

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
2 (463)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.
ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (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. KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

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

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

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

Бас редактор:

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

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джулит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ66VPY00025419 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2025

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

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Милослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

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

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

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

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

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

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

ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурabay 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>

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 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>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2025

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

CONTENTS

CHEMISTRY

A. Abdullin, N. Zhanikulov, A. Bailen, A. Sviderskiy, M. Kaiyrbaeva THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REACTIONS OCCURRING IN THE PROCESS OF FRIT FORMATION OF ZINC PHOSPHATE CEMENT.....	11
B.B. Akimbekova, A. Karilkhan, A.A. Zhorabek, A.A. Amirkhan THE INFLUENCE OF REAGENTS WITH REDOX PROPERTIES ON SELECTIVE FLOTATION.....	23
S. Bayazit, A. Zazybin, Murat Aydemir SYNTHESIS AND PHARMACOLOGY OF KAZCAINE AND OTHER 4-ETHYNYL PIPERIDINE DERIVATIVES: A REVIEW.....	39
K.T. Botabekova, S.B. Amangaliyeva, A.K. Kipchakbayeva PHOTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANT <i>PHLOMIS TUBEROSA</i>	57
A. Zhanzhaxina, Zh. Ibatayev, A. Ashirbek ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (<i>ARTEMISIA ABROTANUM</i>): LITERATURE REVIEW ON CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY.....	69
B. Imangaliyeva, B. Dossanova, A. Apendina, S. Duzelbayeva, N. Sultanov DETERMINATION OF TANNINS IN MEDICINAL PLANTS.....	86
A. Kassen, Ye. Ussipbekova, G. Suleimenova, A. Dauletbay MEMBRANE SEPARATOR PROPERTIES FOR POLYMER-BASED BATTERIES.....	104
N.B. Kassenova, R.Sh. Erkassov, S.K. Makhanova, R.N. Azhigulova, R. Bayarbolat IR SPECTROSCOPY AS A METHOD FOR STUDYING THE STABILITY AND REACTIVITY OF TETRANUCLEAR IRON(II) COMPLEXES.....	119
R.M. Kudaibergenova, A.N. Nurlybayeva, S.Z. Mateeva, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF HIGHLY DISPERSED ELECTROCORUNDUM.....	131
A.Kh. Kussainova, B.M. Kudaibergenova, A.M. Malikova, G.A. Aldibekova DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH AN EXTRACT OF SEA BUCKTHORN (<i>HIPPOPHAË RHAMNOIDES</i> L.).....	143

N. Merkhatusly, A.N. Iskanderov, S.B. Abeuova, A.N. Iskanderov, A.O. Bulumbaeva SYNTHESIS AND PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF CONJUGATED N,N-DIPHENYLANILYNILAZULENES.....	157
G. Mukusheva, N. Toigambekova, N. Bazarnova, M. Nurmaganbetova, A. Abdraim OBTAINING NEW DERIVATIVES OF THE ALKALOID QUININE AND STUDYING THEIR ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY.....	169
N.Zh. Mukhamediyarov, N.N. Nurgaliev, A.A. Ualikhanov, A.N. Sabitova, N.A. Aitkazin CURRENT STATE OF WASTE FROM METALLURGICAL PRODUCTION IN SOUTH KAZAKHSTAN AND PROSPECTS FOR THEIR PROCESSING.....	183
K.T. Mukhanbetzhanova, N.A. Satybaeva, K. Kuptleuova POLYMER-COLLOIDAL COMPLEX NEW BINDING MATERIAL FOR MAKING MOULDS AND RODS.....	198
G. Ormanova, A. Anarbayev, B. Kabylbekova, N. Anarbayev STUDY OF THE FILTRATION RATE OF GYPSUM FROM SODIUM CHLORIDE SOLUTIONS.....	214
R.K. Rakhmetullayeva, M. Abutalip, B.M. Bayanbayev, A.M. Abukhan, N.B. Sarova EXTRACTION OF WOOD-POLYMER COMPOSITES FROM POLYMER WASTE.....	228
B.B. Ryskulbek, Yu.B. Abdussametova, M.A. Dyusebaeva, N.A. Ibragimova, G.E. Berganayeva COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN THE ROOTS AND LEAVES OF ARCTIUM LAPPA.....	243
A. Tukibayeva, A. Bayeshov, D. Asylbekova, G. Adyrbekova, N. Kalieva STUDY OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF PHOSPHINE IN AQUEOUS SOLUTIONS.....	260
O.S. Kholkin, N.S. Ivanov, I.E. Adelbayev, A.B. Bayeshov, M. Zhurinov FORMATION OF ZIRCONIUM DIOXIDE BY ELECTROCHEMICAL DISSOLUTION OF ZIRCONIUM BY AC CURRENT IN ACIDIC MEDIA.....	274

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Қайырбаева МЫРЫШ ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТТІҢ ФРИТТ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСІНДЕ ЖҮРЕТІН РЕАКЦИЯЛАРДЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ.....	11
Б.Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан ТОТЫҚТЫРҒЫШ-ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРҒЫШ ҚАСИЕТТЕРГЕ ИЕ РЕАГЕНТТЕРДІҢ СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯҒА ӘСЕРІ.....	23
С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир ҚАЗКАИН ЖӘНЕ БАСҚА ДА 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ МЕН ФАРМАКОЛОГИЯСЫ: ШОЛУ МАҚАЛАСЫ.....	39
К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева PHLOMIS TUBEROSA ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	57
А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Әшірбек ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (<i>ARTEMISIA ABROTANUM</i>): ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ БОЙЫНША ӘДЕБИ ШОЛУ.....	69
Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Сұлтанов ДӘРІЛІК ӨСІМДІКТЕРДЕГІ ІЛК ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ.....	86
А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай ПОЛИМЕРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ БАТАРЕЯЛАРҒА АРНАЛҒАН МЕМБРАНА-СЕПАРАТОР ҚАСИЕТТЕРІ.....	104
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат ИҚ — СПЕКТРОСКОПИЯ ТЕТРАЯДРОЛЫ ТЕМІР (II) КЕШЕНДЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН РЕАКЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ РЕТІНДЕ.....	119
Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева, Г.А. Сейтбекова ЖОҒАРЫ ДИСПЕРСТІ ЭЛЕКТРОКОРУНДТЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....	131
А.Х. Кусайнова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова ҚҰРАМЫНА ОБЛЕПИХА (<i>PIRRORHÆ RHAMNOIDES</i> L.) ЭКСТРАКТЫ	

ҚОСЫЛҒАН ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ДАЙЫНДАУ.....	143
Н. Мерхатұлы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров, А.О. Бұлмбаева ҚОСАРЛАНҒАН N,N-ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНДЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ФОТОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмағанбетова, А. Абдраим ХИНИН АЛКАЛОИДЫНЫҢ ЖАҢА ТУЫНДЫЛАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАБЫНУҒА ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нурғалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ МЕТАЛЛУРГИЯ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ӨНДЕУДІҢ БОЛАШАҒЫ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев НАТРИЙ ХЛОРИДІ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН ГИПСТІ СҮЗУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Әбутәліп, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛИМЕР ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АҒАШ-ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТЕРДІ АЛУ.....	228
Б.Б. Рысқұлбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева ARSTIUM LAPPA ТАМЫРЫ МЕН ЖАПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ.....	243
А. Тукибаева, А. Басшов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ФОСФИННІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДЕРДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, Ә.Б. Басшов, М. Жұрынов ҚЫШҚЫЛДЫ ОРТАДА АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ЦИРКОНИЙДІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЕРІТУ АРҚЫЛЫ ЦИРКОНИЙ ДИОКСИДІН АЛУ....	274

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Кайырбаева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ФРИТТООБРАЗОВАНИЯ ЦИНК ФОСФАТНОГО ЦЕМЕНТА.....	11
Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКТИВНУЮ ФЛОТАЦИЮ РЕАГЕНТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	23
С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир СИНТЕЗ И ФАРМАКОЛОГИЯ КАЗКАИНА И ДРУГИХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИНА: ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ.....	39
К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ <i>PHLOMIS TUBEROSA</i>	57
А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Аширбек <i>ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (ARTEMISIA ABROTANUM)</i> : ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	69
Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Султанов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ.....	86
А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай СВОЙСТВА МЕМБРАНЫ-СЕПАРАТОРА ДЛЯ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ.....	104
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат ИК – СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (II).....	119
Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева, Г.А. Сейтбекова ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ЭЛЕКТРОКОРУНДА.....	131

А.Х. Кусаинова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭКСТРАКТОМ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (<i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES L.</i>).....	143
Н. Мерхатулы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров СИНТЕЗ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПРЯЖЕННЫХ N, N ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНОВ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмаганбетова, А. Абдраим ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ХИНИНА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нургалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ГИПСА ИЗ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА НАТРИЯ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Абуталип, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ.....	228
Б.Б. Рыскулбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОРНЯХ И ЛИСТЯХ ARSTIUM LAPPA.....	245
А. Тукибаева, А. Башов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОСФИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, А.Б. Башов, М. Журинов ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ РАСТВОРЕНИЕМ ЦИРКОНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	274

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2. Number 463 (2025), 105–118

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.284>

UDC 544.6.018.47

© A. Kassen, Ye. Ussipbekova*, G. Suleimenova, A. Dauletbay, 2025.

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: enlik.ussipbekova@gmail.com

MEMBRANE SEPARATOR PROPERTIES FOR POLYMER-BASED BATTERIES

A. Kassen — 2nd course student of master's degree, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: kassenakerke@gmail.com ;

Ye. Ussipbekova — PhD ass. prof. of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: enlik-86taraz@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8367-1800;

G. Suleimenova — master, 2nd course student of PhD, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: gulnur-suleimen@mail.ru, ORCID:0000-0002-2338-8453;

A. Dauletbay — PhD, Senior Researcher of Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: akbar.dauletbay@nu.edu.kz, ORCID:0000-0003-0157-1449.

Abstract. The article examines methods for fabricating membrane separators (solid polymer electrolytes) for batteries utilized in modern electronics, gadgets, and electric vehicles. These electrolytes offer several advantages, including safety, non-flammability, non-toxicity, environmental sustainability, and the ability to recover energy following external damage. This study investigates the properties of membranes designed for high-performance batteries. Membrane separators based on PVDF-PEO-TiO₂ were synthesized with varying component ratios. The optimal composition and electrochemical properties of the polymer composite were identified, with the 3:1 ratio of PVDF-PEO-TiO₂ demonstrating the highest efficiency. The impact of filler concentration on the ionic conductivity of the membrane was analyzed. The maximum conductivity, $\sigma = 9.59 \times 10^{-3}$ S/cm, was achieved at 40 °C with a TiO₂ concentration of 0.025%. A further increase in titanium oxide content resulted in a decline in conductivity due to the deposition of excess TiO₂ on the membrane surface, which obstructed ion transport. The temperature dependence of ionic conductivity followed the Arrhenius equation, indicating that higher temperatures enhance ion mobility. The composite polymer separators were further characterized using scanning electron microscopy and infrared (IR) spectroscopy. These findings highlight the critical role of investigating the physicochemical interactions between the polymer matrix and the filler. Such

studies advance fundamental knowledge and enable the development of membrane separators with tailored properties, simplifying the selection of components for specific applications.

Keywords: lithium-ion polymer batteries, ion conductivity, separator membrane, filler, film

© А. Касен, Е. Усипбекова*, Г. Сулейменова, А. Даулетбай, 2025.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: enlik.ussipbekova@gmail.com

ПОЛИМЕРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ БАТАРЕЯЛАРҒА АРНАЛҒАН МЕМБРАНА-СЕПАРАТОР ҚАСИЕТТЕРІ

А. Касен — 2-курс магистранты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: kassenakerke@gmail.com;

Е. Усипбекова — PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің қауымдастырылған профессоры, Алматы, Қазақстан,

E-mail: enlik-86taraz@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8367-1800;

Г. Сулейменова — магистр, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің 2-курс докторанты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: gulnur-suleimen@mail.ru, ORCID:0000-0002-2338-8453;

А. Даулетбай — PhD, Назарбаев Университетінің аға ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан,

E-mail: akbar.dauletbay@nu.edu.kz, ORCID:0000-0003-0157-1449.

Аннотация. Бұл мақалада заманауи электронды техникада, гаджет және электромобильдерде қолданылатын батареялар үшін мембрана-сеператорлар (немесе қатты полимерлі электролиттер) жасаудың жолдары келтірілген. Электролиттің бұл түрі басқалардан қауіпсіздік, жарылғыш емес, жанғыш емес, улы емес және экологиялық таза, сонымен бірге сыртқы әсерге зақымданған кезде өз энергиясын қайта қалпына келтіре алатын қабілеттермен ерекшеленеді. Жұмыста тиімділігі жоғары болатын заманауи аккумуляторларға арналған мембрана қасиеттері зерттелінген. Атап айтқанда, әр түрлі қатынаста құрамы ПВДФ-ПЭО- TiO_2 негізінде мембрана-сеператорлар (қатты полимерлі электролит) алынған. Аталған полимерлі композиттің тиімді құрамы, электрохимиялық қасиеттері зерттелінген. Алынған мембрана-сеператордың ең тиімді құрамы (3:1) ПВДФ-ПЭО- TiO_2 болып табылады. Толтырғыштың концентрациясының қабықша өткізгіштігіне әсері зерттелініп, оның ең жоғары көрсеткіші TiO_2 0,025% мөлшерінде 45°C температурада $\sigma = 9,59 \cdot 10^{-3}$ См/см. Алынған нәтижелер титан оксидінің мөлшерінің артуымен өткізгіштіктің шамалы төмендеуін көруге болады, ол титан оксидінің артық мөлшерінің мембрана бетіне тұнып, ионның тасымалдауын блоктауынан болуы мүмкін. Сонымен қатар, температураның иондық өткізгіштікке тәуелділігі Аррениус ережесіне сәйкес келетінін байқауға болады, яғни температура артуы иондардың қозғалысының артуына алып келеді. Алынған композитті полимерлі сеператордың сканерлеуші электронды микроскоп

зерттеулері және инфрақызыл спектроскопия әдісімен талдау нәтижелері келтірілген. Алынған нәтижелер бойынша түрлендіргіштің мембраналы сепараторлардың қасиеттеріне әсер етуінің физика-химиялық аспектілерін мұқият зерттеу іргелі білімді одан әрі жинақтау және полимер матрицасы мен толтырғыш арасындағы өзара әрекеттесу заңдылықтарын шығару үшін маңызды болады. Бұл пайдаланушыға қажетті сипаттамалары бар мембраналық сепаратордың құрамдас бөліктерін таңдауды жеңілдетеді. Зерттеу нәтижесінде алынған композиттік мембраналарды химиялық тоқ көзі үшін қолдануға болады.

Түйін сөздер: литий-ионды полимерлі батареялар, иондық өткізгіштік, мембрана-сепаратор, толтырғыш, қабықша

© А. Касен, Е. Усипбекова*, Г. Сулейменова, А. Даулетбай, 2025.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: enlik.ussipbekova@gmail.com

СВОЙСТВА МЕМБРАНЫ-СЕПАРАТОРА ДЛЯ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ

А. Касен — магистрант 2 курса, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: kassenakerke@gmail.com;

Е. Усипбекова — PhD, ассоциированный профессор Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: enlik-86taraz@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8367-1800;

Г. Сулейменова — магистр, докторант 2 курса Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: gulnur-suleimen@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2338-8453;

А. Даулетбай — PhD, старший научный сотрудник Назарбаев Университета, Астана, Казахстан,

E-mail: akbar.dauletбай@nu.edu.kz, ORCID: 0000-0003-0157-1449.

Аннотация. В статье рассматриваются методы создания мембранных сепараторов (твердых полимерных электролитов) для батарей, используемых в современной электронике, гаджетах и электромобилях. Данный тип электролитов обладает рядом преимуществ, включая безопасность, отсутствие взрывоопасности, негорючесть, нетоксичность, экологичность, а также способность восстанавливать энергию при внешних повреждениях. В работе исследованы свойства мембран для современных высокоэффективных аккумуляторов. Были получены мембранные сепараторы на основе ПВДФ-ПЭО- TiO_2 в различных соотношениях компонентов. Определены оптимальный состав и электрохимические свойства данного полимерного композита. Наиболее эффективной была признана мембрана-сепаратор с соотношением компонентов 3:1 (ПВДФ-ПЭО- TiO_2). Влияние концентрации наполнителя на ионную проводимость мембраны также было изучено. Максимальная проводимость составила $\sigma = 9,59 \times 10^{-3}$ См/см при температуре 40°C и концентрации TiO_2 , равной 0,025%. Установлено, что с увеличением содержания оксида титана проводимость

снижается. Это объясняется осаждением избыточного количества TiO_2 на поверхности мембраны, что блокирует ионный перенос. Зависимость ионной проводимости от температуры соответствует правилу Аррениуса: повышение температуры приводит к увеличению подвижности ионов. Кроме того, проведен анализ полученных композитных полимерных сепараторов с использованием сканирующего электронного микроскопа и инфракрасной спектроскопии. Полученные результаты подчеркивают важность изучения физико-химических аспектов влияния наполнителя на свойства мембранных сепараторов. Это позволяет углубить фундаментальные знания о взаимодействиях между полимерной матрицей и наполнителем, а также облегчает выбор компонентов для мембранных сепараторов с заданными характеристиками. Полученные в результате исследований композитные мембраны могут быть использованы для химических источников тока.

Ключевые слова: литий-ионные полимерные батареи, ионная проводимость, мембрана-сепаратор, наполнитель, пленка

Кіріспе. Қазба ресурстарын пайдалануды азайту және жаңартылатын энергияны өндіру мен сақтауды жақсарту бойынша электр энергиясын сақтау жүйелері-ауысудың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені олар жаңартылатын энергия көздері, литий-ионды аккумулятор (ЛИА) өндіретін электр энергиясын тиімді сақтайды (Zhang, et al., 2017). Литий-ионды аккумулятор электроникада, электромобильдерде және энергетикалық жүйелерде, робототехникада және басқа салаларда кеңінен қолданылып келеді (Luo, et al., 2022). Ең үлкен нарық-портативті электр құрылғылары болды, бірақ қазіргі таңда автомобиль көлігі үшін литий-ионды аккумуляторларға сұраныс арта түсуде. Батарея аэроғарыш өнеркәсібінде, соның ішінде спутниктер мен авиацияда да қолданыла бастады. Жоғары энергия тығыздығы және тиімділігі, ұзақ қызмет ету мерзімі, жылдам зарядтау және разрядтау, өздігінен төмен разряд жылдамдығы және жұмыс температурасының кең ауқымы, жоғары қуат сыйымдылығы, ұзақ қызмет ету мерзімі сияқты қасиеттеріне байланысты кеңінен пайдаланылуда (Zhang, et al., 2019). Батареялардың энергия тығыздығы артып келе жатқанына қарамастан, қауіпсіздік мәселелері олардың одан әрі практикалық қолданылуына айтарлықтай кедергі келтіретін маңызды мәселе болып тұр. Сондықтан да, қарқынды жұмыс жағдайында литий-ионды батареялар термиялық үдеу қауіпіне ұшырайтыны белгілі болып отыр (Liu, et al., 2017).

Литий-ионды аккумулятор негізгі төрт компоненттен тұрады: катод, анод, электролит және сепаратор. Батареяның әртүрлі компоненттерінің ішінде сепаратор батарея өнімділігінде маңызды рөл атқарады (Liu, et al., 2018). Литий-ионды аккумулятор сепараторы катод пен анодтың арасында орналасқан және литий тогын өткізген кезде оң және теріс электродтардың электронды оқшаулауында шешуші рөл атқарады, ол аккумулятордың электрохимиялық өнімділігіне қатты әсер етеді. Сепараторлар электродтардың бір-біріне тиіп кетуіне және қысқа тұйықталуына жол бермеу үшін жоғары температурада тұрақты өлшемдерді

сақтауы керек (Gong, et al., 2020). Сепараторлардың ең маңызды сипаттамалары микроқұрылым, ылғалдылық, термиялық және механикалық қасиеттер және иондық өткізгіштік мәні болып табылады. Сепаратордың үлкен кеуектілігі литий иондарының сепаратордың микропоралары арқылы тасымалдануына ықпал етеді (Costa, et al., 2019). Сепаратор электролит қоймасы ретінде де қызмет ете алады, иондардың тасымалдануына және белгілі бір дәрежеде электрохимиялық сипаттамаларға әсер етеді, сондықтан оның орналасуы электрод пен электролиттің орналасуына тең болса, сепаратор маңыздырақ болады (Lee, et al., 2019).

Сепаратордың сапасының нашарлауы қуаттың төмендеуіне және ақырында қуат көзінің істен шығуына әкелуі мүмкін. Сепаратордың бұзылуының басты себептері, негізінен, сепаратордың кеуектерінен туындаған литий дендриттерінің өсуі, электролиттің енуі, сепаратордағы циклдік өткелдердің бітелуі және температураның жоғарылауынан туындаған құрылымның бұзылуы болып табылады. Қазіргі уақытта жоғары қауіпсіздік пен сенімділікке, сондай-ақ ұзақ қызмет ету мерзіміне ие батарея сепараторлары мұқият зерттелуде (Xu, et al., 2020).

Соңғы жылдары ғалымдар поли(винилиденфторид) (ПВДФ)-полиэтиленоксид (ПЭО) негізіндегі электролитті алу және соның негізінде алынған композитті полимерлі электролиттерге зерттеулер жүргізуде (Martins, et al., 2020). Типтік сызықтық ПЭО этилен оксиді (ЭО) тізбектерінің жоғары кристаллдылығына байланысты болатын негізгі кемшілігі—олардың бөлме температурасында иондық өткізгіштігі төмен (10^{-6} -дан 10^{-8} См⁻¹-ге дейін) (Karthik, et al., 2018). Кристалдықты төмендету және иондық өткізгіштікті жақсарту үшін поливинилиденфторидті (ПВДФ) (Ushakova, et al., 2020) және полимер матрицасына TiO₂, SiO₂ және Al₂O₃ т.б сияқты нано толтырғыштарды қосты (Dhatarwal, et al., 2021). Сонымен қатар, ПЭО-нің жоғары қауіпсіздік, өндірістің қарапайымдылығы, төмен құны, жоғары энергия тығыздығы, төмен уыттылығы, жақсы электрохимиялық тұрақтылық және литий тұзымен тамаша үйлесімділік сияқты бірқатар ерекше артықшылықтары бар. Алайда, ПВДФ-ті де қолдануды шектейтін фактор бар. Бұл ПВДФ-тегі фтор атомдарының литий тұздарымен әрекеттесуі. Сонымен қатар, ПВДФ -тің кристалдық құрамы Li иондарының миграциясына әсер етеді, бұл ПВДФ негізіндегі мембрананың өнімділігінің нашарлауына әкеледі (Хуе, et al., 2015).

ПЭО негізіндегі электролиттік жүйелердің иондық өткізгіштігін және басқа электрохимиялық қасиеттерін жақсарту үшін екі негізгі тәсіл ұсынылды: біріншісі пластификация, екіншісі нано/микро өлшемді керамикалық толтырғыштарды дисперсиялау. Мұндағы полиэтилен оксиді (ПЭО)-бұл металл тұздарының жоғары концентрациясын еріту қабілеті бар бөлме температурасындағы жартылай кристалды полимер (Dhatarwal, et al., 2020). Жоғарыда келтірілген артықшылықтарына байланысты негізгі матрицаны құраушы полимер ретінде алынды. Күшті электронды акцепторлық функционалдық топтың (-C-F) арқасында ПВДФ негізіндегі ҚПЭ анодтық тұрақтылыққа ие болады. Бұл зерттеуде поливинилиденфторид (ПВДФ) электрохимиялық және механикалық қасиеттеріне байланысты пластификация және сополимер ретінде таңдалынды. Титан диоксиді (TiO₂) наноөлшемді керамикалық толтырғыш ретінде таңдалды.

TiO₂ негізіндегі нано толтырғыштар улы емес және химиялық тұрақтылық қасиеттеріне байланысты ұшпа органикалық қосылыс сенсорлары (ҰОС) және өзін-өзі қыздыратын сенсорлар сияқты бірнеше қолданбаларға ие (Ganta, et al., 2021). Зерттеудің мақсаты, энергия сақтау жүйелері үшін иондық өткізгіштігі жоғары қатты полимерлі электролит (полимерлі мембрана-сепараторлар) алу және электрохимиялық, физика-химиялық қасиеттерін зерттеу, полимерлі мембрана-сепараторлардың оңтайлы құрамын анықтау. Жұмыста нанокөмірдік полимерлі электролит (НКПЭ) немесе мембрана-сепараторлар (полимерлі электролит) бейорганикалық тұздардың қатысуынсыз алынды. Алынған мембрана-сепараторлардың күрделі түзілуі, бетінің морфологиясын және электрохимиялық қасиеттерін зерттеу үшін сәйкесінше сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ), инфрақызыл спектроскопия әдістері сияқты әртүрлі эксперименттік әдістер қолданылды.

Болашақта қайта зарядталатын батарея сепараторларына (мембрана) қойылатын талаптар жоғары болғандықтан, соны қанағаттандыратын сепараторларды дайындау, тиімді құрамды сепараторлар дайындау үшін қосымша зерттеулер қажет болғандықтан, мақалада химиялық тоқ көздері үшін қолданылатын композициялық полимерлі электролиттер алынып және олардың физика-химиялық қасиеттері сипатталынды, сонымен қатар алынған мембраналардың иондық өткізгіштік қасиетіне толтырғыш құрамының тиімділік әсері қарастырылды.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Берілген жұмыста полиэтилен оксид (ПЭО) $M_w=600,000$ г/моль (CAS № 25322-68-3), поливинилиденфторид (ПВДФ) $M_w\sim 534,000$ г/моль (CAS № 24937-79-9), бөлшектердің өлшемдері 25 нм нано толтырғыш титан диоксиді (TiO₂) (CAS № 1317-70-0) (Sigma-Aldrich) мембрана-сепараторларды дайындауға арналған бастапқы материалдар ретінде пайдаланылды. Сонымен қатар, еріткіш ретінде N, N-диметилформамид (ДМФА) (CAS № 68-12-2) (Loba Chemie, Үндістан) пайдаланылды.

Мембрана-сепараторлар 1:1 қатынаста, яғни ((50 мас.% ПЭО/50 мас.% ПВДФ)+х мас.% TiO₂ (х=2.5; 5; 7.5; 10)) және 3:1 қатынаста, яғни ((70 мас.% ПЭО/30 мас.% ПВДФ)+х мас.% TiO₂ (х=2.5; 5; 7.5; 10)) ерітіндіде дәстүрлі құю әдісімен алынды. Алдымен ПВДФ полимері берілген 1:1, 3:1 қатынаста дайындалды, ПВДФ (0,1 г) мөлшері химиялық стаканға салынды, ол магниттік араластырғышта ДМФА (7 мл) еріткішінде ерітілді. Осыдан кейін полимерлі ерітіндіге TiO₂ нано толтырғышты (х=2.5; 5; 7.5; 10 мас.%) (0.025; 0.05; 0.075; 0.1 г) қосылып, қайтадан араластырылды. Содан кейін, ерітіндіге ПЭО полимерін 1:1 (0,1 г), 3:1 (0,3 г) қосып, 60°C температурада, электролит ерітінділеріндегі TiO₂ нанобөлшектерінің жақсы дисперсиясына қол жеткізу үшін магнитті араластырғыш арқылы 2 сағат бойы үздіксіз араластырылды. Нәтижесінде, TiO₂ концентрациясы әртүрлі полимерлі электролиттердің 8 гетерогенді, тұтқыр ерітінділер алынып, полимерлі электролит ерітіндісі Петри шыны табақшасына құйылды. Пленканы қалыптастыру үшін құйылған ерітінді 24 сағат бойы 70°C температурада реттелетін кептіргіш пешке қойылды, содан кейін бөлме температурасына дейін салқындатылды, нәтижесінде бос тұрған мембрана-сепараторлар пайда болды (1-сурет).



1-сурет. Құю әдісінің схемасы

Нәтижелер және талқылаулар. Иондық өткізгіштікті анықтау.

Берілген жұмыста нанотолтырғыш TiO_2 концентрациясы (TiO_2 , мас.%) алынған мембрананың 25-45°C температура аралығында өткізгіштігіне әсері зерттелінді. Иондық өткізгіштік көлемдік кедергіні ескере отыра (мембрана қалыңдығы және ауданы) есептелінді. Сұйық электролит сіңдірілген мембрананың иондық өткізгіштігі Metrohm Autolab PGSTAT204 қондырғысында электрохимиялық импедансты спектроскопия әдісімен (EIS) анықталынды. Өлшеу 10 мВ амплитудада 0,1 Гц-1 МГц жиілік аралығында жүргізілді. Иондық өткізгіштік (σ) келесі теңдеумен есептелінді:

$$\sigma = d/(R_b \times A) \quad (1),$$

мұнда d — мембрана қалыңдығы, R_b — мембрананың көлемдік кедергісі, A — мембрана көлденең қимасының ауданы. Мембрана қалыңдығы МЦК25 (ZITOM) 0-25mm (0.001mm) электронды сандық микрометрмен өлшенді.

1- Кесте. Әр түрлі температура және TiO_2 үлесіндегі КПЭ иондық өткізгіштігі

№	Полимер қатынастары	Толтырғыш (TiO ₂) үлесі, (г)	T, °C	d, см	R, Ом	Б, См/см
1	ПЭО-ПВДФ 1:1	0.025	25	0,0093	115,47	1,62*10 ⁻⁴
			35		48,62	3,84*10 ⁻⁴
			45		21,3	8,42*10 ⁻³
2		0.05	25	0,1082	30,1	7,22*10 ⁻³
			35		21,7	8,21*10 ⁻³
			45		20,68	8,36*10 ⁻³
3		0.075	25	0,1124	149,3	1,22*10 ⁻⁴
			35		137,1	1,64*10 ⁻⁴
			45		49,59	3,64*10 ⁻³
4		0.1	25	0,1134	61,25	3,56*10 ⁻³
			35		55,21	3,64*10 ⁻³
			45		50,44	4,61*10 ⁻³

5	ПЭО-ПВДФ 3:1	0.025	25	0,1234	28,3	8,67*10 ⁻³
			35		21,15	8,96*10 ⁻³
			45		16,91	9,59*10 ⁻³
6		0.05	25	0,1162	29,86	7,82*10 ⁻³
			35		29,72	7,85 *10 ⁻³
			45		20,76	8,30*10 ⁻³
7		0.075	25	0,1249	64,99	3,72*10 ⁻³
			35		61,21	3,95*10 ⁻³
			45		51,66	4,52*10 ⁻³
8		0.1	25	0,1206	59,86	3,82*10 ⁻³
			35		49,72	3,85 *10 ⁻³
			45		31,32	6,30*10 ⁻³

Кестеде полиэтиленоксид (ПЭО) және поливинилиденфторид (ПВДФ) негізіндегі композитті электролиттердің әртүрлі полимерлік қатынастарында (1:1 және 3:1) және титан диоксиді (TiO_2) толтырғышының үлесімен өткізгіштігі туралы деректер көрсетілген. Тәжірибе әртүрлі температураларда ($T, ^\circ\text{C}$) жүргізілді, бұл материал құрылымының, температураның және толтырғыш концентрациясының өткізгіштікке әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Өткізгіштіктің өзгерісі электрод-электролит бөлу шекарасында зарядтың жинақталуынан болады, ол поляризациялық эффекттің туындауына алып келеді. Толтырғыштың аз мөлшерінде (0,025 г) өткізгіштік температураның жоғарылауымен артады, TiO_2 концентрациясы 0.05 г дейін артқанда, температураның кең диапазонында жоғары өткізгіштік байқалады (1-кесте). Бұл толтырғыштың аморфты ПЭО фазасының тұрақтануын жақсартуы арқылы иондардың қозғалысын арттыруымен түсіндіріледі. Бірақ толтырғыштың мөлшерін одан әрі арттыратын болсақ керісінше аморфты фазаның үлесі азайып, кристалдықтың артуы мүмкін ғалымдардың еңбегінде толтырғыштың оңтайлы концентрациясы массаның 2-5% құрайды (Chen, et al., 2010), себебі бұл иондардың тасымалдануын қамтамасыз ететін арналардың пайда болуына көмектеседі делінген. Барлық жағдайларда өткізгіштіктің температураға тәуелділігі байқалады, яғни температураның өсуі өткізгіштіктің артуына әкеледі. Бұл иондардың тасымалдануының жылулық белсенділіктің сипатымен, яғни Аррениус механизмімен түсіндіруге болады. TiO_2 қосылған полимерлі электролиттерде иондардың қозғалысын жақсарту арқылы активтену энергиясының төмендеуі байқалады (Zhang, et al., 2015). Мембраналардың өткізгіштік қасиетіне полимерлердің ара қатынасы да әсер етеді. 1:1 қатынасында ПВДФ фазасы көп болғандықтан, механикалық қасиеттер жақсарады, бірақ жоғары кристалдылыққа байланысты өткізгіштік төмендеуі байқалады (1-кесте). 3:1 қатынасында ПЭО үлесі артады, бұл аморфты фазаның жоғарылауына және сәйкесінше өткізгіштіктің артуына әкеледі. Бұл 3:1 қатынасында барлық температура мен толтырғыш концентрацияларында σ жоғарырақ мәндерімен дәлелденеді. Мембрана-сепаратордың кедергісі ПЭО-

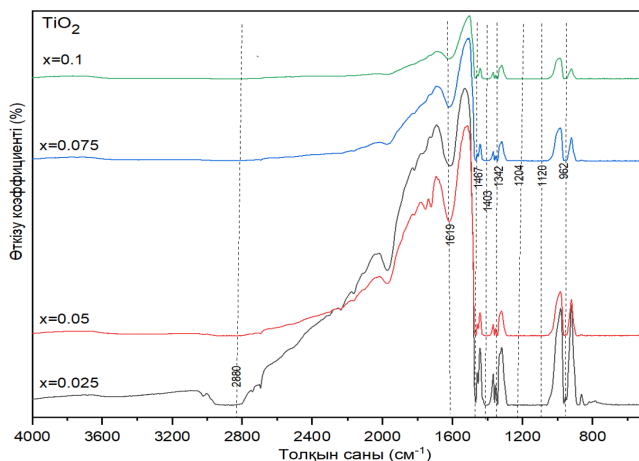
ПВДФ 1:1 және ПЭО-ПВДФ 3 :1 қатынасында да TiO_2 үлесі 0,025% болғанда 21,31 және 16,91 болатыны, ал ол кезде иондық өткізгіштік $8,42 \cdot 10^{-3}$ және $9,59 \cdot 10^{-3} \text{ См/см}$ болатынын көрсетті.

Инфрақызыл спектроскопия әдісімен талдау

1:1 қатынаста алынған мембрана-сеператорлардың функционалдық топтар арасындағы химиялық құрам және ықтимал өзара әрекеттесулер инфрақызыл спектроскопиясы арқылы алынды. Инфрақызыл диапазонындағы сіңіру жолақтарының позициясында, пішінінде және қарқындылығында байқалған өзгерістері бір-бірімен әрекеттесетін барлық материалдарды анықтау құралы ретінде пайдаланылды. 2-суретте 400-ден 4000 см^{-1} -ге дейінгі толқындық сандар диапазонындағы 1:1 қатынаста әртүрлі TiO_2 концентрациясында ($x=0.025$; 0.05; 0.075; 0.1) алынған үлгілер үшін жазылған инфрақызыл спектрлері көрсетілген. Таза ПЭО жағдайында спектрдегі 1000-1200 см^{-1} диапазонындағы тән жолақтар үшін эфирлік топтар $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ созылу тербелістерінің шыңы және ПВДФ жағдайында CF_2 -ге тән жолақтар көрінген: 1120-1204 см^{-1} және 962 см^{-1} . Сонымен қатар 1342 және 1360 см^{-1} -де мүмкін болатын $\text{C}-\text{F}$ байланысының тербелісі ПВДФ үшін көрінген. 1403-1467 см^{-1} жолақ аралығын ПЭО мен ПВДФ-ке байланысты симметриялы CH_2 созылуына жатқызуға болады. Яғни, CH_2 топтарының тербелістері (ПЭО және ПВДФ үшін) CH_2 ассиметриялық иілуінен және CH_2 симметриялы бұрылуынан пайда болды (Ahmed, et al., 2019).

1600-2000 см^{-1} диапазонында әдетте $\text{C}=\text{O}$ және $\text{C}=\text{N}$ функционалдық топтарының тербелістері орналасады. Бұл ДМФА еріткішінің әсерінен болуы мүмкін, титан оксидінің осы мөлшерінде ($x=0.025$; 0.05) тербелістер айқын көрініп тұр, бұл еріткіштің толық буланбай қалуынан болуы мүмкін деген тұжырым жасауға болады. Ал нано толтырғыш концентрациясы жоғарылағанда тербелістер тегістеліп кетті, бұл еріткіштің толық булануын көрсетеді. Мысалы, 1619 см^{-1} тербелісінде ДМФА молекуласынан $\text{C}=\text{O}$ валенттік тербелістерімен байланысты қарқынды шың бар. TiO_2 концентрациясының жоғарылауымен ($x=0.025$ -тен $x=0.1$ -ге дейін) шыңның қарқындылығы өзгереді, бұл ДМФА-ның TiO_2 нанобөлшектерімен және полимер матрицасымен өзара әрекеттесуін көрсетуі мүмкін. Сонымен қатар, ПВДФ және ПЭО полимерлі матрицаларында 1600-2000 см^{-1} диапазонында айқын шыңдар болмайды (Mohamadi, et al., 2016).

ПЭО үшін алифатты $\text{C}-\text{H}$ симметриялы созылу тербелісі 2880 см^{-1} -де пайда болады (Mohamadi, et al., 2016) және TiO_2 нанобөлшектерінің мөлшері жоғарлаған сайын иілу шыңы жоғалып кетуі және біртегіс болуы полимерлі морфологияның немесе молекулааралық өзара әрекеттесудің өзгеруін көрсетуі мүмкін.

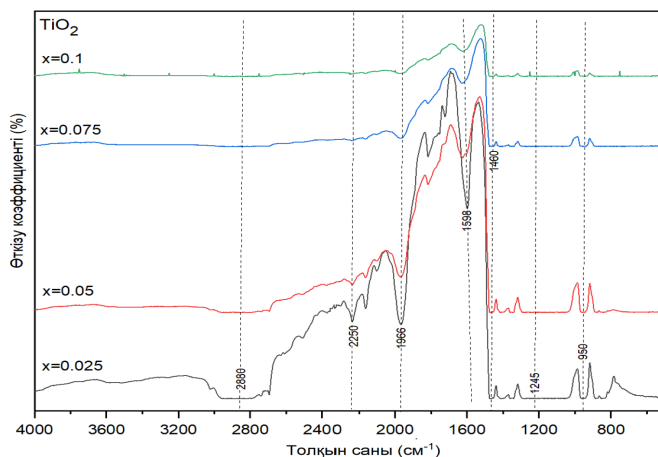


2-сурет. 1:1 қатынаста алынған әртүрлі TiO_2 концентрациясы ($x=2.5; 5; 7.5; 10$ мас.%) негізіндегі мембрана-сепараторлардың инфрақызыл талдауы

3-суретте 400-ден 4000 cm^{-1} -ге дейінгі толқындық сандар диапазонындағы 3:1 қатынаста әртүрлі TiO_2 концентрациясында ($x=0.025; 0.05; 0.075; 0.1$) алынған үлгілер үшін жазылған инфрақызыл спектрлері көрсетілген. Таза ПЭО үшін 2880 cm^{-1} орналасқан жолақ сәйкесінше C–H симметриялы созылу тербелісі және CH_2 созылу тербелістеріне байланысты. TiO_2 концентрациясының жоғарылауымен шыңның қарқындылығы төмендейді, бұл олардың нанобөлшектермен өзара әрекеттесуін көрсетеді. 1350 cm^{-1} , 1245 cm^{-1} жолақтары сәйкесінше, CH_2 ассиметриялық иілуінен және CH_2 симметриялы бұрылуынан пайда болады. 1100 cm^{-1} диапазонында эфирлік топтар C–O–C созылу режиміне байланысты. 1460 cm^{-1} жолақтары сәйкесінше ПВДФ-ке тән CH_2 және CF_2 деформациялық тербелістерін көрсетеді. TiO_2 мөлшерінің жоғарылауымен шыңдар қарқындылығының жоғарлауы байқалады, бұл нанобөлшектердің ПВДФ кристалдығына әсер етуімен байланысты болуы мүмкін. ДМФА молекуласынан C=O валенттік тербелістерімен байланысты қарқынды шың бар: 1598 cm^{-1} , 1666 cm^{-1} , 2250 cm^{-1} . 1598 cm^{-1} жиілікте ДМФА молекуласының C=O валентті тербелістері айқын жолақты береді. 2250 cm^{-1} жиіліктегі әлсіз жолақ валенттік симметриялы немесе ассиметриялы тербелісті $\text{C}\equiv\text{O}$ немесе $\text{C}=\text{N}$ топтарына қатысты болуы мүмкін.

Матрица құрамындағы ПЭО-ның басым болуы C–H топтарымен байланысты аймақтағы қарқынды шыңдардармен түсіндірілуі мүмкін. TiO_2 концентрациясының жоғарылауымен ПЭО, ПВДФ және нано толтырғыш арасындағы өзара әрекеттесу дәрежесі өзгереді.

Талдау бойынша TiO_2 концентрациясының жоғарылауы шыңдардың қарқындылығы мен пішінінде айтарлықтай өзгерістер тудырады, бұл олардың полимер матрицасының құрылымдық сипаттамаларына әсерін растайды. TiO_2 нанобөлшектері полимер матрицасымен әрекеттесуінен, кейбір жолақтардың қарқындылығының төмендеуін байқауға болады, бұл титан диоксидінің оптикалық қасиеттеріне байланысты.



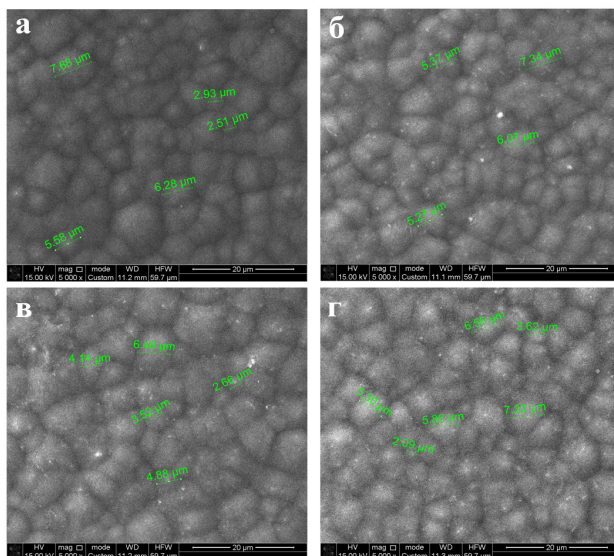
3-сурет. 3:1 қатынаста алынған әртүрлі TiO_2 концентрациясы ($x=2.5$; 5; 7.5; 10 мас.%) негізіндегі мембрана-сепараторлардың инфрақызыл талдауы

Сканерлеуші электронды микроскоп зерттеулері

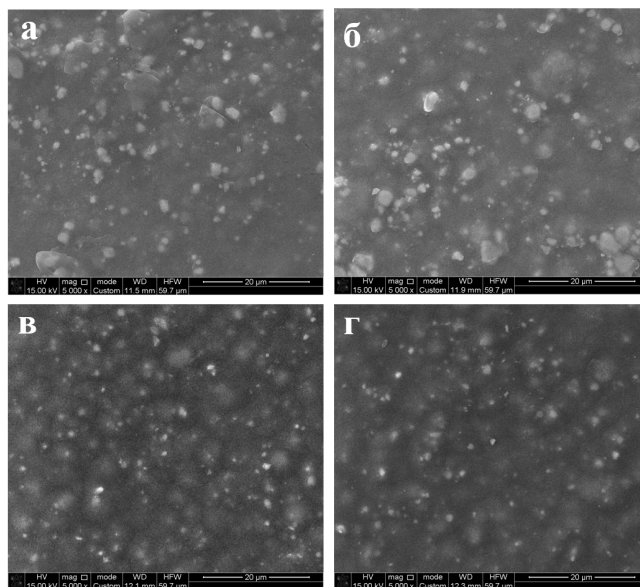
Сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ) әдетте мембрана-сепараторлардың беткі морфологиясын талдау үшін қолданылады. Мембрана-сепараторлардың беткі морфологиясы мен кристалдығы иондық өткізгіштікте маңызды рөл атқарады. Тегіс беті бар мембрана-сепараторлар жақсы иондық өткізгіштікке ие (Prabakaran, et al., 2016). 4-суретте 1:1 қатынаста әртүрлі TiO_2 концентрациясында ($a=2.5$; $b=5$; $v=7.5$; $g=10$ мас.%) алынған үлгілер үшін СЭМ кескіндері көрсетілген. Барлық пленкалардың СЭМ кескіндері бірнеше кристалды домендерден тұратын кедір-бұдыр (тегіс емес) бетті көрсетеді. Кескіндерден беттің үлкен өлшемдерде (5.58–7.89 мкм аралығында) екенін көруге болады және бұл титан оксиді концентрациясы біртіндеп артқан сайын, полимерлі матрицасының біртектілігі төмендейді. Ірі түйіндер көбейген сайын полимерлік матрицаның біртектілігін төмендетуі мүмкін (4 а-сурет), бұл иондық өткізгіштікті аздап төмендетеді. 5-7.5 мас.% TiO_2 концентрациясы жақсы баланс көрсетеді (4 б,в-сурет), беттің өлшемдерінің біртектілігі сақталады, бұл иондық өткізгіштікке оң әсер етеді. Ал титан оксидінің жоғары концентрациясы (10 мас.%) кезінде ұсақ түйіршіктер көрініп тұр (г-сурет). Артық титан оксиді бөлшектерінің жинақталуы түйіршіктің бір-біріне жақындап, агрегацияға әкелуі мүмкін, бұл иондық өткізгіштікті нашарлатуы мүмкін.

5-суретте 3:1 қатынаста әртүрлі TiO_2 концентрациясында ($a=2.5$; $b=5$; $v=7.5$; $g=10$ мас.%) алынған үлгілер үшін СЭМ кескіндері көрсетілген. 5а-суретте әртүрлі өлшемдегі біркелкі таралмаған кедір-бұдырлық бар, бұл иондар қозғалысының жолдарын шектеуі мүмкін. Келесі концентрацияда (5б-сурет) беттің аздап біркелкі болғаны көрінеді, өлшемдері салыстырмалы түрде кішірек. Одан кейінгі кескіндер бір-біріне ұқсас болып көрінгенімен, айтарлықтай айырмашылық бар (5в,г-сурет). 7.5 мас.% концентрацияда бет біркелкі, агрегация байқалмайды, түйіршіктер аздап сиректеу орналасқан. Бұл концентрацияда TiO_2 нанобөлшектері

полимерлі матрицаға тиімді түрде енеді, иондардың қозғалуына қолайлы жағдай жасайды. Келесі 10 мас.% концентрацияда өлшемдер айтарлықтай кішірейгенімен, олардың арасында агломерация байқалады, яғни бөлшектер бір-біріне жабысқан. Агломерацияның артуы матрица құрылымын тығыздайды және иондардың қозғалысына кедергі келтіреді.



4-сурет. 1:1 қатынаста алынған әртүрлі TiO_2 концентрациясы (а=2.5; б=5; в=7.5; г=10 мас.%) негізіндегі үлгінің СЭМ кескіндері



5-сурет. 3:1 қатынаста алынған әртүрлі TiO_2 концентрациясы (а=2.5; б=5; в=7.5; г=10 мас.%) негізіндегі үлгінің СЭМ кескіндері

Қорытынды. Композициялар әртүрлі мембрана-сеператорлардың 1:1 қатынаста, яғни ((50 мас.% ПЭО/50 мас.% ПВДФ)+х мас.% TiO_2 (х=2.5; 5; 7.5; 10)) және 3:1 қатынаста, яғни ((70 мас.% ПЭО/30 мас.% ПВДФ)+х мас.% TiO_2 (х=2.5; 5; 7.5; 10)) ерітіндіде дәстүрлі құю әдісімен алынды. TiO_2 нано толтырғыш концентрациясының осы мембрана-сеператорларының морфологиялық, химиялық құрылымына және иондық өткізгіштігіне әсері зерттелді. Алынған нәтижелер бойынша мембрана-сеператорының иондық өткізгіштік ең жоғары мәні $8,42 \cdot 10^{-3}$ және $9,59 \cdot 10^{-3}$ См/см болатыны анықталынды. Ең оңтайлы көрсеткішті ПЭО-ПВДФ- TiO_2 (2.5 мас %) 45°C -та 3:1 (полимерлер қатынастары) құрамды мембрана көрсетті. Инфрақызыл спектрлері ПЭО/ПВДФ қоспасы мен TiO_2 нано толтырғыш арасында өзара әрекеттесу жүретінін көрсетті, ол үлгіге тән тербеліс жолағында көрінеді. TiO_2 тән шыңдарының қарқындылығының жоғарылауымен дәлелденеді. Сонымен қатар, бұл мембрана-сеператорларының морфологиясы TiO_2 нанобөлшектерінің бастапқы қосылуымен және оның концентрациясының одан әрі жоғарылауымен күрт өзгереді.

References

- Ahmed H. T., Abdullah O. G. (2019) Preparation and Composition Optimization of PEO:MC Polymer Blend Films to Enhance Electrical Conductivity. *Polymers*, 11(5). — 853 p. (in English)
- Costa C. M., Lee Y.-H., Kim J.-H., Lee S.-Y., Lanceros-Méndez S. (2019). Recent advances on separator membranes for lithium-ion battery applications: from porous membranes to solid electrolytes. *Energy Storage Materials*, 22. — P. 346-375. (in English)
- Dhatarwal P., Sengwa R. J. (2021) Nanofiller controllable optical parameters and improved thermal properties of (PVP/PEO)/ Al_2O_3 and (PVP/PEO)/ SiO_2 nanocomposites. *Optik*, 233. — 166594 p. (in English)
- Dhatarwal P., Sengwa R. J. (2020) Dielectric polarization and relaxation processes of the lithium-ion conducting PEO/PVDF blend matrix-based electrolytes: effect of TiO_2 nanofiller. *SN Applied Sciences*, 2. — 833 p. (in English)
- Ganta K.K., Jeedi V.R., Katrapally V. K., Yalla M., Emmadi L. N. (2021) Effect of TiO_2 Nano-Filler on Electrical Properties of Na^+ Ion Conducting PEO/PVDF Based Blended Polymer Electrolyte. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31. — P. 3430-3440. (in English)
- Gong W., Zhang Z., Wei S., Ruan S., Shen C., Turng L.-S. (2020) Thermosensitive Polyacrylonitrile. Polyethylene Oxide/Polyacrylonitrile Membrane Separators for Prompt and Safer Thermal Lithium-Ion Battery Shutdown. *Journal of The Electrochemical Society*, 167(2), 020509. (in English)
- Lee, S. H., Kim, J., Kim, B.-H., Yoon, S., & Cho, K. Y. (2019) Delamination-Free Multifunctional Separator for Long-Term Stability of Lithium-Ion Batteries. *Small*, 1804980. (in English)
- Liu, K., Liu, W., Qiu, Y., Kong, B., Sun, Y., Chen, Z., Zhuo, D., Lin, D., & Cui, Y. (2017) Electrospun core-shell microfiber separator with thermal-triggered flame-retardant properties for lithium-ion batteries. *Science Advances*, 3(1), e1601978. (in English)
- Liu K., Liu Y., Lin D., Pei A., Cui Y. (2018). Materials for lithium-ion battery safety. *Science Advances*, 4(6), eaas9820. (in English)
- Luo L., Gao Z., Zheng Z., Zhang J. (2022) "Polymer-in-Ceramic" Membrane for Thermally Safe Separator Applications. *ACS Omega*, 7(40). — P. 35727-35734. (in English)
- Martins P., Lopes A. C., Lanceros-Mendez S. (2014) Electroactive phases of poly (vinylidene fluoride): Determination, processing and applications. *Progress in Polymer Science*, 39(4). — P. 683-706. (in English)
- Mohamadi M., Garmabi H., Papila M. (2016). Effect of miscibility state on crystallization behavior and polymorphism in crystalline/crystalline blends of poly (vinylidene fluoride)/poly (ethylene oxide). *Macromolecular Research*, 24(8). (in English)
- Prabakaran P., Manimuthu R. P., Gurusamy S. (2016) Influence of barium titanate nanofiller on PEO/

PVdF-HFP blend-based polymer electrolyte membrane for Li-battery applications. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 21(5). — P. 1273-1285. (in English)

Ushakova E.E., Sergeev A.V., Morzhukhin A., Napolskiy F.S., Kristavchuk O., Chertovich A.V., Yashina L.V., Itkis D.M. (2020) Free-standing Li⁺-conductive films based on PEO–PVDF blends. *RSC Advances*, 10(27). — P. 16118-16124. (in English)

You-Peng Chen, Yue Zhao, Jian Chu, Shao-Yang Liu, Wen-Wei Li, Gang Liu, Yang-Chao Tian, Ying Xiong, Han-Qing Y. (2010). Fabrication and characterization of an innovative integrated solid-state microelectrode, *Electrochimica Acta*, 55, 20. — P. 5984-5989. (in English)

Xu Y., Zhu J.-W., Fang J.-B., Li X., Yu M., Long Y.-Z. (2020) Electrospun High-Thermal-Resistant Inorganic Composite Nonwoven as Lithium-Ion Battery Separator. *Journal of Nanomaterials*, 2020. — P. 1–10. (in English)

Xue Z., He D., Xie X. (2015) Poly (ethylene oxide)-based electrolytes for lithium-ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(38). — P. 19218-19253. (in English)

Zhang C., Shen L., Shen J., Liu F., Chen G., Tao R., Ma S., Peng Y., Lu Y. (2019) Anion-Sorbent Composite Separators for High-Rate Lithium-Ion Batteries. *Advanced Materials*, 1808338. (in English)

Zhang H., Li C., Piszcz M., Coya E., Rojo T., Rodriguez-Martinez L. M., Armand M., Zhou Z. (2017) Single lithium-ion conducting solid polymer electrolytes: advances and perspectives. *Chemical Society Reviews*, 46(3). — P. 797-815. (in English)

Zhang P., Wang H., Si Q., Matsui M., Takeda Y., Yamamoto O., Imanishi N. (2015) High lithium ion conductivity solid electrolyte of chromium and aluminum co-doped NASICON-type LiTi₂(PO₄)₃, *Solid State Ionics*, 272. — P. 101-106. (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 described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

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 20.06.2025.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 2.

*Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-19*