

**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№3  
2025**

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



CENTRAL ASIAN ACADEMIC  
RESEARCH CENTER



**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF CHEMISTRY**

**3 (464)**

**July – September 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>

**ZHOROBKOVA 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](mailto: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 (Қарағанды, 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 Еноквич** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жана 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-Маджид Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдар 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 Драгметұлы**, 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)

Меншіктеуші: «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/arithiv>

© «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 Мылжасарович** (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>

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

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

**ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углекислоты (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 Джурбай 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](mailto:orgcat@nursat.kz)

## CONTENTS

<b>A.D. Alakhunova, L.E. Agibayeva, R.A. Mangazbayeva</b> Obtaining of methylcellulose-based hydrogels using radiation treatment method.....	11
<b>A.P. Auyeshov, K.T. Arynov, Ch.Z. Yeskibayeva</b> Resource and economic efficiency of serpentinite waste utilization for the production of inorganic magnesium compounds.....	29
<b>S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva, A. Aldiyarova, N. Sovet, B. Baktiyarov</b> Production of biopolymer from starch as an alternative to artificial polymer and study of its biodegradable properties.....	41
<b>G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, A. Darmenbayeva, G.B. Aubakirova</b> The influence of production methods on the selectivity and stability of Co-containing catalysts for Fischer-Tropsch synthesis.....	64
<b>B.K. Kenzhaliyev, A.K. Koizhanova, T.Yu. Surkova, Z.D. Dosymbayeva, D.M. Yessimova</b> Investigation of the modes and parameters of gold leaching from man-made raw materials.....	75
<b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, L.M. Kalimoldina, S.O. Abilkasova</b> Synthesis and sorption properties of new selective sorbents based on crown ethers...	92
<b>E. Kairatuly, E.K. Assembayeva, A.Zh Bozhbanov, D.E. Nurmukhanbetova, E.Zh. Gabdullina</b> Evaluation of physicochemical indicators of combined fermented milk products...	102
<b>A.B. Kuandykova, B.Zh. Dzhiembaev, N.I. Akylbekov, A.B. Dobrynin</b> Molecular and crystal structures of 4-dimethoxyphosphoryltetrahydropyran (thiopyran)-4-ol.....	115
<b>R.M. Kudaibergenova, S.A. Orynbayev, E.A. Baibazarova, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova</b> Technological pathways for sustainable wastewater treatment.....	127
<b>G.M. Madybekova, A.B. Issayeva, B.Zh. Mutaliyeva, S.S. Bitursyn</b> Physicochemical properties of microcapsules based on natural polymers containing probiotic microorganisms.....	140
<b>M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva, M.A. Nurbekova, M.R. Abdraimova, K.Zh. Seitbekova</b> Synthesis and morphological analysis of $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ composite.....	155

<b>Z. Muldakhmetov, S. Fazylov, O. Nurkenov, Zh. Akhmetkarimova, O. Seilkhanov</b> Synthesis and properties of new naphthyl-containing thiosemicarbazides and thioureas.....	166
<b>U. Nazarbek, P. Abdurazova, G. Kambarova, Y. Raiymbekov</b> Machine learning-based prediction of temperature-driven solubility changes in aqueous salt solutions.....	184
<b>R.S. Orazbekova, S.A. Tungatarova, A.E. Tolembek, A.O. Aidarova, M.K. Yerkiabaeva</b> Catalytic processing of renewable raw materials into hydrogen-containing fuel mixtures.....	194
<b>S.K. Rakhimova, R.I. Jalmakhanbetova, G.K. Mukusheva, A.A. Asylbekova, Zh. Zh. Zhumagaliyeva</b> Spectroscopic analysis of methanol extract of <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. and study of its antibacterial activity.....	207
<b>R.K. Rakhmetullaeva, B. Khavilkhairat, N.B. Sarova, G.O. Rvaidarova, A.N. Nurlybayeva</b> Copolymers based on acrylic acid for water purification from heavy metal ions.....	219
<b>A.N. Sabitova, Zh.S. Kassymova, R.E. Mukiyanova, B.B. Bayahmetova, N.N. Nurgaliev</b> Investigation of the effectiveness of metallurgical slags in fertilizer production.....	233
<b>E.T. Talgatov, D.A. Bibatyrova, A.A. Naizabaev, S.A. Kuttybayeva, A.Z. Abilmagzhanov</b> Selective hydrogenation of phenylacetylene over polymer-modified Pd catalysts immobilized on inorganic supports.....	243
<b>S. Tyanakh, T.O. Khamitova, A.P. Nauanova, D.M. Kereevna, A.S. Darmenbayeva</b> Study of the properties of humic acids synthesized from brown coal of the Kuznetsk and the Kumuskuduk deposits.....	255
<b>A.A. Turgunbaeva, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova</b> Investigation of the chemical composition of the chloroform extract of <i>Rheum Tataricum</i> L. f. By gas-chromatography.....	275

## МАЗМҰНЫ

<b>Ә.Д. Алахунова, Л.Э. Агибаева, Р.А. Мангазбаева</b> Метилцеллюлоза негізінде гидрогельдерді радиациялық өңдеу әдісімен алу.....	11
<b>А.П. Ауешов, К.Т. Арынов, Ч.З. Ескибаева</b> Магнийдің бейорганикалық қосылыстарын алу мақсатында серпентинитті қайта өңдеудің ресурстық және экономикалық тиімділігі.....	29
<b>С. Дүзелбаева, Б. Иманғалиева, А. Алдиярова, Н. Совет, Б. Бақтияров</b> Жасанды полимерге балама ретінде крахмалдан биополимер алу және оның биоыдырау қасиеттерін зерттеу.....	41
<b>Г.Д. Джетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садықов, А. Дарменбаева, Г.Б. Аубакирова</b> Фишер-Тропш синтезінің Со-құрамды катализаторларының талғамдылығы мен тұрақтылығына дайындау әдістерінің әсері.....	64
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, Т.Ю. Суркова, З.Д. Досымбаева, Д.М. Есимова</b> Техногендік шикізаттан алтынды сілтілеудің режимдері мен параметрлерін зерттеу.....	75
<b>М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, Л.М. Калимолдина, С.О. Әбілқасова</b> Краун-эфирлер негізіндегі жаңа талғамды сорбенттердің синтезі мен сорбциялық қасиеттері.....	92
<b>Е. Қайратұлы, Э. К. Асембаева, А.Ж. Божбанов, Д.Е. Нурмуханбетова, Е.Ж. Габдуллина</b> Құрамдастырылған сүтқышқылды өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштерін бағалау.....	102
<b>А.Б. Қуандықова, Б.Ж. Джиембаев, Н.И. Акылбеков, А.Б. Добрынин</b> 4-Диметоксифосфорилтетрагидропиран(тиопиран)-4-олдардың молекулалық және кристалдық құрылымдары.....	115
<b>Р.М. Құдайбергенова, С.А. Орынбаев, Е.А. Байбазарова, Қ.Б. Бөлекбаева, Г.А. Сейтбекова</b> Ағынды суларды тұрақты тазартудың технологиялық жолдары.....	127
<b>Г.М. Мадыбекова, А.Б. Исаева, Б.Ж. Муталиева, С.С. Битурсын</b> Табиғи полимерлер негізіндегі, пробиотикалық микроорганизмдер қамтылған микрокапсулалардың физика-химиялық қасиеттері.....	140



<b>М.М. Матаев, З.Б. Сарсенбаева, М.А. Нурбекова, М.Р. Абдраимова, К.Ж. Сейтбекова</b> $FE_{0.84}MN_{1.12}O_3-IN_{0.12}FE_{1.88}O_3$ композитінің синтезі және морфологиялық талдауы.....	155
<b>З. Молдахметов, С. Фазылов, О. Нүркенов, Ж. Ахметкәрімова, О. Сейілханов</b> Жаңа нафтилді тиосемикарбазидтер мен тиомочевиналардың синтезі мен қасиеттері.....	166
<b>У. Назарбек, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова, Е. Райымбеков</b> Сулы ерітінділердегі тұздардың ерігіштігінің температуралық өзгерістерін машиналық оқыту әдістерімен болжау.....	184
<b>Р.С. Оразбекова, С.А. Тунгатарова, А.Е. Төлембек, А.О. Айдарова, М.Қ. Еркібаева</b> Жаңартылатын шикізатты құрамында сутегі бар отын қоспаларына дейін каталитикалық өңдеу.....	194
<b>С.Қ. Рахимова, Р.И. Джалмаханбетова, Г.К. Мукушева, А.А. Асылбекова, Ж.Ж. Жумагалиева</b> <i>Ziziphora Bungeana</i> Juz. метанолды сығындысын спектроскопиялық талдау және оның бактерияға қарсы белсенділігін зерттеу.....	207
<b>Р.Қ. Рахметуллаева, Б. Хавилхайрат, Н.Б. Сарова, Г.О. Рвайдарова, А.Н. Нурлыбаева</b> Ауыр металл иондарынан су тазалауға арналған акрил қышқылы негізіндегі сополимерлер.....	219
<b>А.Н. Сабитова, Ж.С. Касымова, Р.Е. Мукиянова, Б.Б. Баяхметова, Н.Н. Нургалиев</b> Тыңайтқыштар өндірісіндегі металлургиялық шлактардың тиімділігін зерттеу.....	233
<b>Э.Т. Талғатов, Д.А. Бибатырова, А.А. Найзабаев, Ш.Ә. Құттыбаева, А.З. Абильмагжанов</b> Бейорганикалық тіректерде иммобилизацияланған полимермен модификацияланған PD катализаторлары бойынша фенилацетиленді селективті гидрогенизациялау.....	243
<b>С. Тянах, Т.О. Хамитова, А.П. Науанова, Д.М. -Кереевна, А.С. Дарменбаева</b> Кузнецк және Күмісқұдық қоңыр көмірінен синтезделіп алынатын гумин қышқылдарының қасиеттерін зерттеу.....	255
<b>А.А. Тургунбаева, Н.Г. Гемеджиева, Н.А. Султанова</b> <i>Rheum Tataricum L. f.</i> өсімдігінің хлороформ сығындысының химиялық құрамын газ хроматография әдісімен зерттеу.....	275

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>A.D. Alakhunova, L.E. Agibayeva, R.A. Mangazbayeva</b> Получение гидрогелей на основе метилцеллюлозы методом радиационной обработки.....	11
<b>A.P. Auyeshov, K.T. Arynov, Ch.Z. Yeskibayeva</b> Ресурсная и экономическая эффективность утилизации отходов серпентинита для производства неорганических соединений магния.....	29
<b>S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva, A. Aldiyarova, N. Sovet, B. Baktiyarov</b> Получение биополимера из крахмала как альтернатива искусственному полимеру и исследование его биоразлагаемых свойств.....	41
<b>G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, A. Darmenbayeva, G.B. Aubakirova</b> Влияние методов получения на селективность и стабильность катализаторов, содержащих кобальт, для синтеза по Фишеру-Тропшу.....	64
<b>B.K. Kenzhaliyev, A.K. Koizhanova, T.Yu. Surkova, Z.D. Dosymbayeva, D.M. Yessimova</b> Исследование режимов и параметров выщелачивания золота из техногенного сырья.....	75
<b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, L.M. Kalimoldina, S.O. Abilkasova</b> Синтез и сорбционные свойства новых селективных сорбентов на основе краун-эфиров.....	92
<b>E. Kairatuly, E.K. Assembayeva, A.Zh. Bozhbanov, D.E. Nurmukhanbetova, E.Zh. Gabdullina</b> Оценка физико-химических показателей комбинированных кисломолочных продуктов.....	102
<b>A.B. Kuandykova, B.Zh. Dzhiembaev, N.I. Akyzbekov, A.B. Dobrynin</b> Молекулярные и кристаллические структуры 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран(тиопиран)-4-ола.....	115
<b>R.M. Kudaibergenova, S.A. Orynbayev, E.A. Baibazarova, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova</b> Технологические пути устойчивой очистки сточных вод.....	127
<b>G.M. Madybekova, A.B. Issayeva, B.Zh. Mutaliyeva, S.S. Bitursyn</b> Физико-химические свойства микрокапсул на основе природных полимеров, содержащих пробиотические микроорганизмы.....	140

<b>M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva, M.A. Nurbekova, M.R. Abdraimova, K.Zh. Seitbekova</b> Синтез и морфологический анализ композита Fe <sub>0.84</sub> Mn <sub>1.12</sub> O <sub>3</sub> -In <sub>0.12</sub> Fe <sub>1.88</sub> O <sub>3</sub> .....	155
<b>Z. Muldakhmetov, S. Fazylov, O. Nurkenov, Zh. Akhmetkarimova, O. Seilkhanov</b> Синтез и свойства новых нафтилилсодержащих тиосемикарбазидов и тиомочевин.....	166
<b>U. Nazarbek, P. Abdurazova, G. Kambarova, Y. Raiymbekov</b> Прогнозирование изменений растворимости солей в воде в зависимости от температуры с использованием машинного обучения.....	184
<b>R.S. Orazbekova, S.A. Tungatarova, A.E. Tolembek, A.O. Aidarova, M.K. Yerkibaeva</b> Каталитическая переработка возобновляемого сырья в водородсодержащие топливные смеси.....	194
<b>S.K. Rakhimova, R.I. Jalmakhanbetova, G.K. Mukusheva, A.A. Asylbekova, Zh. Zh. Zhumagaliyeva</b> Спектроскопический анализ метанольного экстракта <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. и исследование его антибактериальной активности.....	207
<b>R.K. Rakhmetullaeva, B. Khavilkhairat, N.B. Sarova, G.O. Rvaidarova, A.N. Nurlybayeva</b> Кополимеры на основе акриловой кислоты для очистки воды от ионов тяжёлых металлов.....	219
<b>A.N. Sabitova, Zh.S. Kassymova, R.E. Mukiyanova, B.B. Bayahmetova, N.N. Nurgaliev</b> Исследование эффективности металлургических шлаков при производстве удобрений.....	233
<b>E.T. Talgatov, D.A. Bibatyrova, A.A. Naizabaev, S.A. Kuttybayeva, A.Z. Abilmagzhanov</b> Селективное гидрирование фенилэтина на модифицированных полимерами PD-катализаторах, иммобилизованных на неорганических носителях.....	243
<b>S. Tyanakh, T.O. Khamitova, A.P. Nauanova, D.M. Kereevna, A.S. Darmenbayeva</b> Исследование свойств гуминовых кислот, синтезированных из бурого угля Кузнецкого и Кумускудукского месторождений.....	255
<b>A.A. Turgunbaeva, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova</b> Исследование химического состава хлороформного экстракта <i>Rheum</i> <i>Tataricum</i> L. f. методом газовой хроматографии.....	275

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.307>

FTMP 31.17.15

ӨЖ 54.057

© M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva\*, M.A. Nurbekova, M.R. Abdramova,  
K.Zh. Seitbekova, 2025.

Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sarsenbayeva.zamira@qyzpu.edu.kz

### SYNTHESIS AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS

#### OF $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$ - $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ COMPOSITE

**Mataev Mukhametkali Musagalievich** — doctor of chemical sciences, professor, Kazakh national women's teacher training university, Department of Chemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: mataev\_06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7258-3338>;

**Sarsenbayeva Zamira Berkbaykizi** — master of pedagogical sciences, lecturer, Kazakh national women's teacher training university, Department of Chemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: sarsenbayeva.z@qyzpu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7434-0441>;

**Nurbekova Marzhan Abdyzhaparovna** — candidate of chemical sciences, acting associate prof., Kazakh national women's teacher training university, Department of Chemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: marzhan85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7258-3338>;

**Abdramova Moldir Rashidovna** — PhD, acting associate prof., Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: abdrainova87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8040-512>;

**Seitbekova Karima Zhaisanbekkyzy** — PhD, Senior Lecturer, Kazakh national women's teacher training university, Department of Chemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: karina-14@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5261-0482>.

**Abstract.** In recent years, the synthesis of multifunctional perovskite-structured materials has attracted growing attention due to their unique structural and morphological features, which provide opportunities for novel functional applications. The aim of the present study was to synthesize a composite material based on  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  and  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  and to conduct a comprehensive investigation of its phase composition, crystallographic characteristics, and morphological properties. The samples were synthesized by the Pechini method employing a sol-gel route. The phase composition and crystallographic parameters were determined using X-ray diffraction (XRD), and the average crystallite size was estimated via the Scherrer equation. Surface morphology and elemental distribution were analyzed by scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). XRD analysis revealed that the  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  phase crystallizes in the cubic Ia-3 (206) space group, whereas the  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  phase belongs to the orthorhombic Pna21 (33) group. SEM micrographs at 10  $\mu\text{m}$  resolution showed an average particle size of 0.547  $\mu\text{m}$ , while

EDX confirmed homogeneous elemental distribution. Furthermore, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) indicated the vibrational modes of metal–oxygen bonds, with a characteristic absorption band at  $666\text{ cm}^{-1}$  corresponding to Fe–O and Mn–O linkages. These findings demonstrate that Fe–Mn and In–Fe based oxides can form a structurally stable and morphologically uniform composite with significant potential for applications in electrochemical and catalytic systems.

**Keywords:** stoichiometric perovskite, composite material, X-ray phase analysis, SEM, Scherrer equation

© М.М. Матаев, З.Б. Сарсенбаева\*, М.А. Нурбекова, М.Р. Абдраимова, К.Ж. Сейтбекова, 2025.

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: sarsenbayeva.zamira@qyzpu.edu.kz

### $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ КОМПОЗИТИНІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ

**Матаев Мухаметкали Мусағалиевич** — химия ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Химия кафедрасы, Алматы, Қазақстан, E-mail: mataev\_06@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9057-5443>;

**Сарсенбаева Замира Беркбайқызы** — педагогикалық ғылымдар магистрі, оқытушы, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Химия кафедрасы, Алматы, Қазақстан, E-mail: sarsenbayeva.z@qyzpu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7434-0441>;

**Нурбекова Маржан Абдыжапаровна** — химия ғылымдарының кандидаты, қауым.проф.м.а., Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Химия кафедрасы, Алматы, Қазақстан, E-mail: marzhan85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7258-3338>;

**Абдраимова Молдир Рашидовна** — PhD, қауым. профессор м.а., Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: abdraimova87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8040-512>;

**Сейтбекова Кәрима Жайсаңбекқызы** — PhD, аға оқытушы. Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Химия кафедрасы, Алматы, Қазақстан, E-mail: karina-14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5261-0482>.

**Аннотация.** Қазіргі таңда перовскит құрылымды көпфункционалы материалдарды синтездеу ғылыми тұрғыда ерекше қызығушылық тудырып отыр, себебі олардың құрылымдық және морфологиялық ерекшеліктері жаңа функционалдық қасиеттерге жол ашады. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты –  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  және  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  негізіндегі композициялық материалды синтездеп, оның құрылымдық және морфологиялық сипаттамаларын жан-жақты талдау. Мұндай астехиометриялық перовскиттерді синтездеуге арқау болған классикалық 3D перовскиттермен салыстырғанда көпфункционалы қасиеттері мен құрылысының өзгеруі. Синтездеу үшін золь-гель әдісіне негізделген Печини әдісі қолданылды. Фазалық құрамы мен кристаллографиялық мәндері рентген фазалы талдау (XRD) әдісі арқылы анықталды. Ал, беттік микроөлшемі мен элементтік таралу картасы сканерлеуші электронды микроскоп (SEM) құрылғысында талданды. XRD нәтижелерінен алынған ең жоғарғы интенсивті шындрдағы сандық мәліметтерге

негізделе отырып Шеррер теңдеуі арқылы композиттің орташа микроөлшемдері анықталды. Алынған нәтижелер бойынша ұнтақ өнім құрамындағы  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  фазасы кубты Ia-3 (206) кеңістіктік тобында, ал  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  фазасы кубты Pna21 (33) кеңістіктік тобында түзілгендігі анықталды. Сондай-ақ, SEM нәтижері бойынша 10  $\mu\text{m}$  микросуреттегі беттік орташа өлшемі 0,547  $\mu\text{m}$  екендігі анықталды. Сонымен қатар, энергия-дисперсиялық рентгендік спектроскопия (EDX) талдауы элементтердің біркелкі таралуын көрсетті. FTIR (Фурье түрлендіру инфрақызыл спектроскопиясы) металл–оттегі байланыстарының тербеліс модаларын көрсетті: 666  $\text{cm}^{-1}$  аймағындағы негізгі шың Fe–O және Mn–O байланыстарына сәйкес келді. Бұл нәтижелер Fe–Mn және In–Fe негізіндегі оксидтердің бірігуі құрылымдық тұрақтылығын әрі морфологиялық тұрғыдан жаңа композит түзе алатынын көрсетті.

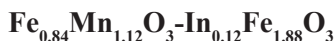
**Түйін сөздер:** астехиометриялық перовскит, композит материал, рентгендік талдау, SEM, Шеррер теңдеуі

© М.М. Матаев, З.Б. Сарсенбаева\*, М.А. Нурбекова, М.Р. Абдраимова, К.Ж. Сейтбекова, 2025.

Казахский национальный женский педагогический университет,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: sarsenbayeva.zamira@qyzpu.edu.kz

## СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИТА



**Матаев Мухаметкали Мусағалиевич** — доктор химических наук, профессор, Казахский национальный женский педагогический университет, кафедра Химии, Алматы, Казахстан,  
E-mail: mataev\_06@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9057-5443>;

**Сарсенбаева Замира Беркбайқызы** — магистр педагогических наук, преподаватель, Казахский национальный женский педагогический университет, кафедра Химии, Алматы, Казахстан,  
E-mail: sarsenbayeva.z@qyzpu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7434-0441>;

**Нурбекова Маржан Абдыжапаровна** — кандидат химических наук, и.о. асоц. профессор, Казахский национальный женский педагогический университет, кафедра Химии, Алматы, Казахстан,  
E-mail: marzhan85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7258-3338>;

**Абдраимова Молдир Рашидовна** — PhD, и.о. асоц. профессор, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,  
E-mail: abdraimova87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8040-512>;

**Сейтбекова Карима Жайсанбекқызы** — PhD, старший преподаватель, Казахский национальный женский педагогический университет, кафедра Химии, Алматы, Казахстан,  
E-mail: karina-14@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5261-0482>][<https://orcid.org/0000-0001-5261-0482>]

**Аннотация.** В последние годы синтез multifunctional материалов с перовскитной структурой привлекает особое внимание исследователей, так как их уникальные структурные и морфологические характеристики открывают новые возможности для практического применения. Цель настоящей работы заключалась в синтезе композиционного материала на основе  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  и

$\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  и комплексном исследовании его фазовых, кристаллографических и морфологических свойств. Синтез образцов был осуществлён методом Печини на основе золь-гель технологии. Фазовый состав и параметры кристаллической решётки определялись методом рентгенофазового анализа (XRD), а средний размер кристаллитов рассчитывался по уравнению Шеррера. Морфология поверхности и распределение элементов исследовались с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX). Согласно результатам XRD, фаза  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  формируется в кубической сингонии Ia-3 (206), а фаза  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  соответствует пространственной группе Pna21 (33). SEM-анализ показал, что средний размер частиц составляет 0,547  $\mu\text{m}$  при масштабе 10  $\mu\text{m}$ , а EDX подтвердила равномерное распределение элементов. FTIR-спектроскопия зафиксировала характерные колебания связей Fe–O и Mn–O в области 666  $\text{cm}^{-1}$ . Полученные результаты подтверждают о возможности формирования структурно устойчивого и морфологически однородного композита, перспективного для применения в электрохимических и каталитических системах.

**Ключевые слова:** астехиометрический перовскит, композиционный материал, рентгеновский анализ, SEM, уравнение Шеррера

**Кіріспе.** Перовскиттер – бұл  $\text{ABX}_3$  (A – кубтың бұрыштарында орналасқан катион, B – кубтың центрінде орналасқан катион, X – әдетте оттегі немесе галоген болатын анион, ол кубтың қырларының орталықтарын толтыратын) құрылымға ие кристалдық материалдар. Бұл құрылым өзінің атауын перовскит минералына (кальций титанаты,  $\text{CaTiO}_3$ ) байланысты алған. (Arya et al., 2020; Bispo-Jr et al., 2022). Олар A және/немесе B позицияларында периодтық кестедегі металдардың шамамен 90%-ын құрылымдық тұрақтылығын сақтай отырып енгізе алады. Бұл катиондық алмастырудың толық немесе жартылай жүзеге асырылуы арқылы айрықша қасиеттерге ие жаңа қосылыстардың кең көлемде синтездеуге мүмкіндік береді (Ramya et al., 2025; Mantilla et al., 2024). Перовскит құрылымының кубтық симметриясы және деформацияға икемділігі бұл материалдарды материалтану саласында, әсіресе электроникада, өткізгіштік және күн энергиясын түрлендіру технологияларында кеңінен зерттелетін маңызды материалдық жүйеге айналдырады (Lee et al., 2025). Олардың ішінде  $\text{FeMnO}_3$  перовскиттік құрылымы кең таралуы, экологиялық тұрғыдан қауіпсіз өндіріс тәсілдері және жоғары электрохимиялық сипаттамалары арқасында көптеген зерттеушілердің қызығушылығын тудырады (Abdollah Lachini et al., 2025).

Манганиттер, жалпы  $\text{A}_{1-x}\text{R}_x\text{MnO}_3$  формуласымен сипатталатын, құрамында әртүрлі A және R катиондары болғандықтан және марганец иондарының аралас валенттілігіне байланысты ерекше электрлік әрі магниттік қасиеттерге ие (Kresin, 2005; Barber, 2007). Бұл жүйеде заряд, тор, спин және орбиталь дәрежелерінің өзара бәсекелестігі күрделі физикалық қасиеттер мен құбылыстардың пайда болуына әкеледі.  $\text{A}_{1-x}\text{R}_x\text{MnO}_3$  құрамындағы Mn ионы аралас валентті күйде болады ( $\text{Mn}^{3+}$  және  $\text{Mn}^{4+}$ ) және алты оттегі ионымен координацияланып,  $\text{MnO}_6$  октаэдрін түзеді.  $\text{Mn}^{3+}$ -O-Mn<sup>4+</sup> арасындағы қосарлы алмасу ферромагниттік реттелуге ықпал етсе

(Geilhufe et al., 2019; Mohanta et al., 2019),  $Mn^{3+}$ -O- $Mn^{3+}$  (Matou et al., 2017) және  $Mn^{4+}$ -O- $Mn^{4+}$  супералмасу процестері антиферромагниттік реттелуге алып келеді (Leonarska et al., 2017; Madkhli, 2024). Электрондар мен тордың өзара әрекеттесуі Яна-Теллерлік бұрмалануға және  $MnO_6$  октаэдрлерінің пішінінің өзгеруіне себеп болады (Przybytek et al., 2018). Бұл құбылыстар парамагниттік күйден ферромагниттік күйге, сондай-ақ изолятордан металлға ауысу процестерімен қатар жүреді (Helton et al., 2019). Сонымен қатар, жүйе сыртқы магнит өрісінің әсерінен айтарлықтай теріс магниттік кедергіні көрсетеді. Қысымның әсерінен  $MnO_6$  октаэдрлерінде анизотропты құрылымдық өзгерістер байқалады, изолятор-металл ауысуы орын алады, ферромагниттік ауысу температурасы (Tc) артады және намагнитченость күшейеді (X. Zhang et al., 2024).  $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3$  – темір мен марганецтен тұратын оксидтік жүйе, құрамында марганец мөлшері жоғары болуымен окшауланады. Мұндай материалдар перовскит тәрізді құрылымындағы құрылысының өзгерісі және олардың әртүрлі қасиеттеріне әсері үлкен қызығушылық тудырды.

Бинарлы оксидтер жүйесінде  $MFeO_3$  ( $M = In, Y, Eu-Lu$ ) жалпы формуласына ие үштік ферриттер ерекше физикалық және құрылымдық қасиеттерінің арқасында іргелі ғылыми зерттеулер үшін өзекті нысан болып табылады (Nahrstedt et al., 2021).  $InFeO_3$   $\alpha$ - $Fe_2O_3$  сияқты дәстүрлі фотоэлектродтармен салыстырылатын фототок көрсетеді және сонымен қатар УФ аймағында жоғары фототокқа ие (B. Zhang et al., 2020).  $In_{1-x}Yb_xFeO_3$  ( $x = 0,1; 0,2; 0,3$ ) мультиферроиктерінің  $Yb$  иондарымен алмастыру нәтижесінде 500 К төмен температурада әлсіз ферроэлектрлік және ферромагниттік қасиеттер байқалды және 500 К маңында диэлектрлік қасиеттерінің өзгерісін көрсетті, бұл оларды микроэлектроникада қолдануға перспективалы етеді (Zhou et al., 2023).  $In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$  – индиймен легирленген темір оксидінің ( $Fe_2O_3$ ) модификацияланған нұсқасы. Индий иондары  $Fe^{3+}$  иондарын алмастырып, кристалдық торда өзгерістер түзіп, материалдың қасиеттерін өзгерте алады. Мұндай құрылымдық өзгерістер оның өткізгіштігіне және катализаторлар сияқты түрлі қолданбаларда тиімділігін зерттеу қазіргі таңда үлкен жол ашады.

Зерттеудің мақсаты  $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3-In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$  негізіндегі композициялық материалды золь-гель әдісіне негізделген Печини тәсілі арқылы синтездеп, оның фазалық құрамы, кристаллографиялық параметрлері мен морфологиялық ерекшеліктерін кешенді түрде зерттеу.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері.**

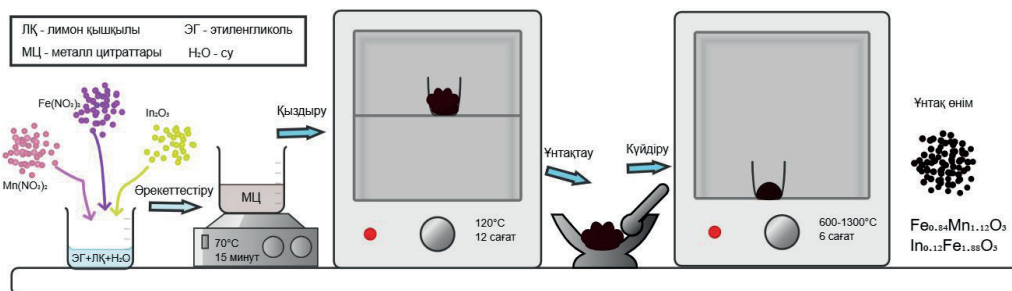
Келесі реактивтер қолданылды: марганец (II) нитраты ( $Mn(NO_3)_2 \cdot xH_2O$ , Buchs, Швейцария); темір (III) нитратының 9-сулы кристаллогидраты (х.т., ТУ 6-09-02-553-96 Мәскеу, Ресей Федерациясы); индий (III) оксиді, 99,9% (ТУ 6-09-4732-79, Ресей).

Өлшеу құралдары мен әдістері: зертханада қолданылған ағаттық ступка (Бразилия ағаты, қолданылған, диаметрі – 13 см (130 мм)). Фазалық құрамды анықтау үшін және элементтік картасын анықтау үшін рентгенофазалық талдау әдісі (MINIFLEX 600 Rigaku) мен сканерлеуші электрондық микроскоп (TM4000Plus) қолданылды. Рентген нәтижелерін талдау үшін PDF-5+ (2024) ICDD базасы қолданылды.



### Эксперименттік бөлім

$\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  қос фазалы наноматериалы золь-гель (Печини) әдісі арқылы синтезделді (Mataev et al., 2024). Марганец пен темір нитраттары индий оксидімен (In) легирленді, оның соңғы өнімдегі мөлшері 1%-ды құрады. Металл нитраттары стехиометриялық пропорцияда есептеліп, лимон қышқылы мен этиленгликольдің (гель түзуші агент) қатысуымен өңделді. Темір және марганец нитраттарын 10 ммоль мөлшерде, ал индий (III) оксидінен 0,2 ммоль өлшеніп алынды. Түзілген гель 120°C температурада 12 сағат бойы қыздырылып, алынған кеуекті өнім қайта ұнтақталып, 600-1300°C диапазонында 6 сағат бойы күйдірілді.



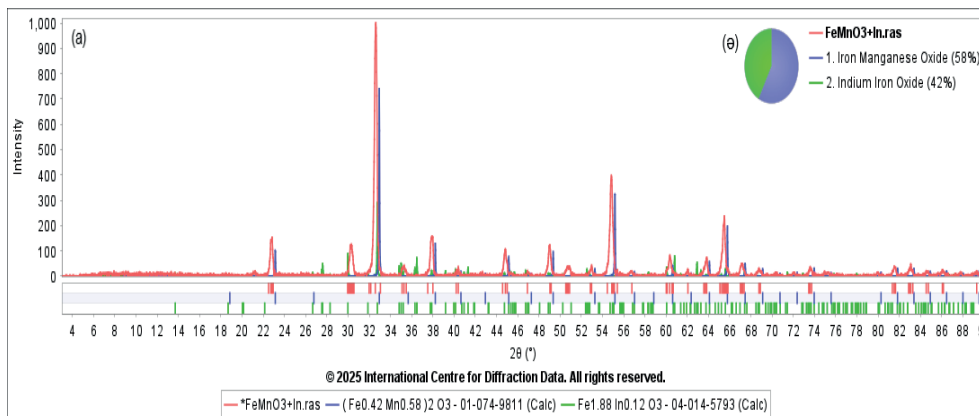
1-сурет.  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  синтездеу технологиясы

Нәтижесінде астехиометриялы перовскит құрылымындағы екіфазалы композит алынды. Алынған күрделі оксидті қосылыстың элементтік құрамы мен кристалдық құрылымы SEM және XRD әдістері арқылы зерттелді.

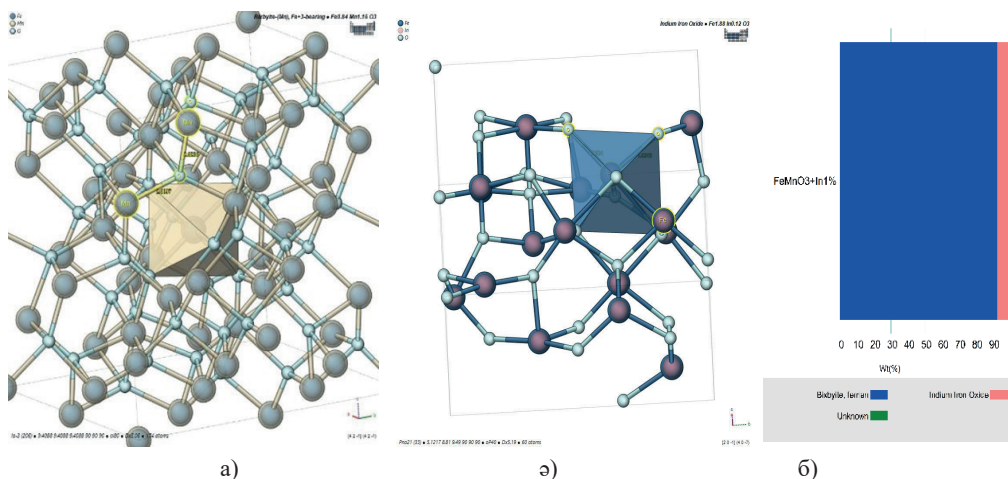
### Нәтижелер.

#### XRD әдісімен талдау нәтижелері

Синтезделген қос перовскитті феррит-манганиттің құрылымдық ерекшеліктері мен фазалық құрамын зерттеу рентгенофазалық талдау әдісі арқылы жүзеге асырылды. Поликристалды үлгілер ұнтақталған күйде бөлме температурасында Rigaku Miniflex 600 (Жапония) үстелдік рентгендік дифрактометрінде талданды.



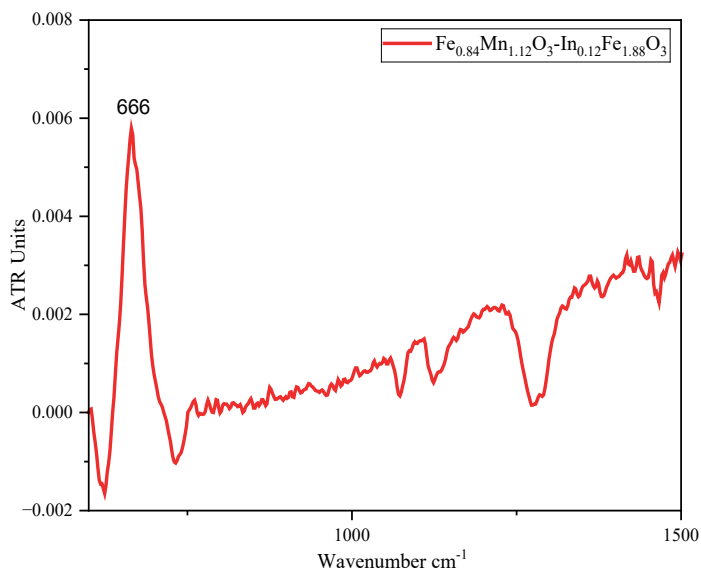
2-сурет.  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  композитінің дифрактограммасы



3-сурет.  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  (а) және  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  (б) фазаларының құрылысы және фазалық қатынасы.

*Фурье-ИК (FTIR) әдісі арқылы талдау нәтижелері*

FTIR спектроскопиялық талдауы Bruker ALPHA (Ettlingen, Germany) спектрометрінде, бөлме температурасында,  $1 \text{ cm}^{-1}$  спектрлік ажыратымдылықпен жүргізілді. Өлшеу KBr таблеткаларын пайдалана отырып,  $4000\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$  жиілік диапазонында орындалды.

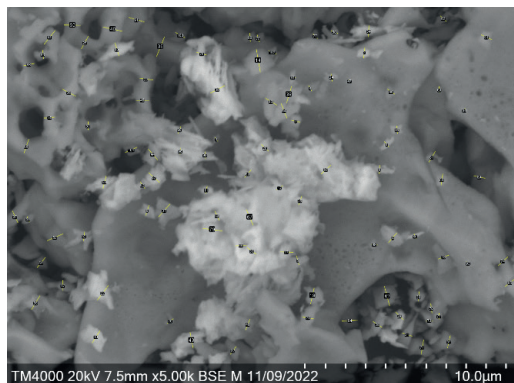


4 – сурет.  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  композитінің FTIR спектрі

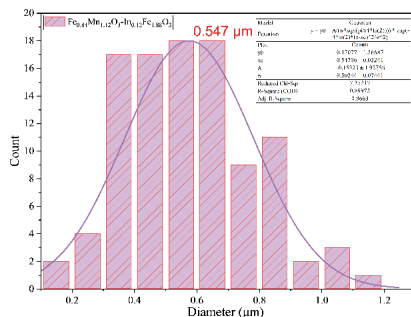
*SEM-EDX әдісімен талдауы*

Ұнтақталған  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  үлгілерінің беткі құрылымын зерттеп, элементтік құрамын анықтау үшін сканерлеуші электрондық микроскопия

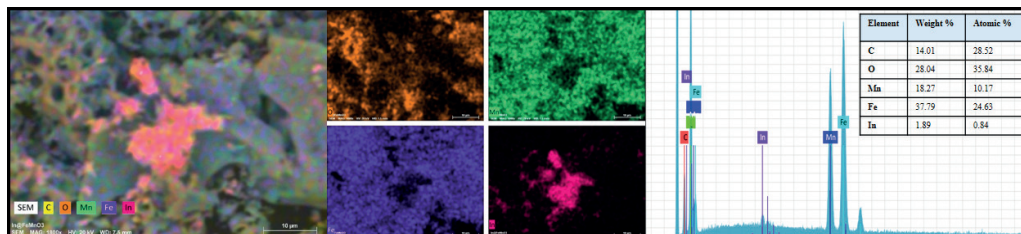
(SEM) әдісі қолданылды. Зерттеулер TM4000Plus (Жапония) құрылғысымен жүргізілді. Элементтердің құрамын анықтау үшін SEM жүйесіне біріктірілген энергия-дисперсиялық рентгендік спектроскопия (EDX) әдісі қолданылды. 10  $\mu\text{m}$  масштабында SEM әдісі арқылы беткі өлшеулер жүргізіліп, фазалардың құрамындағы элементтердің таралуы анықталды.



а)



ә)



б)

5 – сурет (а,ә,б).  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  СЭМ микросуреті: (а) 10  $\mu\text{m}$  беттік өлшемі, (ә) бөлшектердің орташа өлшемі және (б) элементтердің таралу картасы.

### Нәтижелер мен талқылау.

#### XRD нәтижелерін талқылау

Рентгенофазалық талдау нәтижелері көрсетілген, және алынған мәліметтерге сәйкес, перовскит типіндегі нанокұрылымдық қос фаза түзілген, оның фазалық қатынасы 93:7 екендігі 3(а)-суретте көрсетілген, ал 2(ә)-суретте шындарының сәйкестігі 58% бен 42% құрайтындығы және 3(а,ә)-суреттерде фазалардың құрылысы анықталды.

№1 кесте – Кристаллографиялық сандық талдау нәтижелері.

№	Қосылыс атауы	Сингония түрі	a, Å	b, Å	c, Å	V <sub>қя.</sub> , (Å <sup>3</sup> )	Z	D (крис. өлшемі, nm)	Кеңістіктік топ	Тығыздық ( $\rho_{x\text{-ray}}$ , g/cm <sup>3</sup> )
1	$\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$	кубты	9.41	9.41	9.41	834.93	16	54.49	Ia-3 (206)	5.04
2	$\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$	кубты	5.24	5.24	5.24	422.00	8	51.09	Pna21 (33)	5.19

1-кестеде алынған қос фаза кубтық кристалдық құрылымға ие.  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  фазасы Ia-3 (206) кеңістіктік тобында, ал  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  фазасы Pna21 (33) кеңістіктік тобында түзілген. Синтезделген үлгінің дифракциялық шыңдары (PDF-5+) перовскит тәрізді құрылымға сәйкес келетіні анықталды. Барлық үлгілерде айқын дифракциялық шыңдардың болуы олардың жоғары кристалдылық дәрежесін көрсетеді. Сәйкесінше, сингония түрлері, тор параметрлері (a, b, c), кеңістіктік топ, рентгендік тығыздық және рентгендік дифракция (XRD) деректеріне негізделген есептелген орташа кристалл өлшемдері (D) көрсетілген.

Орташа кристаллит өлшемі (D) Шеррер теңдеуі арқылы есептелді (Mataev et al., 2024):

$$D = k \lambda / \beta \cos \theta \quad (1)$$

Мұнда пішін коэффициенті (k) 0.94-ке тең, рентгендік сәуленің толқын ұзындығы  $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ,  $\beta$  – толық енінің жартысындағы максимум (FWHM), ал  $\theta$  – Брагг бұрышы (радианмен өрнектеледі). Жоғары интенсивтілікке ие дифракциялық шыңдарға сәйкес кристалл өлшемдері темір манганиті үшін 54.49 нм, ал индий ферриті үшін 51.09 нм болып анықталды.

#### *FTIR нәтижелерін талқылау*

Синтезделген композиттің FT-IR әдісімен талдау реакция процесін бақылау және алынған материалдардың сипаттамаларын анықтау үшін маңызды. Осы себепті, FT-IR спектроскопиясы микроқұрылымды  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$ - $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  материалындағы Mn-O және Fe-O байланыстарын зерттеу мақсатында жүргізілді.

Берілген FTIR спектрі  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$ - $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  қосылысындағы тербеліс модалары туралы ақпарат береді.  $666 \text{ cm}^{-1}$  аймағындағы негізгі пик металл-оттегі (Me-O) байланыстарының тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл тербелістер темір және марганец оксидтерінің кристалдық торында, сондай-ақ индийдің оттегімен байланысын түсіндіреді.

#### *SEM-EDX нәтижелерін талқылау*

5-суретте (а,ә,б-суреттер)  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$ - $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  үлгісінің бөлшектерінің өлшемдер бойынша таралуы (а,ә) және SEM-EDX суреттері (б) көрсетілген. Поликристалдардың беттік өлшемдері ImageJ бағдарламасы арқылы өлшенді. Элементтердің таралуы мен кристалдардың орташа өлшемі  $0,547 \text{ \mu m}$  екендігі анықталды. СЭМ нәтижелері қосфазалы наноматериалда элементтердің массалық үлестері теориялық мәндерге сәйкес келетінін көрсетеді.

**Қорытынды.** Зерттеу барысында  $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3$  және  $\text{In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$  негізінде алынған композиттік материал синтезделіп, оның морфологиялық және құрылымдық ерекшеліктері зерттелді. Синтездеу үшін золь-гельге негізделген Печини әдісі арқылы біркелкі және жоғары фазалық тазалыққа ие композиция алынды. РФТ нәтижелері зерттелген материалдардың кристалдық құрылымын және фазалық құрамын анықтауға мүмкіндік берді. Шеррер теңдеуі негізінде алынған деректер бойынша композициялық материалдың жоғары интенсивті шыңдардағы орташа кристаллит өлшемдері есептелді. СЭМ талдауы

материалдың микроқұрылымын және элементтік таралу картасын зерттеуге мүмкіндік берді. 10  $\mu\text{m}$  микрофотосуретінде беттік құрылымның орташа өлшемі 0,547  $\mu\text{m}$  екені анықталды. Өнімнің FTIR спектріндегі 666  $\text{cm}^{-1}$  шыңы Fe–O және Mn–O байланыстарының тербелістеріне сәйкес келеді, бұл қосылыстың құрылымдық ерекшеліктерін растайды. Бұл нәтиже материалдың біркелкілігі мен морфологиялық тұрақтылығын растайды.

Жалпы, алынған нәтижелер  $\text{Fe}_{0,84}\text{Mn}_{1,12}\text{O}_3\text{-In}_{0,12}\text{Fe}_{1,88}\text{O}_3$  композициялық материалының құрылымдық және морфологиялық қасиеттерін сипаттауға мүмкіндік берді. Алдағы зерттеулерде осы материалдың электрөткізгіштік және каталикалық қасиеттерін зерттеу қолға алынуда.

### References

- Abdollah Lachini S., Eslami A., & Chu, Q. (2025) Green synthesis of perovskite-type  $\text{FeMnO}_3$  nanoparticles: Study of its electrochemical hydrogen storage and catalytic activity on the thermal decomposition of ammonium perchlorate. *Journal of Alloys and Compounds*, 1010, 177486. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.177486> (in Eng.).
- Arya S., Mahajan P., Gupta R., Srivastava R., Tailor N.K., Satapathi S., Sumathi R.R., Datt R., & Gupta V. (2020) A comprehensive review on synthesis and applications of single crystal perovskite halides. *Progress in Solid State Chemistry*, 60, 100286. <https://doi.org/10.1016/j.progsolidstchem.2020.100286> (in Eng.).
- Barber Z.H. (2007) Strain engineering of oxides. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 19(22), 221001. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/19/22/221001> (in Eng.).
- Bispo-Jr A.G., De Morais A.J., Calado C.M.S., Mazali I.O., & Sigoli F.A. (2022) Lanthanide-doped luminescent perovskites: A review of synthesis, properties, and applications. *Journal of Luminescence*, 252, 119406. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2022.119406> (in Eng.).
- Geilhufe R.M., Guinea F., & Juricic V. (2019) Hund nodal line semimetals: The case of twisted magnetic phase in the double-exchange model. *Physical Review B*, 99(2), 020404. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.020404> (in Eng.).
- Helton J.S., Zhao Y., Shulyatev D.A., & Lynn J.W. (2019) Damping and softening of transverse acoustic phonons in colossal magnetoresistive  $\text{La}_0.7\text{Ca}_0.3\text{MnO}_3$  and  $\text{La}_0.7\text{Sr}_0.3\text{MnO}_3$ . *Physical Review B*, 99(2), Scopus. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.024407> (in Eng.).
- Kresin V.Z. (2005) Manganites. In *Encyclopedia of Condensed Matter Physics*. — P. 261–265. Scopus. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369401-9/01159-1> (in Eng.).
- Lee H., Moon T., Lee Y., & Kim J. (2025) Structural Mechanisms of Quasi-2D Perovskites for Next-Generation Photovoltaics. *Nano-Micro Letters*, 17(1), 139. <https://doi.org/10.1007/s40820-024-01609-9> (in Eng.).
- Leonarska A., Kądziołka-Gawel M., Szeremeta A.Z., Bujakiewicz-Korońska R., Kalvane A., & Molak A. (2017) Electric relaxation and  $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$  charge transfer in Fe-doped  $\text{Bi}_{12}\text{MnO}_{20}\text{-BiMn}_2\text{O}_5$  structural self-composite. *Journal of Materials Science*, 52(4)7 — P. 2222–2231. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0515-2> (in Eng.).
- Madkhli A.Y. (2024) Simultaneous oxidation of  $\text{Mn}^{2+}$  to  $\text{Mn}^{4+}$  by devitrification of transparent glassy  $\text{Na}_2\text{Ge}_4\text{O}_9$ : Mn. *Ceramics International*, 50(14). — P. 24913–24920. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.12.170> (in Eng.).
- Mantilla J.C., Nagamine L.C.C.M., Cornejo D.R., Cohen R., De Oliveira W., Souza P.E.N., Silva S.W.D., Aragón F.F.H., Gastelois P.L., Morais P.C., & Coaquira J.A.H. (2024) Structural, morphological, and magnetic characterizations of  $(\text{Fe}_{0.25}\text{Mn}_{0.75})_2\text{O}_3$  nanocrystals: A comprehensive stoichiometric determination. *Materials Chemistry and Physics*, 328, 129943. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2024.129943> (in Eng.).
- Mataev M., Sarsenbaeva Z., Keskin B., Nurbekova M., Meldeshov A., Tursyn Z., & Seitbekova K. (2024) Synthesis, Structure, and Electrophysical and Electrochemical Properties of Novel Composite  $\text{La}_0.9\text{MnO}_3\text{-LaFeO}_3$ . *Molecules*, 30(1), 132. <https://doi.org/10.3390/molecules30010132> (in Eng.).

Matou T., Takeshima K., Anh L.D., Seki M., Tabata H., Tanaka M., & Ohya S. (2017) Reduction of the magnetic dead layer and observation of tunneling magnetoresistance in La<sub>0.67</sub>Sr<sub>0.33</sub>MnO<sub>3</sub>-based heterostructures with a LaMnO<sub>3</sub> layer. *Applied Physics Letters*, 110(21). Scopus. <https://doi.org/10.1063/1.4984297> (in Eng.).

Mohanta N., Dagott, E., & Okamoto S. (2019) Topological Hall effect and emergent skyrmion crystal at manganite-iridate oxide interfaces. *Physical Review B*, 100(6), 064429. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.064429> (in Eng.).

Nahrstedt V., Stadler D., Fischer T., Duchoň T., Mueller D.N., Schneider C.M., & Mathur S. (2021) Molecular Level Synthesis of InFeO<sub>3</sub> and InFeO<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanocomposites. *Inorganic Chemistry*, 60(6)7 — P. 3719–3728. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.0c03425> (in Eng.).

Przybytek J., Markovich V., & Jung G. (2018) Meyer-Neldel rule in the conductivity of manganite single crystals. *Physical Review B*, 98(11). Scopus. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.98.115159> (in Eng.).

Ramya K., Bharadwaj S., Pola S., Okram G.S., & Kalyanalakshmi Y. (2025) Role of divalent doping at A-sites (A=Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup> & Pb<sup>2+</sup>) on thermoelectric and magnetoresistive properties in La<sub>0.67</sub>(Bi<sub>0.0835</sub>Na<sub>0.0835</sub>)A<sub>0.165</sub>MnO<sub>3</sub>. *Journal of Alloys and Compounds*, 1010, 177464. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.177464> (in Eng.).

Zhang B., Seki M., Zhou H., Chen J., & Tabata H. (2020) InFeO<sub>3</sub> photoelectrode with two-dimensional superlattice for visible- and ultraviolet-light-driven water splitting. *APL Materials*, 8(5), 051107. <https://doi.org/10.1063/5.0003251>(in Eng.).

Zhang X., Rao R., Yu H., Meng J., Sun Y., Zhang K., Zheng G., & Ma Y. (2024) Magnetic properties of CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/La<sub>0.7</sub>Ca<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub> composite under pressure. *Ceramics International*, 50(21)7 — P. 44293–44302. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.08.278> (in Eng.).

Zhou Y., Liu P., Chen Y., Yang B., Li B., Liu F., & Liu X. (2023) Ferroelectricity induced by non-symmetry of A-site cations in hexagonal antiferromagnetic In<sub>1–x</sub>Yb<sub>x</sub>FeO<sub>3</sub> (x = 0.1, 0.2, 0.3) perovskites. *Journal of Rare Earths*, 41(12)7 — P. 1990–1995. <https://doi.org/10.1016/j.jre.2023.01.007> (in Eng.).

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://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 29.09.2025.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. 18,0 п.л.

Заказ 3.

---

*«Central Asian Academic Research Center» LLP*

*Алматы, Қонаев к-сі, 142*