

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 2



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Aygazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

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

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (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 No. KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Бас редактор:

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

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Құнтай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабиатындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арслан Зайнуталлаұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі 31.01.2025 ж. берген № KZ31VPY00111215 Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САИГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Кунтайт Авгазыевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жаббагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Мелеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство №**KZ31VPY0011215** о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия.*

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

PHYSICS

A.A. Gazizova, D.M. Nasirova, V.O. Kurmangaliyeva, Sh.I. Khamraev DISTRIBUTION OF PRESSURE AND TEMPERATURE IN NEUTRON STARS: NUMERICAL ANALYSIS.....	11
A. Dalelkhankyzy, G. Baimbetova, N. Koilyk, S. Toktarbay, A. Beisebayeva QUASISPIN FORMALISM OF INTERACTION BETWEEN BOSONS AND ITS APPLICATION IN NUCLEAR THEORY.....	22
N.K. Zhusupova, V.N. Zhumabekova, A.A. Zhadyranova DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE.....	34
V. Mukamedenkyzy, B. Akberdiyev INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS.....	46
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S.Sittykova, D. Kadyrova SEARCHING FOR INNER-EARTH ASTEROIDS.....	62
G.B. Suliyeva, M.A. Makukov, E.G. Mychelkin TWO TYPES OF SCALAR BACKGROUND VISUALIZATION.....	79
U.A. Ualikhanova, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R,T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY.....	94
Zh.S. Umbetova, U.U. Abdizhalilova DYNAMICS OF THE EVOLUTION OF ANISOTROPIC COMPACT STARS IN $f(\tau)$ TELEPARALLEL GRAVITY.....	105
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk DESTRUCTION OF SMALL BODIES COMPOSED OF SILICATES BY THERMAL STRESSES.THERMAL EMISSION OF DISRUPTION PRODUCTS.....	121
S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.V. Reva, L. Aktay, V.Y. Kim STUDIES OF THE MRK 766 GALAXY IN THE OPTICAL RANGE.....	138

CHEMISTRY

D.T. Altynbekova, B.K. Massalimova, B.E. Begenova, A. Darmenbayeva, M.D. Akanova SYNTHESIS AND STUDY OF PROTON CONDUCTIVITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO ₄) AND ALLOYS (NiCoOx, CuCoOx, NiCuOx).....	152
--	-----

D.Zh. Amantayeva, M.A. Dyusebayeva, B.K. Kopzhassarov, A.E. Berganayeva, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ULMUS PUMILA LEAVE.....	164
A. Assanov, S.A. Mameshova, G.S. Tatykhanova, T.A. Savitskaya CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES.....	182
G.S. Akhmetova, U.B. Issayeva, K.D. Praliyev, M.T. Omyrzakov, T.M. Seilkhanov TECHNOLOGY OF PRODUCING 1-(2-ETHOXYETHYL)-4- ADAMANTANECARBONYLOXY-PIPERIDINE HYDROCHLORIDE AND STUDY OF ITS CYTOTOXICITY.....	206
G.Zh. Baisalova, G.K. Token, B.B. Torsykbaeva, A.D. Dukenbayeva, N. Rakhmetova STUDYING THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PHRAGMITES COMMUNIS PLANT BY GAS CHROMATOGRAPHY–MASS–SPECTROMETRY.....	218
A. Yedilova, Z. Inelova, N. Kurbatova, B. Turalin PHYTOCHEMICAL STUDY OF MEDICINAL PLANT - HUMULUS LUPULUS L., FOR THE PURPOSE OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	229
A. Kuandykova, B. Taimasov, E. Potapova, B. Zhakipbayev, N. Zhanikulov STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF CLINKERS OBTAINED FROM METALLURGICAL SLAG.....	242
X.A. Leontyeva, G.M. Khussurova, D.S. Puzikova, A.N. Nefedov, M. Zhurynov PERFORMANCE AND APPLICATION OF ORGANIC CORROSION INHIBITORS IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES. REVIEW.....	258
L.K. Orazzhanova, Zh.S. Kassymova, Zh.Zh. Nurtazina, D.K. Asserzhanov, K.K. Kabdulkarimova SYNTHESIS AND APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CHLORELLA VULGARIS.....	275
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES.....	291

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А.А. Ғазизова, Д.М. Насирова, В.О. Құрманғалиева, Ш.И. Хамраев. НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАРАЛУЫНА САНДЫҚ ТАЛДАУ.....	11
А. Дәлелханқызы, Г. Баймбетова, Н. Қойлық, С. Тоқтарбай, А. Бейсебаева БОЗОНДАР АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУДІҢ КВОЗИСПИНДІК ФОРМАЛИЗМІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЯДРОЛЫҚ ТЕОРИЯДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ.....	34
В. Мукамеденқызы, Б. Ақбердиев КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ІШКІ ЖЕР ОРБИТАСЫНДА АСТЕРОИДТАРДЫ ІЗДЕУ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин СКАЛЯРЛЫ ФОННЫҢ ЕКІ ТҮРЛІ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСЫ.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ АНИЗОТРОПТЫ КОМПАКТТЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк СИЛИКАТТЫ ҚҰРАМДЫ ШАҒЫН ДЕНЕЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРДЕН БҰЗЫЛУЫ. БӨЛШЕКТЕНУ НӘТИЖЕСІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЭМИССИЯСЫ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким MRK 766 ГАЛАКТИКАСЫН ОПТИКАЛЫҚ ДИАПАЗОНДА ЗЕРТТЕУ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова КҮРДЕЛІ ОКСИДЕР (LaNbO_4) МЕН ҚҰЙМАЛАРДЫҢ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x) НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ.....	152
Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ULMUS PUMILA ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пірәлиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4-АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИН ГИДРОХЛОРИДІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЦИТОУЫТТЫЛЫҚ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.Қ. Төкен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ГАЗ ХРОМАТОГРАФИЯ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН PHRAGMITES COMMUNIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Күрбатова, Б. Туралин ДӘРІЛІК HUMULUS LUPULUS L. ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	229
А. Қуандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТАРДАН АЛЫНАТЫН КЛИНКЕРЛЕРДІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Жұрынов ТМД ЕЛДЕРІНІҢ МҰНАЙ-ХИМИЯ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ИНГИБИТОРЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ. ШОЛУ.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.Қ. Әсержанов, К.К. Кабдулкаримова CHLORELLA VULGARIS БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН АЛУ ҮШІН ТЕМІР НАНОБӨЛШЕКТЕРІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ.....	291

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А.А. Газизова, Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, Ш.И. Хамраев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ.....	11
А. Далелханкызы, Г. Баймбетова, Н. Койлык, С. Токтарбай, А. Бейсебаева КВАЗИСПИНОВЫЙ ФОРМАЛИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БОЗОНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ТЕОРИИ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	34
В. Мукамеденкызы, Б. Акбердиев ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ПОИСК АСТЕРОИДОВ ВНУТРИ ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин ДВА ТИПА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКАЛЯРНОГО ФОНА.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова ДИНАМИКА ЭВОЛЮЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ МАЛЫХ СИЛИКАТНЫХ ТЕЛ ТЕПЛОВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ. ТЕПЛОВАЯ ЭМИССИЯ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЛАКТИКИ MRK 766 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВОВ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x).....	152
---	-----

Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ULMUS PUMILA.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пралиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОХЛОРИДА 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4- АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ЦИТОТОКСИЧНОСТИ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.К. Токен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ RHAGMITES COMMUNIS МЕТОДОМ ГАЗ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИИ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Курбатова, Б. Туралин ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – HUMULUS LUPULUS L. С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	229
А. Куандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛИНКЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Журинов ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАН СНГ. ОБЗОР.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.К. Асержанов, К.К. Кабдулкаримова СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ CHLORELLA VULGARIS.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ТВЁРДЫЙ АДсорбЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	291

© D.T. Altynbekova^{1*}, B.K. Massalimova², B.E. Begenova², A. Darmenbayeva¹,
M.D. Akanova², 2025.

^{1*}Taraz University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan;

² M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan.

E-mail: Altynbekova.1985@inbox.ru

THE SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF PROTON CONDUCTIVITY IN NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO₄) AND ALLOYS (NiCoO_x)

D.T. Altynbekova — Senior Lecturer of the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan,

E-mail: altynbekova.1985@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8489-320X>;

B.K. Massalimova — candidate of chemical sciences, professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of the M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan, E-mail: massalimova15@mail.ru, bkmassalimova@ku.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;

B.E. Begenova — doctor of chemical sciences, chair, associate professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of the M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan,

E-mail: bebegenova@ku.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0003-0279-3481>;

A. Darmenbayeva — PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan,

E-mail: maral88.ad@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>;

M.D. Akanova — Senior lecturer of the Department of «Chemistry and Chemical Technology» of the M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan,

E-mail: mdakanova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0279-3481>.

Abstract. In recent years, global economic trends and environmental concerns have led to a growing demand for renewable energy sources. In response, the European Union has been tightening environmental regulations regarding greenhouse gas emissions annually. In this context, the development of advanced materials and technologies for alternative energy systems has become a key factor in achieving a sustainable energy future. Lanthanum orthoniobates are a class of proton-conducting oxides that are considered promising materials for high-temperature electrochemical devices. These compounds are actively investigated for applications in proton-conducting ceramic membranes, solid oxide fuel cells, and electrolysis systems due to their high proton conductivity ($\sim 10^{-3}$ S/cm at 800 °C) and excellent chemical stability. However, stabilizing and modifying their structure is essential to enhance their practical applicability. In this study, a novel nanocomposite based on



complex oxide $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ and a NiCoOx alloy (in a 65:35 ratio) was synthesized for the first time via an ultrasonic dispersion method. The individual components— $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ and NiCoOx —were pre-synthesized using a solvothermal method in a continuous-flow reactor under supercritical alcohol conditions. The structural, morphological, and proton-conducting properties of the resulting nanocomposite were studied using various physicochemical techniques. The $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoOx}$ composite exhibited total conductivity of $\sim 10^{-2}$ S/cm at 597 °C under humidified reducing atmosphere, indicating high proton conductivity. These results demonstrate that LaNbO_4 -based nanocomposites with NiCoOx alloys are promising candidates for hydrogen-permeable membranes and other electrochemical devices such as fuel cells, hydrogen separators, and sensors.

Keywords: complex oxides, lanthanum orthoniobate, nanocomposite, ultrasonic dispersion method

© Д.Т. Алтынбекова^{1*}, Б.К. Масалимова², Б.Е. Бегенова², А. Дарменбаева¹,
М.Д. Аканова², 2025.

¹М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан;

²М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,

Петропавл, Қазақстан.

E-mail: Altynbekova.1985@inbox.ru

КҮРДЕЛІ ОКСИД (LaNbO_4) ПЕН ҚҰЙМА (NiCoOx) НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ

Алтынбекова Д.Т. — М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының аға оқытушысы., Тараз, Қазақстан,

E-mail: altynbekova.1985@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8489-320X>;

Масалимова Б.К. — химия ғылымдарының кандидаты, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының профессоры, Петропавл, Қазақстан,

E-mail: massalimova15@mail.ru, bkmassalimova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0125>;

Бегенова Б.Е. — химия ғылымдарының докторы, кафедра меңгерушісі, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының доценті, Петропавл, Қазақстан,

E-mail: bebeganova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0279-3481>;

Дарменбаева А. — химия ғылымдарының кандидаты, М.Х. атындағы Тараз университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының доценті, Дулати, Тараз, Қазақстан,

E-mail: maral88.ad@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>;

Аканова М.Д. — М. Қозыбаева атындағы Солтүстік Қазақстан университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының аға оқытушысы, Петропавл, Қазақстан,

E-mail: mdakanova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0279-3481>.

Аннотация. Әлемдік экономикалық үрдістердің өзгеруі мен жаһандық экологиялық қауіптерге байланысты соңғы жылдары жаңартылатын энергия көздеріне деген сұраныс артып келеді. Осыған орай, Еуропалық Одақ парниктік газдар шығарындыларына қатысты экологиялық талаптарды жыл сайын

катайтып отыр. Мұндай жағдайда баламалы энергия көздерін дамыту үшін тиімді жаңа материалдар мен технологияларды әзірлеу тұрақты энергетикалық болашаққа қол жеткізудің маңызды алғышартына айналады. Лантан ортониобаттары — жоғары температурада жұмыс істейтін электрохимиялық құрылғыларға арналған перспективалы материалдар қатарына жататын протон өткізгіш оксидтер. Олар протон өткізгіш керамикалық мембраналарда, қатты оксидті отын элементтері мен электролизерлерде қолдану үшін белсенді түрде зерттелуде. Бұл қосылыстардың $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ шамасында 10^{-3} См/см деңгейіндегі жоғары протон өткізгіштік қасиеті және химиялық тұрақтылығы оларды энергия түрлендіру технологияларында пайдалануға қолайлы етеді. Сондықтан мұндай материалдарды практикалық қолдану үшін олардың құрылымын тұрақтандыру және модификациялау өзекті мәселе болып табылады. Мақалада күрделі оксид ($\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$) пен NiCoO_x құймасы 65%:35% арақатынаста ультрадиспергилеу әдісімен алғаш рет жаңа наноккомпозит синтезделді. Күрделі оксид $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ пен NiCoO_x құймасы алдын-ала ағынды реакторда жоғарыкрификалық спирттер көмегімен сольвотермалды синтездеу әдісімен алынды. Алынған наноккомпозиттің құрылымдық, морфологиялық және протонөткізгіштік қасиеттері физика-химиялық әдістермен зерттелді. $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ үлгісінің жалпы электр өткізгіштігі (ылғалды қалпына келтіретін атмосферада өлшенгенде) $597\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада $\sim 10^{-2}\text{ См/см}$ протон өткізгіштікке жететіндігі анықталды. Лантан ортониобаты (LaNbO_4) мен құйма (NiCoO_x) негізіндегі наноккомпозиттер сутегі бөлгіш мембраналар үшін, әртүрлі электрохимиялық құрылғыларда (отын элементтері, сутегі сепараторлары мен датчиктер және т.б.) пайдалану мүмкіндігіне байланысты перспективалы композиттер болып табылатындығы анықталды.

Түйін сөздер: күрделі оксидтер, лантан ортониобаты, наноккомпозит, ультрадиспергилеу әдісі

© Д.Т. Алтынбекова^{1*}, Б.К. Масалимова², Б.Е. Бегенова², А. Дарменбаева¹,
М.Д. Аканова², 2025.

¹Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

²Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Казахстан.

E-mail: *Altynbekova.1985@inbox.ru

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВА (NiCoO_x)

Алтынбекова Д.Т. — старший преподаватель кафедры «Химии и химической технологии» Таразского университета имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

E-mail: altynbekova.1985@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8489-320X>;

Масалимова Б.К. — кандидат химических наук, профессор кафедры «Химия и химическая технология», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан,
E-mail: massalimova15@mail.ru, bkmasalimova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;



Бегенова Б.Е. — доктор химических наук, заведующий кафедрой, доцент кафедры «Химии и химической технологии» Северо-Казахстанского университета имени М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан,

E-mail: bebegenova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0279-3481>;

Дарменбаева А. — PhD по химии, ассоциированный профессор кафедры «Химии и химической технологии» Таразского университета имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

E-mail: maral88.ad@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>;

Аканова М.Д. — старший преподаватель кафедры «Химия и химическая технология» Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан,

E-mail: mdakanova@ku.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0279-3481>;

Аннотация. В условиях современных глобальных экономических изменений и экологических вызовов наблюдается устойчивый рост спроса на возобновляемые источники энергии. В связи с этим Европейский союз ежегодно ужесточает экологические нормы, касающиеся выбросов парниковых газов. Разработка новых эффективных материалов и технологий для альтернативной энергетики становится ключевым условием для достижения устойчивого энергетического будущего. Лантан ортониобаты относятся к классу протонпроводящих оксидов и считаются перспективными материалами для высокотемпературных электрохимических устройств. Благодаря высокой протонной проводимости ($\sim 10^{-3}$ См/см при 800 °C) и высокой химической стабильности, они активно исследуются для применения в керамических мембранах, твёрдооксидных топливных элементах и электролизёрах. Однако для практического применения необходимо обеспечить стабильность структуры и провести модификацию состава. В данной работе впервые синтезирован новый наноккомпозит на основе сложного оксида $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ и сплава NiCoOx в соотношении 65:35 методом ультразвуковой дисперсии. Предварительно оба компонента были получены методом сольвотермального синтеза в проточном реакторе в условиях сверхкритических спиртов. Структурные, морфологические и протонпроводящие свойства наноккомпозита исследованы с использованием комплекса физико-химических методов. Установлено, что образец $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoOx}$ обладает общей проводимостью порядка $\sim 10^{-2}$ См/см при температуре 597 °C во влажной восстановительной атмосфере, что свидетельствует о высокой протонной проводимости. Полученные результаты демонстрируют перспективность наноккомпозитов на основе LaNbO_4 и NiCoOx для применения в водородопроницаемых мембранах и различных электрохимических устройствах, таких как топливные элементы, сепараторы водорода и сенсоры.

Ключевые слова: сложные оксиды, ортониобат лантана, наноккомпозит, метод ультразвукового диспергирования

Кіріспе. Соңғы жылдары, ғылыми ортада протон мен оттегінің өткізгіштігінің, тығыздығының және термохимиялық тұрақтылықтың жоғары мәндеріне байланысты перспективалы иондық өткізгіштер болып саналатын материалдарды белсенді түрде іздеу жүргізілуде (Sadykov, et al., 2019).

Жоғары температурадағы протонды тасымалдауды зерттеудің классикалық объектілері сирек жер элементтерімен (мысалы барий) допирленген цераттар немесе цирконаттар, цирконаттар- цераттар негізіндегі перовскит тәрізді оксидтер болып табылады, мысалы, BaCeO_3 , BaZrO_3 , SrCeO_3 және SrZrO_3 (Malavasi, et al., 2010, Markov, 2021) BaCeO_3 қоспасы бар электролиттердің химиялық және термиялық тұрақтылығы нашар, бірақ тотығу-тотықсыздану циклдеріндегі протонды өткізгіштік жоғары (700°C -де 10^{-2} См/см) керісінше, BaZrO_3 қоспасы бар электролиттер қолайлы химиялық және термиялық тұрақтылықты көрсетті, бірақ протон өткізгіштігі төмен (Gui, et al., 2016). Барий цирконаттар-цераттар $\text{BaCe}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_3$ қолдану химиялық тұрақтылық пен протон өткізгіштігін жоғарылатуға жақсы шешім болуы мүмкін, ал Zr/Ce қатынасының жоғарылауымен химиялық тұрақтылық артады (Rashid, et al., 2019), Соңғы жылдары, химиялық тұрақтылықты арттыруда белгілі бір жетістіктерге А- және В-катиондарын (подрешеток) әртүрлі катиондармен (Sr, Y, Ca, Nb және т.б.) допирлеу арқылы қол жеткізілді, бірақ бұл әрқашан протон өткізгіштігі мен агломерация қабілетінің жоғарылауына немесе кем дегенде сақталуына әкелмейді (Rashid, et al., 2019, Hashim, et al., 2018; Sonu, et al., 2018; Khalid, et al., 2021; Jian, et al., 1996) Сол себепті, қазіргі таңда сутегі өткізгіш материалдар үшін жаңа материалдарды іздеу маңызды. Оларға сирек жер элементтерінің ортониобаттары (атап айтқанда, лантан ниобаттары) жатады, олар отын элементтерінің құрамдас бөліктері және сутегі бөлгіш мембраналар үшін керамикалық мембраналық реакторлар, электролизерлер, қатты оксидті отын элементтері (ҚООЭ) үшін басқа электрохимиялық құрылғылардың құрамдас бөліктері ретінде пайдалануға арналған перспективалық материалдар ретінде сипатталады. Бұл күрделі оксидтер негізінен иондық өткізгіштер болып табылады және жоғары температурада тетрагональды жүйеде (шеелиттік құрылым) және төмен температурада моноклиндік жүйеде (фергюсонит құрылымы) кристалданады. Әдеби шолуларға сүйенсек, лантан ортониобаттары негізінде алынған материалдардың сутегіде немесе құрамында сутегі бар атмосферада $400\text{--}900^\circ\text{C}$ температура аралығында протон өткізгіштік қасиеті жоғары екені анықталған. LaNbO_4 негізіндегі материалдардағы протондардың өткізгіштігін одан әрі арттыруға шеелиттің А-катионын сілтілік жер металдармен: Sr, Mg және Ca, лантаноидтармен: Ce, Yb, Pr, өтпелі металдармен: Mo, Cu (Fjeld., et al., 2010, Yong., et al., 2014, Brand., et al., 2011, Brandao., et al., 2012) сондай-ақ, шағын иондық радиусы бар жоғары валенттілікке ие W, Zr, Mn, Co, Ti, Mo, Y металдармен В-катиондарды допирлеу арқылы қол жеткізуге болатындығы (Ivanova, et al., 2012; Yong, et al., 2015; Mariya., et al., 2015; João, et al., 2019) жайында зерттеулерінде келтірді.

Материалдар мен әдістер. Бұл мақалада құрамында металл нанобөлшектері бар ($M = \text{Ni}, \text{Co}$) $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ наноккомпозит жаңа түрі ультрадиспергирлеу әдісімен синтездеу мақсат етіп қойылды. Синтезделген материалдың мөлшері, фазалық құрамы, морфологиясы, сондай-ақ тасымалдау қасиеттері электронды сканерлеу микроскопиясы (HRTEM) және рентгендік

фазалық талдау (РФА) арқылы, композиттің протон өткізгіштігі таблетка түріндегі үлгілерде ион-селективті зондтармен жабдықталған 4-зондты Van der Pauw әдісі арқылы гальваностатикалық режимде анықталды. Өлшеулер сутек атмосферасында 50–850 °C температура диапазонында жүргізілді. Өлшеу үшін ИПУ-1 аспабы қолданылып, зерттелді. Бірфазалы ортониобат қазірдің өзінде жақсы зерттелген, сондықтан олардың негізіндегі аралас өткізгіштігі бар нанокompозиттік материалдар теориялық және практикалық жағынан да қызығушылық тудырады.

Тәжірибелік бөлім. Күрделі оксидтер (Altyn, et al., 2020) және құйманың (Altyn, et al., 2020) үлгілері ағынды реакторда жоғарыкритикалық спирттер көмегімен сольвотермалды синтездеу әдісімен алынды. Материалдар $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Vecton, Ресей), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (Reakhim, Ресей) және NbCl_5 (Acros Organics, Бельгия), $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Reakhim, Russia), тұздарының спирттік ерітінділері арқылы синтезделді. Прекурсорлық ерітінділер изопропанолда (Реаким, Ресей) тұздарды комплекс түзуші ретінде эквимольарлы ацетилацетонды $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ (Реакхим, Ресей) қосу арқылы дайындады. Металл тұзының ерітінділерінің қоспасы U-тәрізді реакторға ($l=75$ см, $d=4$ мм) 5 мл/мин жылдамдықпен жіберілді. Бұл ретте реакторға 400°C және 120 атм қысымда 9 мл/мин жылдамдықпен 150°C дейін қыздырылған изопропил спирті қосылды. Синтез өнімдері декантация арқылы бөлінді. Тұнбалар кептіріліп, 500-1100°C температурада 4 сағат бойы күйдірілді.

Нанокompозиттерді синтездеу ультрадыбыстық дисперсті «T-18 Basic», «ULXAUР Germany», «TRAUR» көмегімен жүргізілді. $\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$, композитті ультрадиспергирлеу арқылы алу үшін, сольвотермиялық әдіспен синтезделген күрделі оксид ($\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4$) мен металл құймаы (NiCoO_x) құрғақ ұнтағын (тиісінше 65%:35%) 50 мл изопропанолда беттік белсенді зат ретінде 2 мл поливинилбутирал қосып, 40 минут ішінде диспергилеу арқылы синтезделді. Алынған суспензия 80°C температурада 24 сағат бойы кептірілді, содан кейін, ұнтақталды және органикалық еріткіштерді кетіру үшін 2 сағат бойы 500°C температурада ауада күйдірілді.

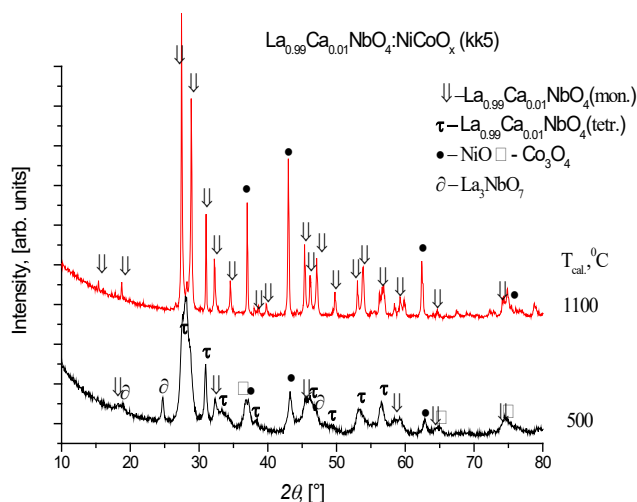
Синтезделген үлгілердің фазалық құрамы рентгендік дифракциялық зерттеулер (XRD) D8 Advance дифрактометрінде (Брукер, Германия) монокроматикалық Cu-K α сәулеленуімен ($\lambda = 1,5418$ Å) 2 θ диапазонында 20-90°, сканерлеу қадамы 0,02 немесе 0,05° жүргізілді. Оттегі бос орындарының үлесі TOPAS (Total Pattern Analysis System) (Брукер, Германия) бағдарламасының көмегімен Ритвельд әдісі бойынша құрылымдағы оттегі позицияларының толтырылуын нақтылау арқылы есептелді. Рентген сәулелерінің дифракциялық үлгілері әртүрлі газ қоспаларының жоғары температуралық коректенуімен жабдықталған Bruker AXS D8 Advance дифрактометрінде (Германия), сканерлеу қадамы 2 $\theta = 0,05^\circ$ және жинақтау уақыты 3 с (2–05° бұрыштық диапазондағы әрбір нүкте) CuK α эмиттерінде алынды.

Суреттер JEM-2200FS трансмиссиялық электронды микроскопта (JEOL Ltd., Жапония, жеделдеткіш кернеуі 200 кВ, тор ажыратымдылығы 1 Å) кең

бұрышты сақиналы сканерлеуші электрондық микроскопия (HAADF-STEM) және жоғары ажыратымдылықтағы трансмиссиялық электронды микроскопия (HRTEM) арқылы алынды. Қадамдық сызықтық талдау немесе элементтік EDX салыстыру үшін нүктенің минималды диаметрі 1,5 нм сканерлеу қадамымен ~1 нм болды. Құрамында катиондары бар композиттердің протонды өткізгіштігі басқа жұмыстарда сипатталған иондық зонд әдісіне ұқсас $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ протон өткізгіш керамикадан жасалған төрт ион таңдаулы зондтармен гальваностатикалық режимде Ван дер Пау әдісімен жинақы үлгілерде анықталды. Ионды-селективті электродтар протон өткізгіштігін анықтауға мүмкіндік берді, өйткені олар протондар үшін қайтымды электродтар бола отырып, электронды тоқты толығымен блоктады.

Нәтиже және талқылау

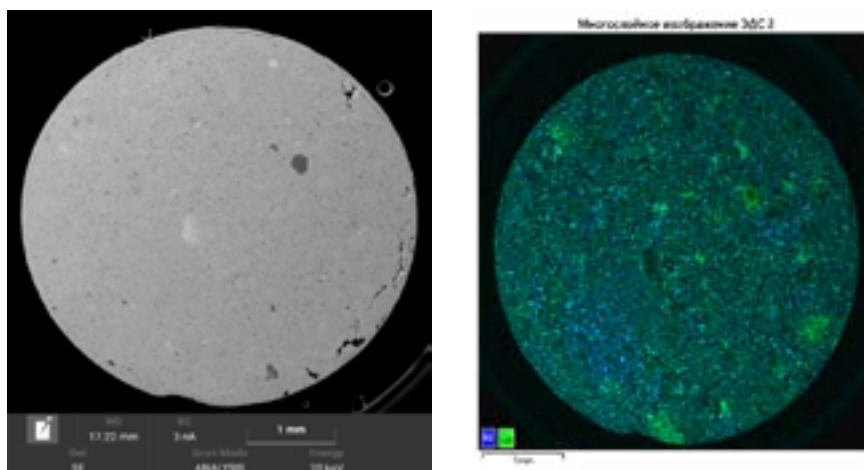
Синтезделген үлгінің фазалық құрамы рентгендік дифракциялық зерттеулер (XRD) D8 Advance дифрактометрінде (Брукер, Германия) монохроматикалық $\text{Cu-K}\alpha$ сәулеленуімен ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$) 2θ диапазонында $20-90^\circ$, сканерлеу қадамы $0,02$ немесе $0,05^\circ$ жүргізілген, алынған мәліметтер 1-суретте келтірілген.



Сурет 1. Әр түрлі температурада күйдірілген рентгенограммалар

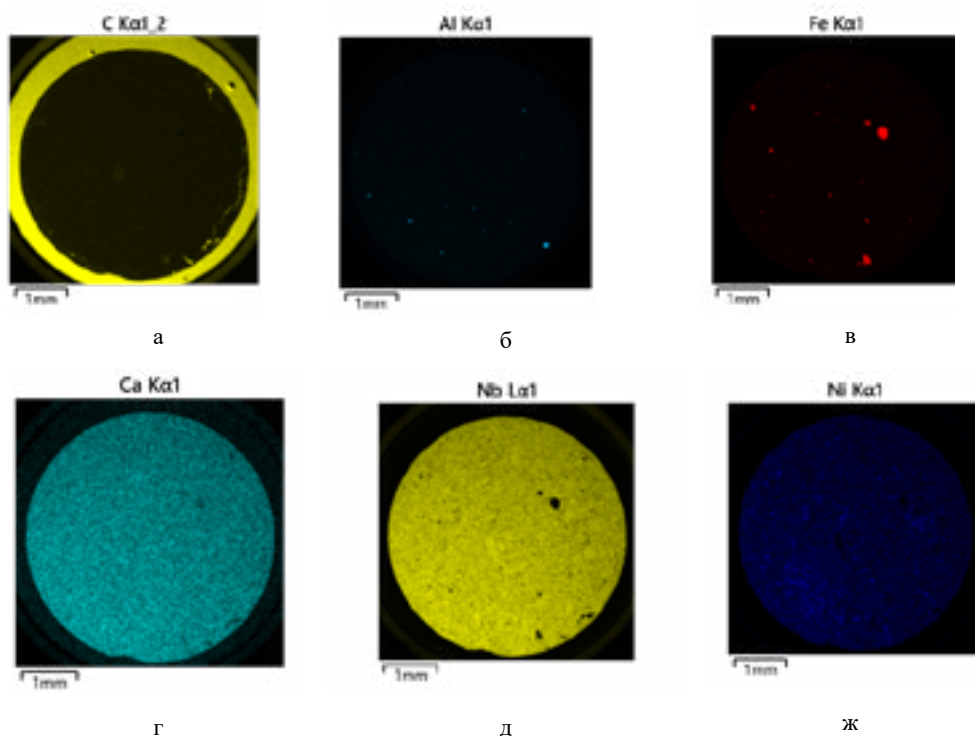
РФА деректеріне сәйкес $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ екі фазаның қоспасының $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ күрделі оксиді моноклинді және тетрагональды (сурет-1), олардың шыңдары кеңейеді, бұл синтез кезінде алынған үлгі нанометрлік диапазондағы бастапқы бөлшектердің өлшемі бар ультра жұқа материал екенін көрсетеді. Күйдіру температурасының жоғарылауымен 1100°C екі фазаның кристалдануы артады, фазалар санының қатынасы моноклинді фазаның $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ жоғарылауына қарай өзгереді. 1100°C күйдірілгеннен кейін тетрагональды фаза жоғалады.

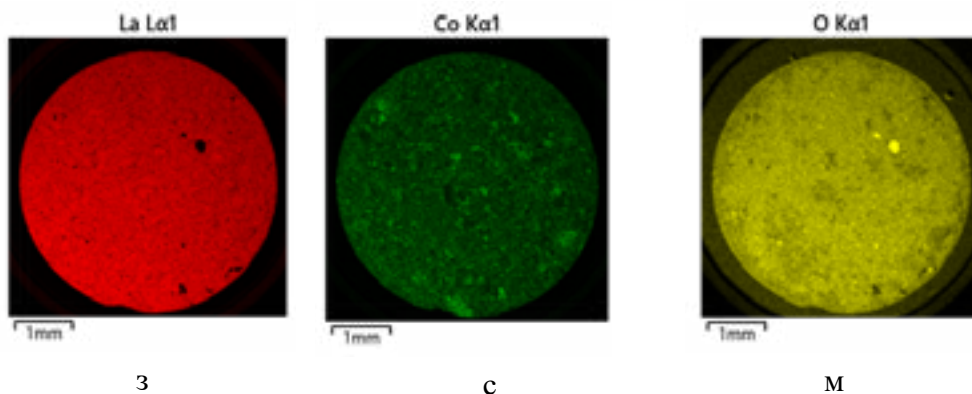
$\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCuO}_x$ 11000 үлгісін СЭМ және ЭДС (карталау) арқылы зерттеу үшін саңылау (беттік кесінді) жасалды.



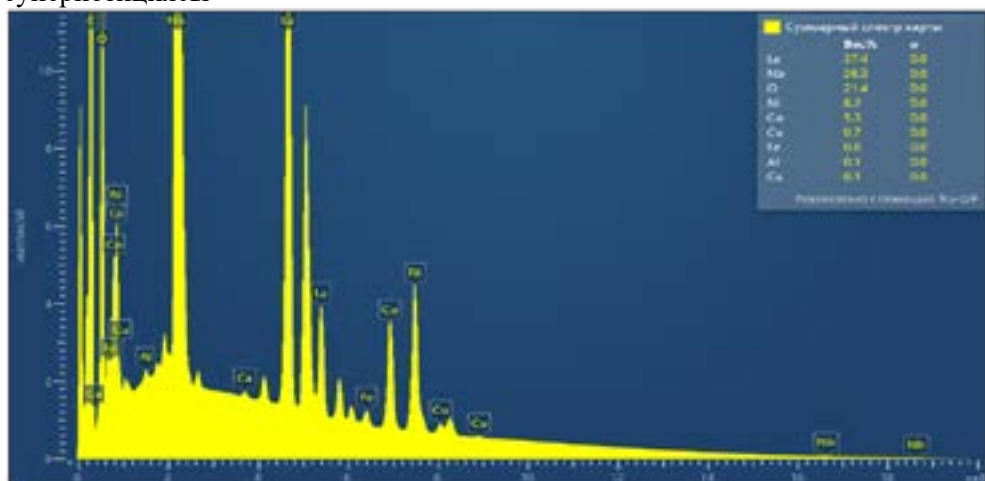
Сурет 2. Кальцинация температурасы 1100⁰С кезінде $\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ электронды микроскопиялық суреттері.

Шлейф бетінде Ni және Co таралуы: никельмен де, кобальтпен де байытылған жергілікті аймақтар байқалады. Nb, La, Ca және жергілікті Fe және Al аймақтарының салыстырмалы түрде біркелкі таралуы үлгідегі элементтердің жеке карталарында байқалады.





Сурет-3. $\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ композит үлгісіне элементтердің суперпозициясы



Сурет 4. Ультрадиспергирлеу әдісімен синтезделген $\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ наноккомпозит үлгісінің элементтерінің жеке картасы және ЭДС спектрі

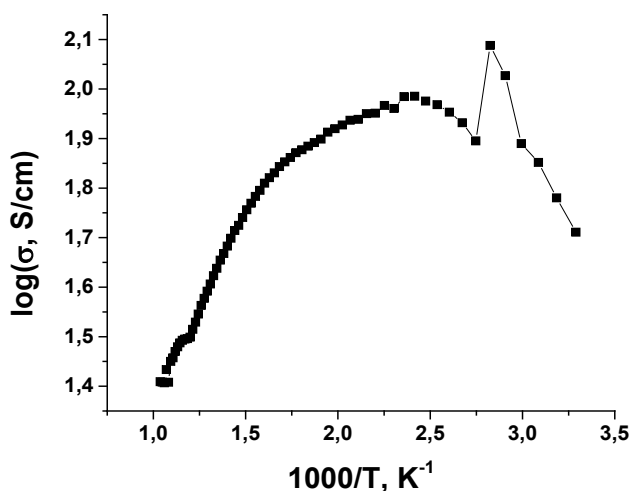
Үлгілердің ЭДС спектрлерінен Ni, Co Nb, La, Ca, Fe, Al элементтерінің барлық шырдары анықталды және есептеу нәтижелері $[\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x]$ жалпы формуласына жақын мәндерді көрсетті (1-кесте). Наноккомпозит құрамына кіретін химиялық элементтердің есептелген және эксперименттік нақты сандық мәндерінің аз ғана айырмашылығы құрамы күрделі оксидтерді синтездеуде Ультрадиспергирлеу әдістерінің тиімді екенін дәлелдейді.

Кесте 1 Ультрадиспергирлеу әдісімен синтезделген $\text{La}_{0,99}\text{Ca}_{0,01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ композиттің стехиометриялық құрамы

Элементтер	Салмақтық үлесі%	Атомдық үлесі %
O	21.41	62.32
Al	0.13	0.23

Ca		
0.09		
0.10		
Fe	0.57	0.47
Co	5.34	4.22
Ni	8.16	6.47
Cu	0.69	0.51
Nb	26.25	13.16
La	37.35	12.52
Барлығы	100.00	100.00

$\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 \cdot \text{NiCoO}_x$ үлгісі үшін электрөткізгіштіктің температураға тәуелділігі графигінде орташа температуралық аймақта (~2.7–3.0) электр-өткізгіштіктің күрт артуы байқалады.



Сурет 4. He + 10% ылғалды H_2 газ қоспасындағы тығыздалған композит үлгісінің жалпы электр өткізгіштігі

$\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 \cdot \text{NiCoO}_x$ үлгісі үшін электрөткізгіштіктің температураға тәуелділігі графигінде орташа температуралық аймақта (~2.7–3.0) электрөткізгіштіктің күрт артуы байқалады. Бұл мән шамамен 597 °C температурада $\sim 10^{-2}$ См/см протон өткізгіштікке жетеді. Мұндай, құбылыс заряд тасымалдау механизмінің өзгеруімен, мысалы, протон өткізгіштіктен электрондық өткізгіштікке ауысумен байланысты болуы мүмкін. Сонымен қатар, фазалық ауысу немесе кристалл торының құрылымдық қайта түзілуі де жоққа шығарылмайды, бұл заряд тасымалдаушылар концентрациясының

артуына әкелуі мүмкін. Температураны одан әрі арттырғанда өткізгіштік төмендейді, бұл, мүмкін, материалдың дегидратациялануымен немесе өткізгіш фазаның термиялық тозуының басталуымен байланысты.

Қорытынды. Бұл зерттеуде күрделі оксидтер ($\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$) мен металл құймасының (NiCoO_x) қатысуымен ультрадиспергилеу әдісімен алғаш рет жаңа нанокөмізгіштің синтезделді. Алынған нанокөмізгіштің құрылымдық және протонөткізгіштік қасиеттері физика-химиялық әдістермен зерттелді РФА деректеріне сәйкес $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ екі фазаның қоспасының $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ күрделі оксиді моноклинді және тетрагональды фаза екендігі, сондай-ақ 1100°C күйдірілгеннен кейін тетрагональды фаза моноклинді фазаға толығымен ауысатындығы байқалды.

Иондық өткізгіш ретінде белгілі $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4$ фазасы қалпына келтірілгеннен кейін барлық үлгілерде бар екендігі дәлелденді. Металл-керамикалық $\text{La}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{NbO}_4 + \text{NiCoO}_x$ композиттік материалдардың электрофизикалық қасиеттерін өлшеу стандартты 4 электродты Ван дер Пау әдісімен жүргізілді. Үлгілерінің жалпы электр өткізгіштігі (ылғалды қалпына келтіретін атмосферада өлшенгенде) 597°C температурада $\sim 10^{-2}$ См/см анықталды. Лантан ортонобибаттары (LaNbO_4) негізіндегі нанокөмізгіштер сутегі бөлгіш мембраналар үшін, әртүрлі электрохимиялық құрылғыларда (отын элементтері, сутегі сепараторлары мен датчиктер және т.б.) пайдалану мүмкіндігіне байланысты перспективалы композиттер болып табылады.

References

- Sadykov V.A. et al. (2019) Advanced materials for solid oxide fuel cells and membrane catalytic reactors Advanced Nanomaterials for Catalysis and Energy. — Elsevier. — C. 435-514 (in English)
- Malavasi L., Fisher C.A.J., Islam M.S. (2010) Oxide-ion and proton conducting electrolyte materials for clean energy applications: structural and mechanistic features. Chemical Society Reviews. — P. 39. — 11: 4370-4387 (in English)
- Markov A.A., Nikitin S.S., Politov B.V., Shalaeva E.V., Tyutyunnik A.P., Leonidov I.A., Patrakeev M.V. (2021) The impact of cerium content on oxygen stoichiometry, defect equilibrium, and thermodynamic quantities of $\text{Sr}_{1-x}\text{Ce}_x\text{FeO}_{3-\delta}$. Journal of Alloys and Compounds. — 875:160051 (in English)
- Gui L., Ling Y., Li G., Wang Z., Wan Y., Wang R., He B., Zhao L. (2016) Enhanced sinterability and conductivity of $\text{BaZr}_{0.3}\text{Ce}_{0.5}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ by addition of bismuth oxide for proton conducting solid oxide fuel cells. Journal of Power Sources. — P.369–375 (in English)
- Rashid N.L.R.M., Samat A.A., Jais A.A., Somalu M.R., Muchtar A., Baharuddin N.A., Isahak W.N.R.W. (2019) Review on zirconate-cerate-based electrolytes for proton-conducting solid oxide fuel cell // Ceramics International. — 45:6605-6615. (in English)
- Markov A.A., Nikitin S.S., Politov B.V., Shalaeva E.V., Tyutyunnik A.P., Leonidov I.A., Patrakeev M.V. (2021) The impact of cerium content on oxygen stoichiometry, defect equilibrium, and thermodynamic quantities of $\text{Sr}_{1-x}\text{Ce}_x\text{FeO}_3$. Journal of Alloys and Compounds. — 875:160051 (in English)
- Hashim S.S., Somalu M.R., Loh K.S., Liu S., Zhou W., Sunarso J. (2018) Perovskite-based proton conducting membranes for hydrogen separation: A review. International Journal of Hydrogen Energy. — 43:15281-15305 (in English)
- Sonu B.K., Sinha E. (2021) Structural, thermal stability and electrical conductivity of zirconium substituted barium cerate ceramics. Journal of Alloys and Compounds. — 860:158471 (in English)
- Khalid Hossain M., Biswas M.C., Chanda R.K., Rubel M.H.K., Ishak Khan M., Hashizume K. (2021)



A review on experimental and theoretical studies of perovskite barium zirconate proton conductors // Emergent Materials. — 4:999-1027 (in English)

Jian L., Wayman M. (196) Protonic conduction in Sr-doped $(\text{La}_{1-x}\text{Sm}_x)\text{PO}_4$, Journal of Solid State Chemistry. — 79:65-69 (in English)

Fjeld H., Kepaptsoglou D. M., Haugsrud R., Norby T., ReidarHaugsrud. (2010) Charge carriers in grain boundaries of 0.5% Sr-doped LaNbO_4 , Solid State Ionics. — 181:104-109 (in English)

Yong Cao, Bo Chi, Jian Pu, Li Jian. (2014) Effect of Ce and Yb co-doping on conductivity of LaNbO_4 , Journal of the European Ceramic Society. — 3:1981-1988 (in English)

Brand A.D., Gracio J., Mather G.C., Kharton V.V., Fagg D.P. (2011) B-site substitutions in $\text{LaNb}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{4-\delta}$ materials in the search for potential proton conductors ($\text{M}=\text{Ga}, \text{Ge}, \text{Si}, \text{B}, \text{Ti}, \text{Zr}, \text{P}, \text{Al}$), Journal of Solid State Chemistry. — 184: 863-870 (in English)

Brandao A.D., Antunes I., Frade J.R., Torre J., Mikhalev S.M., Fagg D.P. (2012) Effects of A and B site acceptor doping on hydration and proton mobility of LaNbO_4 , International journal of hydrogen energy. — 37:8004-8016 (in English)

Mariya Ivanova, Sandrine Ricote, Wilhelm A. Meulenberg, Reidar Haugsrud, Mirko Ziegner. (2012) Effects of A-and B-site (co-)acceptor doping on the structure and proton conductivity of LaNbO_4 , Solid State Ionics. 213:45-52 (in English)

Yong Cao, Nanqi Duan, Xin Wang, Bo Chi, Jian Pu, Li Jian. (2015) Enhanced electrical conductivity of Mo-doped LaNbO_4 , Journal of the European Ceramic Society. — 35: 979-1983(in English)

Mariya E. Ivanova, Wilhelm A. Meulenberg, Justinas Palisaitis, Doris Sebold, Cecilia Solís, Mirko Ziegner e, Jose M. Serra, Joachim Mayer, Michael Hänsel, Olivier Guillon. (2015) Functional properties of $\text{La}_{0.99}\text{X}_{0.01}\text{Nb}_{0.99}\text{Al}_{0.01}\text{O}_{4-\delta}$ and $\text{La}_{0.99}\text{X}_{0.01}\text{Nb}_{0.99}\text{Ti}_{0.01}\text{O}_{4-\delta}$ proton conductors where X is an alkaline earth cation, Journal of the European Ceramic Society. — 35:1239-1253 (in English)

João P.C. do Nascimento, Felipe F. do Carmo, Marcello X. Façanha, José E.V. de Morais, Antonio J.M. Sales, Humberto D. de Andrade, Idalmir S. Queiroz Júnior, Antonio S.B. Sombra. (2019) Visible and near- infrared luminescent properties of $\text{Pr}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ co-doped lanthanum ortho-niobate phosphors, Optical Materials. — 109-119 (in English)

Altynbekova D.T., B.K. Massalimova, Yu.N. Bepalko, K.R. Valeev, T.A. Krieger, V.A. Sadykov. (2020) Synthesis of nanocrystalline complex oxides in supercritical alcohols. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and Technology.. — 4:6-13. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.58> (in English)

Altynbekova D.T., B.K. Massalimova, Yu.N. Bepalko, K.R. Valeev, V.A. Sadykov. (2020) Synthesis of metal nanoparticles and their alloys using supercritical fluids. Herald of the Kazakh-British technical university. Series: Chemistry. — 3:13-20 (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

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

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

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

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

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

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 23.06.2025.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 2.