возможностей получения ультрадисперсных частиц меди в водных растворах.....	227
А. Такибаева, Л. Султанова, А. Тусупова, З. Омар, А. Аманжолова Механизм, особенности протекания реакции аминирования в ряду лупановых тритерпеноидов.....	239

Г. Толеутай, Р.Н. Тулеева, А. Таубатырова, Н.Н. Гизатуллина

Последние достижения в применении лигнина для биополимерных

упаковочных материалов.....250

Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,

Б. Тотхусқызы

Особенности взаимодействие полиэлектролитов с ионами галлия

в водной среде.....266

© **B.T. Kuderina**^{1*}, **N.B. Kassenova**¹, **A.S. Khamitova**¹, **A.G. Zhaxybayeva**²,
A.B. Abdrakhmanova³, 2025.

¹Sh.Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan;

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

³Shakarim University, Semey, Kazakhstan.

E-mail: b.kuderina@shokan.edu.kz

MODIFICATION OF THE STRUCTURE OF OXIDE CATHODE MATERIALS TO ENHANCE THE CAPACITY AND STABILITY OF Li - ION BATTERIES

Kuderina Balken — PhD, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan,

E-mail: b.kuderina@shokan.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-4602-81>;

Kassenova Nazira — PhD, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan,

E-mail: nazira_kassenova09@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0570-1784>;

Khamitova Aina — Candidate of Chemistry Sciences, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan,

E-mail: aina - hamitova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6246-5976>;

Zhaxybayeva Aigerim — PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: zhaxybayeva_ag_1@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1071-361>;

Abdrakhmanova Azhar — Master of Chemistry, Shakarim University, Kazakhstan,

E-mail: zzzk2014@mail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1196-6081>.

Abstract. At present, due to the growing global energy consumption, the demand for energy sources continues to increase every year. Consequently, there is a growing need for the development of powerful energy generators and storage devices capable of delivering large amounts of energy over extended periods. Lithium-ion batteries are currently among the most widely used energy storage systems in portable electronic devices. These batteries are characterized by a high energy density and low self-discharge rate, with a specific energy reaching up to 300 Wh·kg⁻¹, which is sufficient to power even electric vehicles. However, optimization of the performance of these types of batteries under high current loads is still required. To improve the electrochemical performance of lithium-ion batteries, special attention is being paid to the development and modification of cathode materials, which play a decisive role in determining the capacity, stability, and lifetime of the cell. Various approaches, such as surface coating, doping, and structural modification, have been proposed to enhance their conductivity and structural integrity. Advanced fabrication techniques, including electrospinning and

controlled annealing, allow for the formation of nanostructured cathodes with improved ion diffusion pathways. Additionally, the introduction of conductive additives helps to minimize internal resistance and increase rate capability (C-rate). Continued research in this area aims to achieve higher efficiency, safety, and sustainability of lithium-ion energy storage systems.

Keywords: lithium-ion battery, cathode material, electrospinning, annealing, conductive additive, C-rate

© Б.Т. Кудерина^{1*}, Н.Б. Касенова¹, А.С. Хамитова¹, А.Г. Жаксыбаева²,
А.Б. Абдрахманова³, 2025.

¹Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан;

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

³Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан.

E-mail: b.kuderina@shokan.edu.kz

Li - ИОНДЫ АККУМУЛЯТОРЛАРДЫҢ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫ МЕН ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ ҮШІН ОКСИДТІ КАТОД МАТЕРИАЛДАРЫН МОДИФИКАЦИЯЛАУ

Кудерина Балкен — PhD, Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан,
E-mail: b.kuderina@shokan.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-4602-81>;

Касенова Назира — PhD, Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан,
E-mail: nazira_kassenova09@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0570-1784>;

Хамитова Анна — химия ғылымдарының кандидаты, Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан,
E-mail: aina - hamitova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6246-5976>;

Жаксыбаева Айгерим — PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

E-mail: zhaxybayeva_ag_1@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1071-3616>;

Абдрахманова Ажар — химия магистрі, Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан,
E-mail: zzzk2014@mail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1196-6081>.

Аннотация. Қазіргі уақытта жаһандық энергия тұтынудың артуына байланысты энергия көздеріне деген сұраныс жыл сайын өсіп келеді. Соның нәтижесінде үлкен көлемде энергияны ұзақ уақыт бойы жеткізе алатын қуатты генераторлар мен энергия сақтау құрылғыларын әзірлеу қажеттілігі артуда. Литий-ионды аккумуляторлар қазіргі таңда портативті электрондық құрылғыларда, сонымен қатар электр көліктерінде және стационарлық энергия сақтау жүйелерінде кеңінен қолданылатын энергия сақтау жүйелерінің бірі болып табылады. Бұл аккумуляторлар жоғары энергия тығыздығымен, ұзақ циклдік тұрақтылығымен және өзіндік разрядтың төмен деңгейімен сипатталады, олардың меншікті энергиясы 300 Вт·сағ/кг-ға дейін жетеді, бұл оларды жоғары қуатты қолданбаларда тиімді етеді. Алайда, жоғары тоқтық жүктемелер кезінде олардың жұмысын оңтайландыру, ұзақ мерзімді сенімділігін қамтамасыз ету және қауіпсіздік көрсеткіштерін арттыру әлі де өзекті ғылыми мәселе болып қала

береді. Литий-ионды аккумуляторлардың электрохимиялық сипаттамаларын жақсарту үшін катодтық материалдарды әзірлеу мен модификациялауға ерекше көңіл бөлінеді, себебі олар элементтің сыйымдылығын, циклдік тұрақтылығын және қызмет ету мерзімін анықтайтын негізгі компонент болып табылады. Өткізгіштікті және құрылымдық тұрақтылықты арттыру мақсатында беткі қабатты қаптау, допирлеу және нанокұрылымды құрылымдық модификациялар сияқты түрлі тәсілдер қолданылады. Электроспиннинг, бақыланатын отжиг және басқа заманауи технологиялар иондардың диффузия жолдарын жақсартып, жоғары өнімді катодтар алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, өткізгіш қоспаларды енгізу ішкі кедергіні азайтып, жоғары токтарда жұмыс істеу қабілетін (C-rate) арттыруға ықпал етеді. Осы бағыттағы зерттеулер литий-ионды аккумуляторларға негізделген энергия сақтау жүйелерінің тиімділігін, сенімділігін және қауіпсіздігін арттыруға бағытталған.

Түйін сөздер: литий-ионды аккумулятор, катодтық материал, электроспиннинг, күйдіру, өткізгіш қоспа, C-rate

© Б.Т. Кудерина^{1*}, Н.Б. Касенова¹, А.С. Хамитова¹, А.Г. Жаксыбаева²,
А.Б. Абдрахманова³, 2025.

¹Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан;

²Евразийский национальный университет Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

³Университет Шакарима, Семей, Казахстан.

E-mail: b.kuderina@shokan.edu.kz

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ОКСИДНЫХ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЁМКОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ LI-ИОН АККУМУЛЯТОРОВ

Кудерина Балкен — PhD, Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан,
E-mail: b.kuderina@shokan.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-4602-81>;

Касенова Назира — PhD, Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан,
E-mail: nazira_kassenova09@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0570-1784>;

Хамитова Анна — кандидат химических наук, Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова,
Кокшетау, Казахстан,

E-mail: aina - hamitova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6246-5976>;

Жаксыбаева Айгерим — PhD, Евразийский национальный университет им Л.Н. Гумилева, Астана,
Казахстан,

E-mail: zhaxybayeva_ag_1@enu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-1071-3616>;

Абдрахманова Ажар — магистр химии, университет Шакарима, Семей, Казахстан,

E-mail: zzzk2014@mail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1196-6081>.

Аннотация. В настоящее время в связи с ростом мирового энергопотребления спрос на источники энергии ежегодно продолжает увеличиваться. Вследствие этого возрастает необходимость разработки мощных генераторов и устройств накопления энергии, способных обеспечивать подачу значительных объёмов энергии в течение длительного времени. Литий-ионные аккумуляторы являются

одной из наиболее широко используемых систем хранения энергии в портативной электронике и электротранспорте. Эти системы характеризуются высокой плотностью энергии и низкой степенью саморазряда, при этом их удельная энергия достигает 300 Вт·ч/кг, что позволяет применять их даже для питания электромобилей. Однако оптимизация работы данного типа аккумуляторов при высоких токовых нагрузках остаётся актуальной научной задачей. Для повышения электрохимических характеристик литий-ионных аккумуляторов особое внимание уделяется разработке и модификации катодных материалов, которые определяют ёмкость, стабильность и срок службы ячейки. Различные технологические подходы — нанесение поверхностных покрытий, допирование и структурная модификация — применяются для повышения проводимости и улучшения механической и химической устойчивости катодов. Современные методы получения, включая электроспиннинг и контролируемый отжиг, позволяют формировать наноструктурированные катоды с оптимизированными путями диффузии ионов лития. Дополнение катодов проводящими добавками способствует снижению внутреннего сопротивления и повышению способности эффективно работать при высоких скоростях заряда-разряда (C-rate). Проводимые исследования направлены на повышение эффективности, безопасности и долговечности литий-ионных систем хранения энергии, что делает разработку новых катодных материалов и методов их модификации особенно значимой для дальнейшего прогресса энергетических технологий и расширения их практической применимости.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, катодный материал, электроспиннинг, отжиг, проводящая добавка, C-rate

Introduction. As is well known, the search for potential cathode materials for lithium-ion batteries among lithium-containing compounds continues to this day. The material from which the cathode is made is the key component of a lithium-ion battery, determining and limiting its energy capacity. Cathode materials must ensure the reversible de/intercalation of Li^+ ions corresponding to the electrochemical activity of the $\text{Me}^{x+}/\text{Me}^{y+}$ redox pair, while maintaining their structural configuration; they must also operate under high current densities and store large amounts of energy.

The most widely used cathode active materials are lithium-rich transition metal oxides, including the layered lithium cobalt oxide (LiCoO_2) (Mao et al., 2018; Demirocak et al., 2017; Zhang et al., 2015) the spinel-type lithium manganese oxide (LiMn_2O_4) (Rodríguez et al., 2018), the lithium nickel manganese cobalt oxide (LiNiMnCoO_2 or NMC) (Jana et al., 2019), and the olivine-structured lithium iron phosphate (LiFePO_4) (Li et al., 2018; Bachtin et al., 2016). Among these cathode materials, particular attention has been given to lithium iron phosphate (LiFePO_4 or LFP), discovered in 1996, which exhibits good electrochemical performance and low internal resistance. However, this type of active material is characterized by low electronic ($10^{-9} \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$) and ionic conductivity (Bachtin et al., 2018; Toprakci et al., 2011; Bruce et al., 2012; Kyeremateng, 2014).

Attempts have been made to improve the active material by introducing various conductive additives into the lithium iron phosphate-based suspension, reducing the particle size of the active material, and other approaches (Shim et al., 2003; Li et al., 2012; Liang et al., 2013).

In the present work, methods for optimizing the morphology of cathode coatings based on this material are presented through the deposition of thin layers using the electrostatic spraying technique.

Materials and methods. Experimental Section. Preparation of Suspensions for Electrostatic Spraying (Table 1).

Table 1. Composition ratios of the components

	LiFePO ₄ , %	PVDF, %	Carbon black obtained by annealing PVDF, %	Timcal Super C45, %	Nanotubes, CNT, %
Suspension 1	95	2	3		
Suspension 2	90	7		3	
Suspension 3	92	7,4			0,6
Suspension 4	88	7		4,5	0,5

The stages of suspension preparation included the following steps: 1.The polymer polyvinylidene fluoride (PVDF) (Solef 5130, Solvay) was gradually dissolved in a mixture of acetone and N,N-dimethylformamide at 60 °C for two hours. This procedure was preliminarily applied for the preparation of all four suspensions. 2.For the preparation of Suspension 1, after two hours, lithium iron phosphate (LiFePO₄, Gelon LIB Group) powder was gradually added to the polymer solution.3.For the preparation of Suspensions 2 and 4, before adding the active material, a commercial conductive additive, Timcal Super C45, was first introduced into the polymer solution after two hours of dissolution.4.For the preparation of Suspension 3, carbon nanotubes (CNT, Solvay) were added to the polymer solution prior to the introduction of LiFePO₄.5.After the addition of all components, the suspensions were stirred for 12 hours.

Electrostatic spraying was performed by adjusting the following parameters: the distance between the nozzle and the substrate – 7–12 cm, voltage –12–15 kV, and suspension feed rate — 0.008–0.012 mL/min. Annealing of the samples obtained from Suspension 1 was carried out in a tubular furnace under an argon atmosphere at 460 °C for 1 minute.

Results and Discussion. Polymers serve as sources of carbon black, which is obtained by annealing them in an inert argon atmosphere or under vacuum (Liu et al., 2013; Toprakci et al., 2012).

As shown in Figure 1a, the cathode coating based on LiFePO₄ and PVDF, obtained by the electrostatic spraying method, exhibits a fibrous structure with high porosity. Figure 1b presents the results of electrochemical testing of this cathode after thermal treatment at 460 °C for one minute.

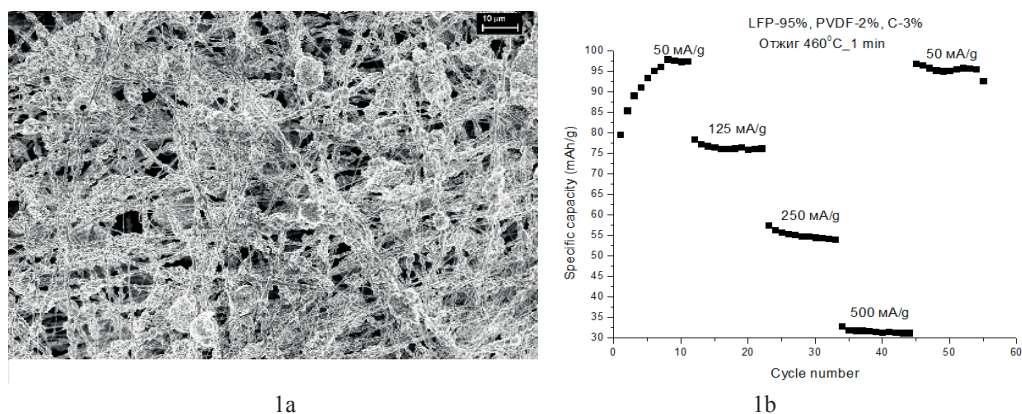


Figure 1a - Micrograph of the cathode obtained by electrostatic spraying followed by annealing at 460 °C for 1 minute; Figure 1b - Discharge capacity of the corresponding electrode

The selection of this temperature was based on the thermogravimetric analysis data of the electrospun PVDF film: in the temperature range of 400 –500 °C, active decomposition of the polymer structure occurs. Figure 2a shows the elastic PVDF film obtained by electrostatic spraying, while Figure 2b presents a micrograph of the same film after thermal treatment at 400 °C.

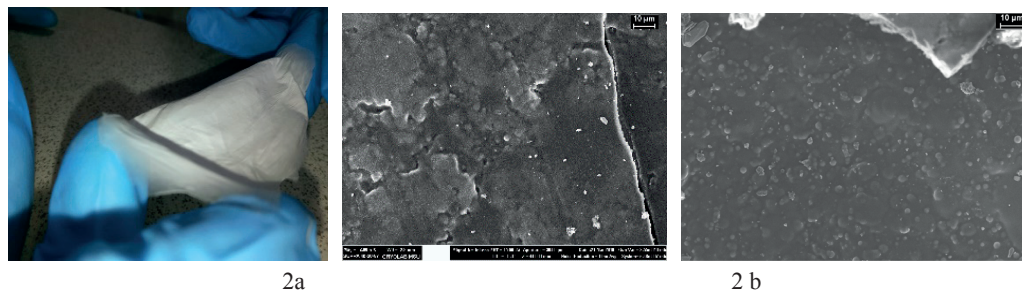
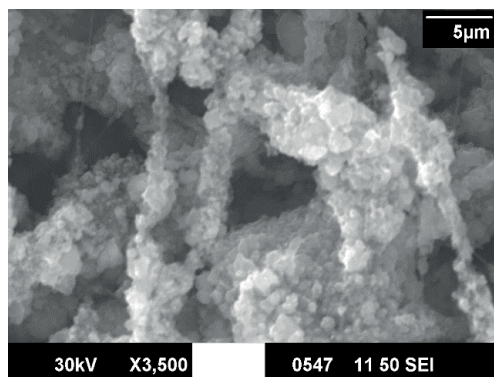


Figure 2a - PVDF film obtained by electrostatic spraying;
Figure 2b - Thermal decomposition of the electrospayed PVDF film

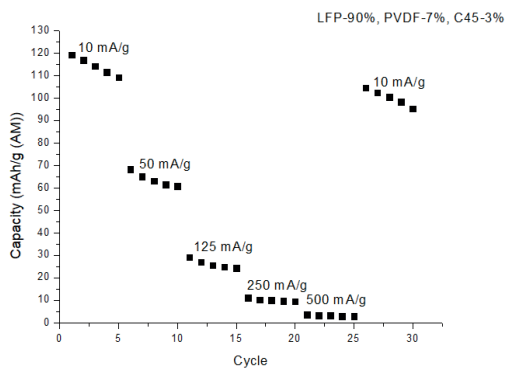
To maximize the yield of carbon black from PVDF while maintaining the adhesion of the electrode coating to the current collector, 460 °C was selected as the optimal temperature for these purposes. As a result of annealing, the obtained cathode with a composition of 95%, 2%, and 3% of LiFePO_4 , PVDF, and carbon, respectively, demonstrated specific discharge capacities of 95, 75, 55, 30, and 95 mA·h/g at current densities of 50, 125, 250, 500, and 50 mA/g of active material, respectively.

Electrostatic spraying also enables the fabrication of cathode coatings with the addition of commercial conductive additives. In Figure 3a, the electrode coating containing 3% of the commercial conductive additive Timcal Super C45 exhibits a porous structure; however, its specific discharge capacity is inferior to that of the positive electrode obtained from suspension 1. At current densities of 10, 50, 125, 250,

500, and 10 mA/g, the cathode prepared from suspension 2 demonstrates discharge capacities of 105, 60, 20, 10, 2, and 90 mA·h/g of LFP, respectively (Figure 3b).



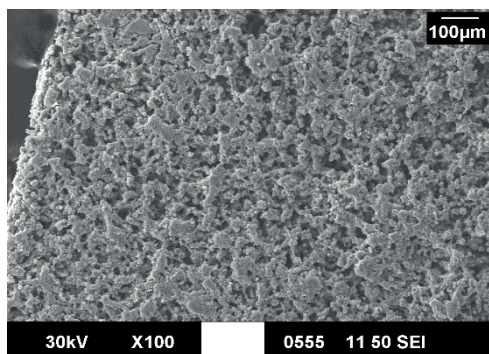
3 a



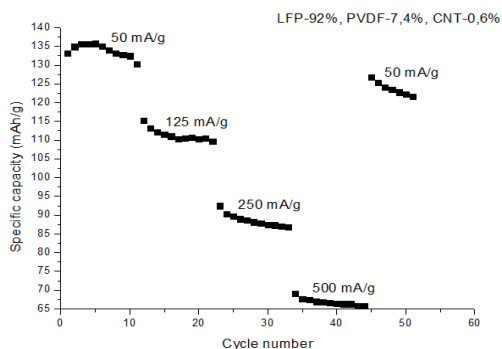
3 b

Figure 3a - Micrograph of the cathode obtained by electrospinning with the addition of 3% Timcal Super C45; Figure 3b - Discharge capacity of the corresponding electrode.

The addition of single-walled carbon nanotubes significantly densifies the cathode coating, as shown in Figure 4a, while still maintaining its porosity. The nanotubes enhance the C-rate performance of the electrode, exhibiting specific capacities of 130, 110, 85, 65, and 120 mA·h/g of active material at current densities of 50, 125, 250, 500, and 50 mA/g LFP, respectively (Figure 4b).



4 a

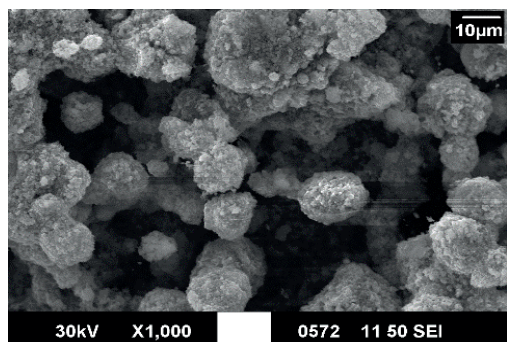


4 b

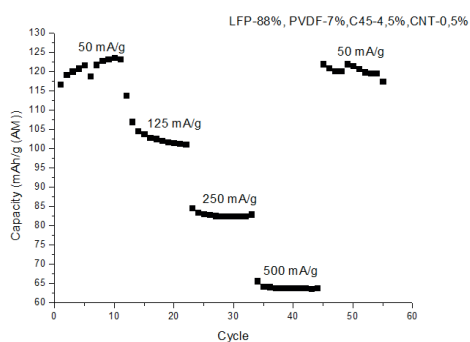
Figure 4a - Cathode obtained by electrospinning with the addition of 0.6% CNT;
Figure 4b - Discharge capacity of the corresponding electrode

The positive electrode with the simultaneous addition of two types of commercial conductive additives - Timcal Super C45 and single-walled carbon nanotubes (CNTs) - forms a sufficiently porous coating (Figure 5a). The active material containing Timcal Super C45 and CNTs develops large and small rounded agglomerates that are randomly distributed throughout the coating thickness. It is likely that the presence of such agglomerates prevents the simultaneous addition of both conductive additives from

improving the C-rate performance of this positive electrode. At current densities of 50, 125, 250, 500, and 50 mA per gram of LFP, the capacity of this cathode is 120, 100, 80, 63, and 120 mA·h/g, respectively (Figure 5b).



5 a



5 b

Figure 5a - Cathode obtained by electrospinning with the addition of 4.5% Timcal Super C45 and 0.5% CNT; Figure 5b - Discharge capacity of this electrode.

Conclusion. Thus, the conducted research demonstrates that the annealing of positive electrodes obtained by electrostatic spraying enables the formation of cathodes with improved structural stability and electrochemical performance at high current densities. Thermal treatment at 460 °C in an inert argon atmosphere facilitates partial carbonization of the PVDF binder, forming a thin conductive carbon network that enhances the overall electronic conductivity of the electrode without compromising its adhesion to the current collector.

The results indicate that the incorporation of 3% Timcal Super C45 conductive additive into the LiFePO_4 -based suspension does not significantly improve the electrochemical behavior of the cathode. However, the fibrous morphology of the coating is well preserved, maintaining sufficient porosity for effective lithium-ion diffusion.

In contrast, the addition of single-walled carbon nanotubes (CNTs), either alone or in combination with Timcal Super C45, significantly improves the specific discharge capacity of the electrospayed cathodes, particularly under higher current rates. This enhancement can be attributed to the formation of an interconnected conductive network of CNTs, which facilitates electron transport across the electrode structure. Nevertheless, the inclusion of CNTs and mixed additives results in a denser and less porous coating, which may slightly limit ion transport at very high C-rates.

Overall, the study confirms that careful optimization of electrode composition and thermal treatment parameters plays a crucial role in achieving a balance between conductivity, porosity, and structural integrity, ultimately contributing to improved performance of LiFePO_4 - based cathodes for high-rate lithium-ion batteries.

References

- Mao J.K., Li J., Xu Zh. (2018) Coupling reactions and collapsing model in the roasting process of recycling metals from LiCoO_2 batteries. *Journal of Cleaner Production*. — Vol. 205. — P. 923-929. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.098> (in English)
- Demirocak D.E., Srinivasan S.S., Stefanakos E.K. (2017) A Review on Nanocomposite Materials for Rechargeable Li-ion Batteries. *Applied Sciences*. — Vol. 7. — № 7. — P. 731. DOI:10.3390/app7070731 (in English)
- Zhang Ch., Liang Y., Yao L., Qiu Y. (2015) Effect of thermal treatment on the properties of electrospun LiFePO_4 – carbon nanofiber composite cathode materials for lithium-ion batteries, *Journal of Alloys and Compounds*. — Vol. 627. — P. 91–10. DOI:10.1016/j.jallcom.2014.12.067 (in English)
- Rodríguez R.A., Pérez-Cappe E.L., Laffita Y.M., Ardanza A.C., Salazar J.S., Santos M.Á., Miguel A., Frutis A., Nelcy Della Santina Mohalem, Oswaldo Luiz Alves (2018) Structural defects in LiMn_2O_4 induced by gamma radiation and its influence on the Jahn-Teller effect. *Solid State Ionics*. — Vol. 324. — P. 77-86 (in English)
- Jana A., Shaver G.M., García R.E. (2019) Physical, on the fly, capacity degradation prediction of LiNiMnCoO_2 -graphite cells. *Journal of Power Sources*. — Vol. 422. — P.85-195, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour> (in English)
- Li Y., Wang J., Yao J., Huang H. X., Du Zh. Q., Gu H, Wang Zh. T. (2018) Enhanced cathode performance of LiFePO_4/C composite by novel reaction of ethylene glycol with different carboxylic acids. *Materials Chemistry and Physics*. — Vol. 224. — P. 293-300 <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys> (in English)
- Bachtin M., Kaus M., Pfaffmann L., Indris S., Knapp M., Roth Ch., Ehrenberg H. (2016) Comparison of electrospun and conventional LiFePO_4/C composite cathodes for Li-ion batteries, *Materials Science and Engineering B*. — Vol. 213. — P. 98-104. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.mseb.2016.04.006> (in English)
- Bachtin K., Kramer D., Chakravadhanula V.S.Kiran, Mu Xi., Trouillet V., Kaus M., Indris S., Ehrenberg H., Roth Ch. (2018) Activation and degradation of electrospun LiFePO_4 battery cathode. *Journal of Power Sources*. *Journal of Power Sources*. — Vol. 396. — P.386-394, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.06.051> (in English)
- Toprakci O., Ji L, Lin Zh., Hatice A.K. Toprakci, Zhang Xi. (2011) Fabrication and electrochemical characteristics of electrospun $\text{LiFePO}_4/\text{carbon}$ composite fibers for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*. — Vol.196. — P.7692–7699. doi:10.1016/j.jpowsour. 2011.04.031 (in English)
- Bruce P.G., Freunberger S.A., Hardwick L.J., Tarascon J.M. (2012) Li-O and Li-S batteries with high energy storage. *Nature Materials*. — Vol. 11. — P. 19-29 DOI: 10.1038/nmat3191 (in English)
- Kyeremateng N.A. (2014) Self-Organised TiO_2 Nanotubes for 2D or 3D Li-Ion Microbatteries *Chemelectrochem*. — Vol. 1. — № 9. — P. 1442-1466. DOI:10.1002/celc.201402109 (in English)
- Shim, J., Guerfi, A. Zaghib, K., Striebel K.A. (2003) Effect of conductive additives in LiFePO_4 cathode for lithium-ion batteries. —374. 204th Meeting. The Electrochemical Society, Inc., <https://escholarship.org/uc/item/7c18j1tw> (in English)
- Li X.L., Zhang Y.L., Song H.F., Du K., Wang H., Li H.Y., Huang J.M. (2012) The Comparison of Carbon Conductive Additives with Different Dimensions on the Electrochemical Performance of LiFePO_4 Cathode. *International Journal of Electrochemical Science*. — Vol.7. — P.7111 – 7120. DOI:10.1016/S1452-3981(23)15771-3 (in English)
- Liang H., Zhang L. Reducing the particle size of LiFePO_4 enabled by yeast (2013) *Russian Journal of Electrochemistry*. —Vol.49. — 10. — P.960–962. <https://doi.org/10.1134/S1023193513150019> (in English)
- Liu J., Liu W., Ji Sh., Zhou Yi., Hodgson P., Li Y. (2013) Electrospun Spinel $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ Hierarchical Nanofibers as 5V Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries. *Chempluschem communications*. — Vol.78. — №7. — P.636641. <https://doi.org/10.1002/cplu.201300180> (in English)
- Toprakci O., Hatice A.K. Toprakci, Ji L., Xu G., Zhan L. and Zhang X. (2012) Carbon Nanotube-Loaded Electrospun $\text{LiFePO}_4/\text{Carbon}$ Composite Nanofibers as Stable and Binder-Free Cathodes for Rechargeable Lithium-Ion Batteries. *Applied Materials and Interfaces*. — Vol. 4. — P.1273–1280. <https://doi.org/10.1021/am201527r> (in English)

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 23.12.2025.

Формат 60х88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 4.

«Central Asian Academic Research Center» LLP

Алматы, Қонаев к-сі, 142