

**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№1  
2026**

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



CENTRAL ASIAN ACADEMIC  
RESEARCH CENTER



**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF CHEMISTRY**

**1 (466)**

**JANUARY – MARCH 2026**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY

#### Editor in chief:

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

#### Editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

---

#### ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

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

Periodicity: 4 times a year.

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

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2026

#### Бас редактор:

**ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынулы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХҒАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=66021779606>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

#### Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

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

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, философия докторы (PhD, фармацевт), 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, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

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

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

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

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

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

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

---

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ23VPY00121156, выданное 05.06.2025 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

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

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

**Главный редактор:**

**ЖУРИНОВ Мурат Журинович**, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/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 АО «Научно-производственного центра» Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы**, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

**ГАРЕЛИК Хемда**, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 05.06.2025 ж. берілген № **KZ23VPYU00121156** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

## CONTENTS

## Chemistry

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

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

## МАЗМҰНЫ

### ХИМИЯ

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## ХИМИЯ

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

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

© **Darmenbayeva A.S.** <sup>1\*</sup>, **Rajasekharan R.** <sup>2</sup>, 2026.

<sup>1</sup> M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan;

<sup>2</sup> Providence College of Engineering, Kerala, India.

E-mail: maral88.ad@gmail.com

## PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF NANOCELLULOSE BIOCOMPOSITES FROM AGRO-WASTE OF THE ZHAMBYL REGION

**Darmenbayeva Akmaral** — 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>;

**Rajasekharan Reshmy** — PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of Natural Sciences and Humanities, Providence Engineering College, Kerala, India,

E-mail: reshmykumar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2091-0135>.

**Abstract.** This study presents the preparation and functionalization of nanocellulose-based biocomposite membranes derived from *Medicago sativa* (lucerne) straw, an abundant agricultural residue from the Zhambyl region. The work aims to develop value-added biodegradable materials with antibacterial activity through the integration of nanocellulose with graphene, copper nanoparticles, and polyaniline. Nanocellulose was isolated using sequential alkaline treatment, acid purification, and bleaching, followed by membrane formation via the solvent casting method. The structural features of the obtained cellulose were confirmed by Fourier-transform infrared spectroscopy, indicating the preservation of the  $\beta$ -glycosidic framework and the effective removal of non-cellulosic components. The incorporation of functional nanocomponents into the nanocellulose matrix resulted in dense, mechanically stable composite membranes with altered optical properties and enhanced functional performance. The homogeneous distribution of modifiers within the nanocellulose network provided strong interfacial interactions and the formation of a multi-component system with synergistic effects. The antibacterial activity of the membranes was evaluated against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* using the Kirby-Bauer disc diffusion method. The functionalized membranes exhibited pronounced inhibition zones, whereas the neat nanocellulose films showed no antibacterial effect. The improved antibacterial performance is attributed to the combined action of copper nanoparticles, graphene, and the conductive polymer, which promote membrane-cell interactions and induce bacterial cell damage through multiple mechanisms. The

developed materials demonstrate the potential of nanocellulose as a versatile platform for designing environmentally friendly antibacterial systems. The proposed approach contributes to the efficient utilization of agricultural waste and supports the principles of circular bioeconomy by transforming regional biomass into high-value functional biocomposites suitable for biomedical coatings, active packaging, and membrane technologies.

**Keywords:** nanocellulose, biocomposite membrane, agricultural waste, antibacterial activity, copper nanoparticles, graphene

**Financing.** *The study was conducted with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (AP22686347).*

*For citations: Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R. Preparation and characterization of nanocellulose biocomposites from agro-waste of the zhambyl region. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.1. – P. 39–54. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.339>*

© Дарменбаева А.С.<sup>1,\*</sup>, Rajasekharan R.<sup>2</sup>, 2026.

<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан;

<sup>2</sup>Провиденс инженерлік колледжі, Керала, Үндістан.

E-mail: maral88.ad@gmail.com

## ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНЫҢ АГРОҚАЛДЫҚТАРЫ НЕГІЗІНДЕ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗАЛЫҚ БИОКОМПОЗИТТЕРДІ АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Дарменбаева Ақмарал** — химия мамандығы бойынша PhD, М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, «Химия және химиялық технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Тараз, Қазақстан,

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

**Rajasekharan Reshmy** — химия мамандығы бойынша PhD, қауымдастырылған профессор, Жаратылыстану және гуманитарлық ғылымдар бөлімі, Провиденс инженерлік колледжі, Үндістан,

E-mail: reshmyrkumar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2091-0135>.

**Аннотация.** Жұмыста Жамбыл облысында өсірілген жоңышқа сабанынан алынған наноцеллюлоза негізінде функционалданған биокөмпозициялық мембраналарды алу және олардың бактерияға қарсы қасиеттерін зерттеу қарастырылды. Зерттеудің мақсаты – ауыл шаруашылығы қалдықтарын жоғары қосылған құны бар көпфункционалды материалдарға айналдыру және наноцеллюлоза матрицасының функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту. Наноцеллюлоза сілтілік өңдеу, қышқылдық тазарту және ағарту сатыларын қамтитын сатылы химиялық әдіспен алынды, ал мембраналар ерітінділік құю тәсілі арқылы қалыптастырылды. Инфрақызыл спектроскопия нәтижелері

алынған целлюлозаның полисахаридтік құрылымының сақталғанын және целлюлозаға тән функционалдық топтардың бар екенін көрсетті. Наноцеллюлоза матрицасына графен, мыс нанобөлшектері және полианилин енгізу нәтижесінде тығыз құрылымды және біртекті композициялық мембраналар түзілді. Функционалды компоненттердің наноцеллюлоза торында біркелкі таралуы көпкомпонентті жүйеде синергетикалық әсердің қалыптасуына мүмкіндік берді. Мембраналардың бактерияға қарсы белсенділігі *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* тест-дақылдарына қатысты дискілік диффузия әдісімен бағаланды. Функционалданған мембраналар микроорганизмдердің өсуін тиімді тежейтінін көрсетті, ал таза наноцеллюлоза үлгілерінде бактерияға қарсы әсер байқалмады. Алынған нәтижелер наноцеллюлозаның функционалды нанокұрылымдарды бекітуге қабілетті әмбебап матрица екенін және көпкомпонентті композициялық жүйелердің қасиеттерін бағытталған түрде реттеуге мүмкіндік беретінін дәлелдейді. Ұсынылған тәсіл ауыл шаруашылығы қалдықтарын терең өңдеуге негізделген экологиялық қауіпсіз антимикробтық материалдар алуға бағытталған және оларды биомедициналық жабындарда, белсенді қаптама материалдарында және мембраналық технологияларда қолдануға перспективалы болып табылады.

**Түйін сөздер:** наноцеллюлоза, биокөпозиттік мембрана, ауылшаруашылық қалдықтары, бактерияға қарсы белсенділік, мыс нанобөлшектері, графен

© Дарменбаева А.С.<sup>1\*</sup>, Rajasekharan R.<sup>2</sup>, 2026.

<sup>1</sup> Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

<sup>2</sup> Инженерный колледж Провиденса, Керала, Индия.

E-mail: maral88.ad@gmail.com

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НАНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ БИОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АГРООТХОДОВ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

**Дарменбаева Акмарал** — 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>;

**Rajasekharan Reshmy** — PhD по химии, ассоциированный профессор кафедры естественных и гуманитарных наук Инженерного колледжа Провиденса, Керала, Индия,  
E-mail: reshmykumar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2091-0135>.

**Аннотация.** Работа посвящена разработке функционализированных биокөпозитных мембран на основе наноцеллюлозы, полученной из соломы люцерны, выращенной в Жамбылской области, и изучению их антибактериальных свойств. Цель исследования заключается в преобразовании сельскохозяйственных отходов в многофункциональные материалы с высокой добавленной стоимостью и расширении функциональных возможностей наноцеллюлозной матрицы. Наноцеллюлоза была получена поэтапным химическим методом,

включающим щелочную обработку, кислотную очистку и отбеливание, а мембраны формировались методом литья из раствора. Результаты инфракрасной спектроскопии показали сохранение полисахаридной структуры целлюлозы и наличие характерных функциональных групп. Введение графена, наночастиц меди и полианилина в наноцеллюлозную матрицу привело к формированию плотных и однородных композитных мембран. Равномерное распределение функциональных компонентов в структуре наноцеллюлозы обеспечило синергетический эффект в многокомпонентной системе. Антибактериальная активность мембран оценивалась методом дисковой диффузии с использованием тест-культур *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Функционализированные мембраны продемонстрировали выраженное подавление роста микроорганизмов, тогда как чистая наноцеллюлоза не проявила антибактериальной активности. Полученные результаты подтверждают, что наноцеллюлоза является универсальной матрицей, способной эффективно закреплять функциональные наноструктуры и обеспечивать целенаправленное регулирование свойств композитных систем. Предложенный подход ориентирован на создание экологически безопасных антимикробных материалов на основе глубокой переработки сельскохозяйственных отходов и перспективен для применения в биомедицинских покрытиях, активной упаковке и мембранных технологиях.

**Ключевые слова:** наноцеллюлоза, биокompозитная мембрана, сельскохозяйственные отходы, антибактериальная активность, наночастицы меди, графен

**Кіріспе.** Ауылшаруашылығы өндірісінің қарқынды дамуы лигноцеллюлоза қалдықтарының айтарлықтай мөлшерде жиналуымен қатар жүреді, бұл қалдықтарды тиімді өңдеу қазіргі заманғы ғылым мен технологияның маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Айналымды биоэкономика тұжырымдамасы аясында өсімдік биомассасы тек жаңартылатын шикізат көзі ретінде ғана емес, сонымен қатар функционалдық қасиеттері жоғары материалдарды алудың негізі ретінде қарастырылады. Осы тұрғыда целлюлоза табиғи полимерлер арасында ерекше орын алады, себебі оның биобыдырағыштығы, биоүйлесімділігі, сутектік байланыстар түзу қабілеті және реактивті гидроксил топтарының болуы оны композиттік материалдар үшін тиімді матрица ретінде пайдалануға мүмкіндік береді (Klemm et al., 2018; Trache et al., 2017; Pennels et al., 2020).

Целлюлозаны микроөлшемнен наноөлшемді формаларға (наноцеллюлоза) дейін құрылымдық түрлендіру материалдың меншікті беткі ауданын арттырып, оның механикалық беріктігін, сорбциялық және тосқауылдық қасиеттерін жақсартады және химиялық модификация мүмкіндіктерін кеңейтеді (Gopakumar et al., 2019). Сонымен қатар наноцеллюлоза негізіндегі материалдардың пленка мен мембрана түзу қабілеті жоғары, бұл олардың қаптама материалдары, биомедицина, мембраналық технологиялар және суды тазарту жүйелерінде қолдануға мүмкіндік береді (Liu et al., 2021).

Наноцеллюлоза негізіндегі материалдардың қасиеттерін жақсарту үшін

оларды әр түрлі наномодификаторлармен түрлендіреді. Атап айтқанда, графен және оның туындылары сияқты көміртекті нанокұрылымдар композит құрылымында тиімді фазааралық байланыстар түзіп, механикалық беріктік пен термиялық тұрақтылықты арттырады (Mokhena et al., 2024). Мыс және оның оксидтері сияқты металл нанобөлшектерін енгізу бактерияға қарсы белсенділік көрсететін белсенді орталықтар қалыптастырады (Yanuhar et al., 2024). Осылайша, наноцеллюлоза мен бейорганикалық нанобөлшектер негізінде бақыланатын физика-химиялық және биологиялық қасиеттері бар көпфункционалды биокомпозиттерді алу мүмкіндігі пайда болады.

Соңғы жылдары наноцеллюлозаны алу үшін ауыл шаруашылығы қалдықтарын пайдалану ерекше назарға ие болды, себебі бұл тәсіл бір жағынан шикізат құнын төмендетсе, екінші жағынан экологиялық жүктемені азайтады (Rouf and Kokini, 2016). Целлюлозаның перспективалы көздеріне жыл сайын айтарлықтай көлемде өндірілетін және полисахаридтердің жоғары мөлшерімен сипатталатын сұлы сабаны мен жоңышқа сияқты өсімдік қалдықтары жатады.

Қазақстан Республикасы үшін, әсіресе агроөнеркәсіптік әлеуеті жоғары Жамбыл облысында, өсімдік қалдықтарын функционалды материалдарға өңдеу ресурстарды тиімді пайдалану және қоршаған орта қауіпсіздігі саласындағы заманауи басымдықтарға сәйкес келеді. Алайда, аймақтық өсімдік шикізатынан алынған наноцеллюлозаның қасиеттерін жүйелі зерттеу және оны функционалды материалдар алуда қолдану деңгейі әлі де жеткіліксіз.

Әдебиеттерге талдау көрсеткендей, наноцеллюлоза негізіндегі композиттер кеңінен зерттелгенімен, әртүрлі өсімдік шикізаттарынан алынған наноцеллюлозаның құрылымдық ерекшеліктерінің оның функционалды қасиеттеріне, әсіресе наномодификаторлармен әрекеттесуіне және бактерияға қарсы белсенділігіне әсері толық ашылмаған. Сонымен қатар, нақты аймақтық шикізатқа негізделген биокомпозиттік мембраналарды алу және олардың қасиеттерін салыстырмалы түрде бағалау жеткілікті деңгейде зерттелмеген.

Осыған байланысты, бұл зерттеудің мақсаты – Жамбыл облысының агроөнеркәсіптік қалдықтарынан (жоңышқа сабаны) наноцеллюлоза алу, оны графен және мыс нанобөлшектерімен модификациялау арқылы биокомпозиттік мембраналар синтездеу және олардың құрылымдық және бактерияға қарсы қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы наноцеллюлозаны аймақтық өсімдік шикізатынан алу, оны көміртекті және металл наномодификаторлармен түрлендіру арқылы жаңа функционалды биокомпозиттік мембраналар қалыптастыру және бастапқы шикізат табиғатының алынған биокомпозиттердің қасиеттеріне әсерін анықтаумен сипатталады.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы алынған наноцеллюлоза биокомпозиттерін микробқа қарсы мембраналар, экологиялық таза қаптама материалдары және ағынды суларды тазарту технологияларында қолдану мүмкіндігімен анықталады.

**Әдеби шолу.** Соңғы жылдары тұрақты материалтану саласында табиғи

полимерлерге негізделген функционалды жүйелерді әзірлеу ерекше қарқын алды. Бұл бағыттың негізгі қозғаушы факторларының бірі – мұнай негізіндегі полимерлерді экологиялық қауіпсіз баламалармен алмастыру қажеттілігі. Наноцеллюлоза жоғары механикалық беріктігі, дамыған беттік ауданы және химиялық модификацияға бейімділігі арқасында көпфункционалды материалдарды синтездеуде маңызды орын алады. Klemm et.al. соңғы шолу жұмыстарында наноцеллюлоза материалдарының құрылымдық ұйымдасуы олардың механикалық, тосқауылдық және биологиялық қасиеттеріне тікелей әсер ететіні көрсетілген (Klemm et.al., 2018). Лигноцеллюлозалық шикізаттан алынатын наноцеллюлоза құрылымы талшықтардың жоғары аспект қатынасымен сипатталады, бұл материалдың беріктігін және тұрақтылығын арттырады. Dufresne (2029) жүргізген зерттеулерде наноцеллюлоза талшықтарының жоғары кристалдық дәрежесі композиттік материалдардың серпімділік модулін айтарлықтай жоғарылататыны көрсетілген (Dufresne, 2019). Сонымен қатар наноцеллюлоза негізіндегі жүйелердің кеуекті морфологиясы олардың адсорбциялық қасиеттерін жақсартады, бұл суды тазарту технологияларында қолдануға мүмкіндік береді.

Соңғы жылдары зерттеушілер наноцеллюлоза негізіндегі композиттердің қасиеттерін жақсарту үшін көміртекті наноматериалдарды қолдануға ерекше көңіл бөлуде. Графен оксиді және тотықсыздандырылған графен жоғары меншікті беттік ауданымен және ерекше электрлік қасиеттерімен ерекшеленеді. Zhang et al. (2022) зерттеулерінде наноцеллюлоза–графен композиттері жоғары механикалық беріктік пен жақсартылған тосқауылдық қасиеттер көрсеткені анықталған (Zhang et.al., 2012). Графен қабаттарының полисахаридтік матрицамен өзара әрекеттесуі сутектік байланыстар мен  $\pi$ - $\pi$  әрекеттесулер арқылы жүзеге асып, композиттің құрылымдық тұрақтылығын арттырады. Металл нанобөлшектерімен модификацияланған наноцеллюлоза материалдары бактерияға қарсы жүйелерді жобалауда кеңінен зерттелуде. Li et al. (2018) жұмыстары күміс және мыс нанобөлшектері енгізілген наноцеллюлоза материалдарының бактерия жасушаларының мембраналарын бұзатынын және реактивті оттегі түрлерінің түзілуін ынталандыратынын көрсетті (Li, et.al., 2018). Мұндай материалдар микроорганизмдердің өсуін тиімді тежейді және биомедициналық жабындарда қолдануға перспективалы болып табылады. Сонымен қатар металл нанобөлшектерінің наноцеллюлоза матрицасында тұрақтануы олардың агрегациясын азайтып, белсенді орталықтардың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді.

Өткізгіш полимерлер негізіндегі композиттер соңғы жылдары сенсорлар, икемді электроника және антимикробтық жабындар жасау үшін белсенді зерттелуде. Полианилиннің конъюгирленген құрылымы электрондардың тасымалдануын жеңілдетіп, материалдың электрөткізгіштік қасиеттерін арттырады. Kumari et al. (2026) жүргізген зерттеулерде полианилин енгізілген полисахаридтік композиттердің микробқа қарсы белсенділігі жоғарылағаны анықталған. Бұл әсер материалдың беттік зарядының өзгеруімен және

микроорганизмдердің жасушалық қабырғаларымен электростатикалық әрекеттесуінің күшеюімен түсіндіріледі. Наноцеллюлоза негізіндегі мембраналардың маңызды артықшылықтарының бірі – олардың морфологиясын және кеуектілік құрылымын реттеу мүмкіндігі. Mautner et al. (2013) жұмыстары наноцеллюлоза мембраналарының сүзу тиімділігі олардың талшықтарының таралуына және кеуектердің өлшеміне тәуелді екенін көрсетті. Бұл қасиеттер мембраналардың суды тазарту және бактерияларды бөлу процестеріндегі тиімділігін анықтайды (Mautner et al., 2013). Сонымен қатар наноцеллюлоза гидрофильділігі мембраналардың ластануға төзімділігін арттырады.

Қазіргі зерттеулер көпкомпонентті композиттік жүйелердің синергетикалық әсер көрсету қабілетіне ерекше назар аударады. Бірнеше функционалды компоненттердің комбинациясы материалдың қасиеттерін мақсатты түрде реттеуге мүмкіндік береді. Wang et al. (2015) жүргізген зерттеулерде наноцеллюлоза, графен және металл нанобөлшектерінен тұратын композиттердің механикалық және бактерияға қарсы қасиеттері айтарлықтай жоғарылағаны көрсетілген (Wang, et al., 2015). Бұл компоненттердің өзара әрекеттесуі нәтижесінде композит құрылымында жаңа интерфейстік байланыстар қалыптасады.

Биокомпозиттік мембраналардың қолданылу салалары да кеңейуде. Соңғы зерттеулерде наноцеллюлоза негізіндегі материалдардың белсенді қаптама жүйелерінде, жара таңғыштарында және биомедициналық жабындарда қолданылу мүмкіндігі қарастырылуда (Yuan et al., 2021). Мұндай материалдардың биоүйлесімділігі және уытсыздығы оларды медициналық мақсаттарда қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар биоыдырағыштық қасиеті қоршаған ортаға зиянды әсерін азайтады.

Ауыл шаруашылығы қалдықтарын жоғары қосылған құны бар материалдарға айналдыру қазіргі заманғы ғылымдағы маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Padhi et al. (2023) көрсеткендей, агроқалдықтардан алынған наноцеллюлоза материалдары синтетикалық полимерлермен салыстырғанда төмен көміртек ізін қалыптастырады және тұрақты өндіріс қағидаларына сәйкес келеді. Бұл бағыт табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға және қалдықтарды азайтуға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, соңғы ғылыми зерттеулер наноцеллюлоза негізіндегі композиттердің құрылымы мен қасиеттерін басқару мүмкіндігі жоғары екенін көрсетеді. Наноцеллюлозаны графен, металл нанобөлшектері және өткізгіш полимерлермен біріктіру арқылы жаңа буындағы функционалды материалдарды алуға болады. Мұндай жүйелердің синергетикалық әсері олардың бактерияға қарсы, адсорбциялық және механикалық қасиеттерін жақсартады. Сонымен қатар агроөнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады.

Осылайша, әдеби деректер наноцеллюлоза негізіндегі көпкомпонентті мембраналардың үлкен ғылыми және қолданбалы әлеуетке ие екенін көрсетеді. Алайда нақты аймақтық өсімдік шикізатынан алынған наноцеллюлозаның құрылымдық ерекшеліктері мен оның функционалды қасиеттері арасындағы

байланыс толық зерттелмеген. Сондықтан Жамбыл облысының агроқалдықтарын пайдалану арқылы жаңа биокөпозиттік материалдар әзірлеу ғылыми тұрғыдан өзекті бағыт болып табылады.

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** *Жоңышқа сабанынан целлюлоза алу әдісі.* Зерттеу жұмысы үшін Жамбыл облысы, Жуалы ауданы, Любимовка ауылында орналасқан «Жұмабай» шаруа қожалығында өсірілген жоңышқа сабаны пайдаланылды. Бастапқы өсімдік шикізаты кептіріліп, ұсақталып және бөгде қоспалардан тазартылды. Целлюлозаны бөліп алу үдерісі сілтілік өңдеу, қышқылдық тазарту және ағарту сатыларынан тұрды. Алғашқы кезеңде лигнин мен гемицеллюлозаны жою мақсатында өсімдік шикізаты 2% натрий гидроксиді (NaOH) ерітіндісімен өңделді. Өңдеу 120°C температурада және 20 бар қысымда автоклавта 40 минут бойы жүргізілді. Сілтілік өңдеуден кейін материал дистилденген сумен бейтарап ортаға дейін жуылды (Reshmy et al., 2015). Қышқылдық өңдеу кезеңінде 20% азот қышқылы (HNO<sub>3</sub>), 45% сірке қышқылы (CH<sub>3</sub>COOH) және дистилденген судың 2:2:1 көлемдік қатынасындағы қоспасы қолданылды. Бұл өңдеу целлюлоза құрамындағы қалдық лигнин мен гемицеллюлозаны толық жоюға мүмкіндік берді. Ағарту кезеңінде алынған өнім 1% натрий гипохлориті (NaOCl) ерітіндісімен магниттік араластырғышта 5 сағат бойы үздіксіз араластыру арқылы өңделді. Нәтижесінде ақ түсті жоғары тазалықтағы целлюлоза алынды.

*Наноцеллюлоза негізіндегі мембраналарды дайындау.* Алынған целлюлоза механикалық диспергирлеу арқылы наноөлшемді құрылымға дейін өңделіп, тұрақты наноцеллюлоза суспензиясы дайындалды. Наноцеллюлоза негізіндегі мембраналар ерітінділік құю (solvent casting) әдісімен қалыптастырылды (Norrurahim et al., 2021; Ruan et al., 2023). Ол үшін наноцеллюлоза суспензиясы қалыптарға құйылып, бөлме температурасында кептірілді. Функционалды биокөпозиттік мембрананы алу үшін наноцеллюлоза матрицасына полианилин, графен және мыс нанобөлшектері енгізілді. Бұл жұмыста полианилин мен мыс нанобөлшектерінің мөлшері тұрақты сақталып, графеннің мөлшері 1 г деңгейінде таңдалған бір ғана композициялық нұсқа зерттелді. Наномодификаторлардың матрицада біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін олар алдын ала диспергирленіп, кейін наноцеллюлоза суспензиясымен механикалық араластыру арқылы біріктірілді. Алынған қоспа қалыпқа құйылып, кептіру арқылы қара түсті біртекті биокөпозиттік мембрана алынды.

Үлгілердің химиялық құрылымы Фурье түрлендірулі инфрақызыл спектроскопия (FTIR) әдісімен зерттелді. Мембраналардың антибактериялық белсенділігі *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* штамдарына қарсы Kirby-Bauer дискілік диффузия әдісімен бағаланды (Balouiri et al., 2016). Үлгілер Мюллер-Хинтон агарында 37 °C температурада 24 сағат инкубацияланып, өсуін тежеу аймақтарының диаметрі өлшенді. Оң бақылау ретінде 30 мкг ципрофлоксацин қолданылды.

Барлық тәжірибелер кемінде үш рет қайталанып жүргізіліп, алынған нәтижелер статистикалық өңдеуден өткізіліп, орташа арифметикалық мән

және стандартты ауытқу түрінде ұсынылды, деректерді өңдеу OriginPro бағдарламасында жүзеге асырылды.

### Зерттеу нәтижелері.

*ИҚ-спектроскопия нәтижелерін талдау.* Алынған целлюлозаның химиялық құрылымы инфрақызыл спектроскопия әдісі арқылы зерттелді және нәтижелері 1-кестеде келтірілген. Спектрді талдау барысында целлюлозаға тән негізгі функционалдық топтардың жұтылу жолақтары анықталды, бұл қолданылған химиялық өңдеу әдістерінің тиімділігін дәлелдейді.

Кесте 1 – ИҚ-спектроскопия нәтижелері

Толқын ұзындығы (см <sup>-1</sup> )	Шың сипаттамасы	Ескертулер
3200-3500	Натрий-О-топ (-ОН)	Целлюлоза молекулаларында орналасқан гидроксил топтарының кең шыңдық сипаттамасы.
2900-2800	C–H тербелістері (CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> )	Целлюлозада болатын CH <sub>2</sub> топтарымен байланысты.
1600-1650	C=C тербелістері (ароматты сақиналар, егер бар болса)	Лигнин сияқты қоспалардың қатысуымен пайда болуы мүмкін.
1500-1450	CH <sub>2</sub> және CH <sub>3</sub> -топтарының ауытқуы (деформация)	Полисахарид құрылымының болуын көрсетеді.
1420-1410	C–O–C тербелістері (эфирлік байланыстар)	Целлюлоза тізбектерінің сипаттамасы.
1300-1200	C–O тербелістері (ішкі асимметриялық деформация)	Целлюлозада C–O байланыстарының болуын көрсетеді.
1150-1080	C–O тербелістері (гемицеллюлозалар)	Үлгіде гемицеллюлозаның болуымен байланысты.
1050-1030	C–O тербелістері (целлюлоза)	Целлюлоза құрылымының тікелей көрсеткіші.
890-850	β-глюкозидті байланыс тобы үшін тербелістер	Табиғи целлюлозаға тән целлюлозаның β-формасын көрсетеді.

3200-3500 см<sup>-1</sup> аймағында кең және интенсивті жұтылу жолағы байқалды, ол гидроксил топтарының (-ОН) валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл целлюлоза макромолекулалары арасындағы дамыған сутектік байланыстар жүйесінің қалыптасқанын көрсетеді. Аталған жолақтың айқын көрінуі алынған материалдың құрылымдық тұтастығы және жоғары полярля топтардың сақталғанын дәлелдейді.

2900-2800 см<sup>-1</sup> аймағында байқалған жұтылу жолақтары CH<sub>2</sub> және CH<sub>3</sub> топтарының тербелістеріне сәйкес келеді және полисахаридтік тізбектің сақталғанын дәлелдейді. Сонымен қатар 1420-1410 см<sup>-1</sup> аймағында CH<sub>2</sub> топтарының деформациялық тербелістері анықталды, бұл целлюлозаның құрылымдық ұйымдасуының сақталғанын дәлелдейді.

1300-1200 см<sup>-1</sup> және 1050-1030 см<sup>-1</sup> аймақтарындағы жұтылу жолақтары C–O

және С–О–С байланыстарының тербелістеріне сәйкес келеді. Бұл нәтижелер целлюлоза макромолекуласының негізгі құрылымдық элементтерінің бұзылмағанын көрсетеді.

890-850  $\text{cm}^{-1}$  аймағындағы жұтылу жолағы  $\beta$ -гликозидтік байланыстарға тән, бұл алынған целлюлозаның табиғи  $\beta$ -формасының сақталғанын көрсетеді. 1600-1650  $\text{cm}^{-1}$  аймағындағы әлсіз жолақтардың байқалуы үлгіде ароматты құрылымдардың (лигнин қалдықтарының) іздік мөлшерде болуы мүмкін екенін көрсетеді. Сонымен қатар 1150-1080  $\text{cm}^{-1}$  аймағындағы әлсіз жұтылу жолақтары гемицеллюлозаның аз мөлшерде сақталғанын білдіреді. Алайда бұл жолақтардың интенсивтілігінің төмен болуы жүргізілген химиялық өңдеудің тиімділігін дәлелдейді.

Жалпы алғанда, ИҚ спектроскопия нәтижелері алынған материалдың целлюлозаға тән құрылымдық белгілерді толық сақтағанын және оның жоғары дәрежеде тазартылғанын көрсетті. Бұл алынған материалдың наноцеллюлоза негізіндегі функционалды мембраналар синтезіне жарамды екенін дәлелдейді.

*Наноцеллюлоза негізіндегі мембраналардың қалыптасуы және макроскопиялық құрылымы.* Жоңышқа сабанынан алынған наноцеллюлоза ерітінділік құю әдісі арқылы тұтас, механикалық тұрғыдан берік және иілгіш мембраналар түзді. Таза наноцеллюлоза негізінде алынған мембрана ақ түсті, беті тегіс және құрылымы біркелкі болып сипатталды (1a-сурет). Бақылау нәтижелері мембрананың жарықшасыз және тұтас қабықша түрінде қалыптасқанын көрсетті. Мұндай морфология целлюлозаның жоғары дәрежеде тазартылғанын және лигнин мен гемицеллюлозаның тиімді жойылғанын көрсетеді.

Наноцеллюлоза матрицасына графен, мыс нанобөлшектері және полианилин енгізілгеннен кейін алынған мембрана қара түске ие болды және құрылымының тығыздығының артқаны байқалды (1b-сурет). Модификацияланған үлгілердің беткі қабаты тығызырақ және біршама қаттырақ екені визуалды және механикалық әсер ету (іілу) барысында анықталды. Мембраналар иілу кезінде тұтастығын сақтап, құрылымдық беріктігін көрсетті.

Түстің өзгеруі көміртекті наноқұрылымдар мен өткізгіш полимердің наноцеллюлоза матрицасында біркелкі таралуымен байланысты. Наномодификаторлардың енгізілуі наноцеллюлоза талшықтары арасындағы бос кеңістікті ішінара толтырып, неғұрлым тығыз құрылымның қалыптасуына әкеледі. Полианилиннің болуы композициялық жүйеде қосымша физика-химиялық байланыстардың түзілуіне ықпал етіп, мембрананың тұрақтылығын арттырады.

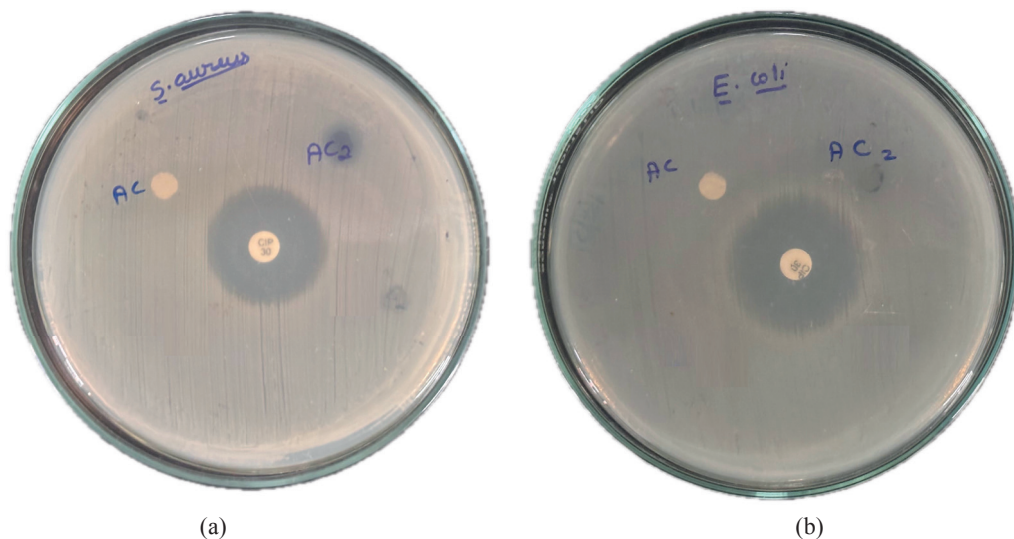


Сурет 1 – Наноцеллюлоза негізіндегі мембраналар: (a) таза мембрана; (b) модификацияланған мембрана.

Осылайша, салыстырмалы талдау нәтижесінде таза және модификацияланған мембраналар арасында айқын айырмашылықтар байқалды: модификацияланған үлгілердің құрылымы тығызырақ және механикалық тұрғыдан тұрақтырақ болды. Бұл нәтижелер наноцеллюлоза негізіндегі матрицаның модификаторлармен өзара тиімді әрекеттесетінін және функционалды композициялық материал қалыптастыруға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

*Мембраналардың антибактериялық белсенділігі.* Алынған мембраналардың антибактериялық қасиеттері *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* тест-дақылдарына қатысты зерттелді (2-сурет). Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, таза наноцеллюлоза негізіндегі мембрана бактерияларға қарсы айқын белсенділік көрсетпеді, бұл оның биологиялық тұрғыдан инертті екенін дәлелдейді. Ал графен, мыс нанобөлшектері және полианилин енгізілген композициялық мембрана екі тест-дақылға да қатысты бактериялардың өсуін тежейтін айқын аймақтардың түзілуімен сипатталды. Визуалды бақылау нәтижесінде модификацияланған үлгілерде бактерия колонияларының өсуі мембрана айналасында айтарлықтай шектелгені байқалды.

Салыстырмалы талдау көрсеткендей, *Staphylococcus aureus* үшін тежеу аймағы *Escherichia coli*-мен салыстырғанда айқын байқалды. Бұл Gram-оң бактериялардың жасуша қабырғасының қарапайым құрылымымен және сыртқы қорғаныш қабатының болмауымен түсіндіріледі. Ал Gram-теріс *Escherichia coli* сыртқы липополисахаридті мембранасының болуына байланысты нанобөлшектердің әсеріне салыстырмалы түрде төзімдірек келеді.



Сурет 2 – Мембраналардың антибактериялық белсенділігі: (a) *Staphylococcus aureus*; (b) *Escherichia coli* тест-дақылдары.

Композициялық мембрананың антибактериялық әсері бірнеше механизмдердің бірлескен ықпалымен жүзеге асады. Мыс нанобөлшектері бактерия жасушасының қабырғасын зақымдап, реактивті оттегі түрлерін түзу арқылы микроорганизмдердің тіршілігін тежейді. Графеннің қабыршақты құрылымы бактерия жасушасының мембранасын механикалық түрде бұзу мүмкін. Полианилиннің болуы композициялық материалдың беттік зарядын өзгертіп, бактерия жасушаларымен электростатикалық әрекеттесуді күшейтеді.

Осылайша, алынған нәтижелер наноцеллюлоза негізіндегі модификацияланған мембраналардың айқын антибактериялық белсенділікке ие екенін және олардың биомедициналық және экологиялық мақсаттарда қолдану үшін перспективалы материалдар екенін көрсетеді.

**Нәтижелерді талқылау.** Жоңышқа сабанынан алынған наноцеллюлоза негізіндегі мембраналардың құрылымдық ерекшеліктері мен олардың функционалдық қасиеттері арасындағы өзара байланыс алынған эксперименттік нәтижелер негізінде түсіндірілді. Макроскопиялық бақылаулар (1-сурет) таза наноцеллюлоза мембраналарының біртекті, жарықшақсыз және тегіс құрылым түзетінін көрсетті. Бұл наноцеллюлоза талшықтарының арасындағы сутектік байланыстардың дамыған торының қалыптасуымен байланысты. Осындай құрылым мембрананың тұтастығын және иілгіштігін қамтамасыз ететіні тәжірибе барысында байқалды.

Модификацияланған мембраналарда (графен, мыс нанобөлшектері және полианилин енгізілген) құрылымның тығыздалуы және беткі қабаттың қаттылығының артуы визуалды және механикалық әсер ету кезінде анықталды. Бұл наноцеллюлоза матрицасының наномодификаторларды біркелкі тарату қабілетімен түсіндіріледі. Ұқсас нәтижелер басқа зерттеулерде де көрсетілген,

мұнда графеннің енгізілуі композит құрылымының тығыздығын арттырып, механикалық қасиеттерін жақсартатыны анықталған (Mokhena et al., 2024). Біздің жағдайда да наномодификаторлардың енгізілуі наноцеллюлоза талшықтары арасындағы бос кеңістікті толтырып, құрылымдық тұрақтылықтың жоғарылауына әкелгені байқалды.

ИҚ-спектроскопия нәтижелері алынған целлюлозаның химиялық құрылымының сақталғанын және жүргізілген химиялық өңдеу сатыларының тиімділігін көрсетті. Атап айтқанда, 3200-3500  $\text{cm}^{-1}$  аймағындағы кең және интенсивті жұтылу жолағы гидроксил топтарының (–ОН) валенттік тербелістеріне сәйкес келеді, бұл целлюлоза макромолекулалары арасында дамыған сутектік байланыстар жүйесінің қалыптасқанын дәлелдейді. Мұндай байланыстар наноцеллюлоза талшықтарының кеңістіктік ұйымдасуына әсер етіп, мембраналардың механикалық беріктігі мен құрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар 2900-2800  $\text{cm}^{-1}$  аймағында байқалатын жұтылу жолақтары алифаттық С–Н байланыстарының сақталғанын көрсетеді, бұл полисахаридтік тізбектің бұзылмағанын дәлелдейді. 890-850  $\text{cm}^{-1}$  аймағындағы  $\beta$ -гликозидтік байланыстарға тән сигналдардың болуы целлюлозаның табиғи  $\beta$ -конфигурациясының сақталғанын және макромолекулалық құрылымның өзгеріске ұшырамағанын көрсетеді. Лигнинге тән ароматты құрылымдарға сәйкес әлсіз жолақтардың ғана байқалуы бастапқы өсімдік шикізатындағы бейцеллюлозалық компоненттердің басым бөлігінің жойылғанын дәлелдейді. Бұл нәтижелер әдеби деректермен сәйкес келеді (Klemm et al., 2018) және алынған өнімнің жоғары дәрежеде тазартылған целлюлоза екенін көрсетеді.

Антибактериялық зерттеу нәтижелері модификацияланған мембраналардың айқын биологиялық белсенділікке ие екенін көрсетті. Таза наноцеллюлоза мембраналарында бактерия колонияларының өсуінің тежелуі байқалмады, бұл наноцеллюлозаның биологиялық тұрғыдан инертті табиғатымен түсіндіріледі. Ал композициялық мембраналарда мембрана айналасында бактериялардың өсуінің айқын шектелуі тіркелді (2-сурет), бұл енгізілген наномодификаторлардың материалға жаңа функционалдық қасиеттер бергенін көрсетеді. *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* тест-дақылдары арасындағы айырмашылық тәжірибе барысында анық байқалды: Gram-оң бактерияларға қатысты тежеу әсері айқынырақ болды. Бұл құбылыс Gram-оң бактериялардың жасуша қабырғасының салыстырмалы түрде қарапайым құрылымымен және сыртқы липидті қорғаныш қабатының болмауымен түсіндіріледі. Ал Gram-теріс бактериялардың сыртқы липополисахаридті мембранасы олардың нанобөлшектер әсеріне төзімділігін арттырады, сондықтан олардың өсуінің тежелуі салыстырмалы түрде төмен деңгейде байқалады (Yanuhar et al., 2024).

Композициялық мембраналардың антибактериялық әсері олардың құрамындағы компоненттердің синергетикалық әрекетімен байланысты. Мыс нанобөлшектері бактерия жасушасының қабырғасын зақымдап, реактивті оттегі түрлерінің түзілуін ынталандырады, бұл микроорганизмдердің метаболизмін бұзады. Графеннің қабыршақты және өткір қырлы құрылымы бактерия

жасушасының мембранасына механикалық әсер етіп, оның тұтастығын бұзуы мүмкін. Полианилиннің болуы композициялық материалдың беттік зарядын өзгертіп, бактерия жасушаларымен электростатикалық әрекеттесуді күшейтеді, бұл жасуша қабырғасының өткізгіштігінің өзгеруіне әкеледі. Мұндай көпфакторлы ықпал нәтижесінде бактерия колонияларының өсуі айтарлықтай тежелетіні тәжірибе барысында көрсетілді.

Осылайша, алынған нәтижелер наноцеллюлоза негізіндегі композициялық мембраналардың құрылымы мен олардың функционалдық қасиеттері арасында тікелей байланыс бар екенін көрсетті. Наноцеллюлоза матрицасы наномодификаторлардың біркелкі таралуын қамтамасыз етіп, олардың белсенді орталықтарының тиімділігін арттырады. Мұндай құрылым тек антибактериялық қасиеттерді ғана емес, сонымен қатар материалдың барьерлік, адсорбциялық және потенциалды каталитикалық сипаттамаларын да жақсартуы мүмкін. Жалпы алғанда, жоңышқа сабанынан алынған наноцеллюлоза негізіндегі функционалды композициялық мембраналар көпфункционалды материалдар ретінде қарастырылуы мүмкін. Алынған нәтижелер олардың экологиялық қауіпсіз, биоыдырайтын және құрылымдық тұрақты материалдар ретінде қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Бұл бағыт ауыл шаруашылығы қалдықтарын тиімді пайдалану және жаңа буындағы тұрақты функционалды материалдарды әзірлеу тұрғысынан маңызды ғылыми негіз қалыптастырады.

**Қорытынды.** Жүргізілген зерттеу барысында Жамбыл облысының агроөнеркәсіптік қалдықтары – жоңышқа сабанынан целлюлоза алынып, оның негізінде наноцеллюлоза және функционалды биокомпозиттік мембраналар синтезделді. Қолданылған көпсатылы химиялық өңдеу әдістері (сілтілік өңдеу, қышқылдық тазарту және ағарту) нәтижесінде лигнин мен гемицеллюлозаның басым бөлігі жойылып, жоғары тазалықтағы целлюлоза алынғаны инфрақызыл спектроскопия нәтижелері арқылы дәлелденді. ИҚ-спектрлерде целлюлозаға тән гидроксил топтарының,  $\beta$ -гликозидтік байланыстардың және полисахаридтік тізбектің сақталғанын көрсететін сипаттамалық жұтылу жолақтары анықталды, бұл алынған материалдың құрылымдық тұтастығын және химиялық өңдеудің тиімділігін көрсетеді. Наноцеллюлоза негізінде алынған мембраналардың біртекті, тұтас және иілгіш құрылым түзетіні анықталды, бұл наноөлшемді талшықтар арасындағы дамыған сутектік байланыстар жүйесінің қалыптасуымен түсіндіріледі. Ерітінділік құю әдісі арқылы алынған үлгілердің жарықшақсыз және біркелкі морфологиясы наноцеллюлозаның мембрана түзуші қасиетінің жоғары екенін көрсетті. Графен, мыс нанобөлшектері және полианилин енгізілген композициялық мембраналарда құрылымның тығыздалуы, беткі қабаттың беріктігінің артуы және макроскопиялық тұрақтылықтың жоғарылауы байқалды, бұл наномодификаторлардың наноцеллюлоза матрицасында тиімді таралғанын көрсетеді. Функционалды компоненттердің енгізілуі композит құрылымында қосымша физика-химиялық байланыстардың қалыптасуына ықпал етіп, материалдың құрылымдық ұйымдасуын күшейтеді. Антибактериялық зерттеулер нәтижесінде таза наноцеллюлоза мембраналарының биологиялық

белсенділік көрсетпейтіні анықталды, бұл nanoцеллюлозаның биологиялық тұрғыдан инертті табиғатымен сәйкес келеді. Ал графен, мыс нанобөлшектері және полианилин енгізілген композициялық мембраналар *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* тест-дақылдарына қатысты бактерия колонияларының өсуін тежейтіні тәжірибе жүзінде дәлелденді. Gram-оң бактерияларға қатысты әсердің айқынырақ болуы олардың жасуша қабырғасының құрылымдық ерекшеліктерімен және қорғаныш қабатының болмауымен түсіндіріледі. Алынған нәтижелер nanoцеллюлоза матрицасы мен енгізілген наномодификаторлардың бірлескен синергетикалық әсері композициялық мембраналардың құрылымдық және функционалдық қасиеттерін жақсартатынын көрсетеді.

Осылайша, жоңышқа сабанынан алынған nanoцеллюлоза негізіндегі модификацияланған мембраналар антибактериялық қасиеттері бар перспективалы материалдар ретінде қарастырылуы мүмкін және оларды экологиялық қауіпсіз қаптама жүйелерінде, мембраналық технологияларда және биомедициналық жабындарда қолдану мүмкіндігі бар. Болашақ зерттеулерде материалдардың қасиеттерін жан-жақты бағалау үшін морфологиялық, механикалық және термиялық талдаулар жүргізу, сондай-ақ адсорбциялық және барьерлік сипаттамаларын анықтау бағытындағы зерттеулерді кеңейту орынды болып табылады.

#### References

- Balouiri M., Sadiki M., & Ibsouda S.K. (2016) Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2). — P. 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005> (in Eng.)
- Dufresne A. (2019) Nanocellulose processing properties and potential applications. *Current Forestry Reports*, 5(2). — P. 76-89. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00088-1> (in Eng.)
- Gopakumar D.A., Arumughan V., Pasquini D., Leu S.Y.B., HPS A.K., & Thomas S. (2019) Nanocellulose-based membranes for water purification. In *Nanoscale materials in water purification*. — P. 59-85. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813926-4.00004-5> (in Eng.)
- Klemm D., Cranston E.D., Fischer D., Gama M., Kedzior S.A., Kralisch D., Rauchfu F. (2018) Nanocellulose as a natural source for groundbreaking applications in materials science: Today's state. *Materials Today*, 21(7). — P. 720-748. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2018.02.001> (in Eng.)
- Kumari C., Jadoun S., & Jangid N.K. (2026) Recent advancements in polyaniline-based composites for biological applications: a review. *Materials Advances*. <https://doi.org/10.1039/D5MA01462J> (in Eng.)
- Li J., Cha R., Mou K., Zhao X., Long K., Luo H., & Jiang X. (2018) Nanocellulose-based antibacterial materials. *Advanced healthcare materials*, 7(20). — 1800334 p. <https://doi.org/10.1002/adhm.201800334> (in Eng.)
- Liu Y., Liu H., & Shen Z. (2021) Nanocellulose Based Filtration Membrane in Industrial Waste Water Treatment: A Review. *Materials*, 14(18). — 5398 p. <https://doi.org/10.3390/ma14185398> (in Eng.)
- Mautner A., Lee K., & Bismarck A. (2013) Nanocellulose membranes for water purification. Paper presented at 21th BEPS Annual Meeting, Warwick, United Kingdom. <http://www.beps.org/warwick.html#> (in Eng.)
- Mokhena T.C., Mochane M.J., Mtibe A., Sigonya S., Ntsendwana B., Masibi E.G., ... & Motsoeneng T.S. (2024) Recent advances on nanocellulose-graphene oxide composites: a review. *Cellulose*, 31(12). — P. 7207-7249. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06055-9> (in Eng.)
- Norrahim M.N.F., Nurazzi N.M., Jenol M.A., Farid M.A.A., Janudin N., Ujang F.A., Ilyas R.A. (2021) Emerging development of nanocellulose as an antimicrobial material: An overview. *Materials Advances*, 2(11). — P. 3538-3551. <https://doi.org/10.1039/D1MA00116G> (in Eng.)
- Padhi S., Singh A., & Routray W. (2023) Nanocellulose from agro-waste: a comprehensive review of

extraction methods and applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22(1). — P. 1-27. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09643-6> (in Eng.)

Pennells J., Godwin I. D., Amiralian N., & Martin D.J. (2020) Trends in the production of cellulose nanofibers from non-wood sources. *Cellulose*, 27(2). — P. 575-593. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02828-9> (in Eng.)

Reshmy R., Madhavan A., Sherin C.V., et al. (2015) Extraction and characterization of cellulose nanofibers from agro-industrial residues. *Industrial Crops and Products*, 72. — P. 46-54. (in Eng.)

Rouf T B., & Kokini J.L. (2016) Biodegradable biopolymer–graphene nanocomposites. *Journal of Materials Science*, 51(22). — P. 9915-9945. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0238-4> (in Eng.)

Ruan H., Aulova A., Ghai V., Pandit S., Lovmar M., Mijakovic I., & Kadar R. (2023) Polysaccharide-based antibacterial coating technologies. *Acta Biomaterialia*, 168. — P. 42-77. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.07.023> (in Eng.)

Trache D., Hussin M.H., Haafiz M.M., & Thakur V.K. (2017) Recent progress in cellulose nanocrystals: sources and production. *Nanoscale*, 9(5). — P. 1763-1786. <https://doi.org/10.1039/C6NR09494E> (in Eng.)

Yanuhar U., Suryanto H., Amin M., Maulana J., Lal M.T.M., & Caesar N.R. (2024) The impact of copper oxide nanoparticles reinforced nanocellulose acetate membrane on antibacterial and dye removal Potency. *Results in Engineering*, 23. — 102788 p. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102788> (in Eng.)

Yuan Q., Bian J., & Ma M.G. (2021) Advances in biomedical application of nanocellulose-based materials: a review. *Current Medicinal Chemistry*, 28(40). — P. 8275-8295. <https://doi.org/10.2174/0929867328666201130124501> (in Eng.)

Wang F., Drzal L.T., Qin Y., & Huang Z. (2015) Multifunctional graphene nanoplatelets/cellulose nanocrystals composite paper. *Composites Part B: Engineering*, 79. — P. 521-529. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.04.031> (in Eng.)

Zhang X., Liu X., Zheng W., & Zhu J. (2012) Regenerated cellulose/graphene nanocomposite films prepared in DMAC/LiCl solution. *Carbohydrate Polymers*, 88(1). — P. 26-30. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.054> (in Eng.)

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

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

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

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

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2026.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

22,0 п.л. Заказ 1.

---

*«Central Asian Academic Research Center» LLP*

*Алматы, Қонаев к-сі, 142*