

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

1 (462)

JANUARY – MARCH 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Бас редактор:

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

Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Окефорд, 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, 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 Вағиф 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.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025 ж.** берген №КЗ63ВРҮ00113743 Күәлік.

Тақырыптық бағыты: *химия және химиялық технология*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2025

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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЬТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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 углекислотной химии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

Свидетельство №KZ63VPY00113743 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан 28.02.2025 г.

Тематическая направленность: *химия и химические технологии*

Периодичность: 4 раза в год.

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

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2025

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

NEWS

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

ISSN 2224–5286

Volume 1. Number 462 (2025), 121–132

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.271>

D.N. Makhayeva*, Sh. Zhetesbayeva, G.S. Irmukhametova, Z.A. Kenessova, 2025.

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: danelya.1993@gmail.com

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYMER FILMS BASED ON IODINE COMPLEXED WITH POLY(2-ETHYL-2-OXAZOLINE)

Makhayeva Danelya Nurlanovna – PhD, senior researcher, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: danelya.1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1250-9587>;

Zhetesbayeva Sholpan — graduate student, laboratory assistant at the al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: sholpan.best.03.01.07@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3308-987X>;

Irmukhametova Galiya Serikbayevna — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, E-mail galiya.irm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1264-7974>;

Kenessova Zarina Anvarovna – PhD, senior lecturer, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: zarina.kenessova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2768-824X>.

Abstract. The skin is an essential barrier, preventing the penetration of micro- and macromolecules. Transdermal drug delivery treats skin diseases and enables systemic drug administration, offering ease of use, controlled release, and an alternative to tablets and injections. However, existing transdermal drug formulations, including patches, ointments, and creams, have several drawbacks, such as skin irritation, low bioavailability, instability of active ingredients, and inconvenience in application.

Iodine is one of the most widely used antiseptic agents commonly incorporated into wound dressings such as Inadine and cadexomer-iodine. However, these products may cause skin irritation, have an unstable composition, and fail to ensure uniform release of the active substance. In this study, novel film compositions based on agar-agar and a complex of poly(2-ethyl-2-oxazoline) (PEOZ) with iodine were developed to enhance transdermal delivery. The obtained films had a pH of 5.5, corresponding to that of the skin, while an increased PEOZ content reduced swelling, thereby improving the stability of the film compositions. Within 120 minutes, the films released 16.5% of active iodine (0.24 mg/mL), which is sufficient for effective antiseptic action. Antimicrobial analysis confirmed the high activity of the films against *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. Thus, the proposed film compositions based on a complex of PEOZ with iodine represent promising drug formulations for the treatment of infected wounds and skin diseases.

Keywords: Iodine, iodine-polymer complex, polymer film, poly(2-ethyl-2-oxazoline), a natural polymer.

Д.Н. Махаева*, **Ш. Жетесбаева**, **Ғ.С. Ирмухаметова**, **З.А. Кенесова**, 2025.

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

*E-mail: danelya.1993@gmail.com

ЙОДТЫҢ ПОЛИ(2-ЭТИЛ-2-ОКСАЗОЛИНМЕН) КЕШЕНІ НЕГІЗІНДЕ ПОЛИМЕРЛІ ҮЛДІРЛЕРДІ АЛУ ЖӘНЕ СИПАТТАУ

Махаева Данэля Нурланқызы – Ph.D, аға ғылыми қызметкер, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: danelya.1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1250-9587>;

Жетесбаева Шолпан – 4 курс студенті, лаборант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: sholpan.best.03.01.07@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3308-987X>;

Ирмухаметова Ғалия Серікбайқызы – х.ғ.к., қауымдастырылған профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: galiya.irm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1264-7974>;

Кенесова Зарина Анварқызы – Ph.D, аға оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: zarina.kenesova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2768-824X>.

Аннотация. Тері – адам ағзасын қоршаған ортадан қорғайтын негізгі тосқауыл, ол микро- және макромолекулалардың енуіне жол бермей, маңызды қорғаныс қызметін атқарады. Алайда, бұл қасиет кейбір жағдайларда дәрілік заттардың жүйелі және жергілікті жеткізілуін шектейді. Трансдермальді дәрі жеткізу жүйесі тері арқылы белсенді компоненттердің енгізілуіне мүмкіндік беріп, жергілікті және жүйелі терапия үшін тиімді әдіс болып табылады. Бұл әдістің артықшылықтарына ыңғайлылық, белсенді заттардың бақыланып, біркелкі бөлінуі, сондай-ақ таблеткалар мен инъекцияларды алмастыру мүмкіндігі жатады. Трансдермальді препараттар ұзақ әсер етуге, қажетті мөлшерде дәрілік затты тұрақты түрде жеткізуге және жанама әсерлердің төмендеуіне ықпал етеді. Алайда, қолданыстағы трансдермальді дәрілік формалар, соның ішінде пластырьлар, майлар және кремдер, терінің тітіркенуіне, биожетімділіктің төмендігіне, белсенді компоненттердің тұрақсыздығына және қолданудың қолайсыздығына байланысты шектеулерге ие.

Йод – кеңінен қолданылатын антисептик және Iodine, кадексомер-йод сияқты таңғыштар құрамына кіреді. Дегенмен, бұл құралдар теріні тітіркендіруі, тұрақсыз құрамға ие болуы және белсенді заттың біркелкі бөлінуін қамтамасыз етпеуі мүмкін. Осы зерттеуде трансдермальді жеткізуді жақсарту мақсатында агар-агар мен поли(2-этил-2-оксазолин) (ПЭОЗ) кешені негізіндегі йод қосылған пленкалық композициялар әзірленді. Алынған пленкалардың рН 5,5 болып, тері рН көрсеткішіне сәйкес келді, ал ПЭОЗ мөлшерінің артуы олардың ісіну дәрежесін төмендетіп, тұрақтылығын арттырды. 120 минут ішінде пленкалар 16,5 % белсенді йодты (0,24 мг/мл) босатты, бұл тиімді антисептикалық әсер үшін жеткілікті. Антимикробтық талдау нәтижелері пленкалардың *Staphylococcus aureus* және

Candida albicans-қа қарсы жоғары белсенділігін растады. Осылайша, агар-агар мен ПЭОЗ-йод кешені негізіндегі пленкалық композициялар инфекцияланған жаралар мен тері ауруларын емдеуге арналған перспективті дәрілік форма болып табылады.

Түйін сөздер: йод, йод-полимер кешені, полимерлі үлдір, поли(2-этил-2-оксазолин), табиғи полимер.

Д.Н. Махаева*, Ш. Жетесбаева, Г.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова, 2025.

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

*E-mail: danelya.1993@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА ЙОДА С ПОЛИ (2-ЭТИЛ-2-ОКСАЗОЛИНОМ)

Махаева Данэля Нурлановна – PhD, старший научный сотрудник, Казахский национальный университет им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан, E-mail: danelya.1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1250-9587>;

Жетесбаева Шолпан – студент 4-курса, лаборант, Алматы, Казахстан, E-mail: sholpan.best.03.01.07@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3308-987X>;

Ирмухаметова Галия Серикбаевна – к.х.н., ассоциированный профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, E-mail: galiya.irm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1264-7974>;

Кенесова Зарина Анваровна – PhD, старший преподаватель, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, E-mail: zarina.kenesova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2768-824X>.

Аннотация. Кожа выполняет важную барьерную функцию, предотвращая проникновение микро- и макромолекул. Трансдермальная доставка лекарств применяется как для местного лечения кожных заболеваний, так и для системного введения препаратов, обеспечивая ряд преимуществ, включая удобство использования, контролируемое высвобождение действующих веществ и возможность замены традиционных форм, таких как таблетки и инъекции. Однако существующие трансдермальные лекарственные формы, включая пластыри, мази и кремы, обладают рядом недостатков, таких как раздражение кожи, низкая биодоступность, нестабильность активных компонентов и неудобство при нанесении.

Йод является одним из наиболее распространенных антисептических агентов и широко используется в лечебных повязках, таких как Inadine и кадексомер-йод. Однако такие средства могут вызывать раздражение кожи, иметь нестабильный состав и не обеспечивать равномерного высвобождения активного вещества. В данном исследовании разработаны пленочные композиции на основе агар-агара и комплекса поли(2-этил-2-оксазолина) (ПЭОЗ) с йодом, обладающие улучшенными характеристиками трансдермальной доставки. Полученные пленки имели рН 5,5, равный рН кожи, а увеличение содержания ПЭОЗ снижало их степень набухания, повышая стабильность пленочных композиций. В течение 120 минут пленочные

композиции высвобождали 16,5 % активного йода (0,24 мг/мл), что достаточно для эффективного антисептического действия. Результаты антимикробных анализов подтвердили высокую активность пленок против *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*. Таким образом, предложенные пленочные композиции на основе агар-агара и комплекса ПЭОЗ с йодом представляют собой перспективные лекарственные формы к лечению инфицированных ран и кожных заболеваний.

Ключевые слова: йод, йод-полимерный комплекс, полимерная пленка, поли(2-этил-2-оксазолин), природный полимер.

Введение. Кожа является самым доступным органом, который выполняет роль барьера для микро- и макромолекул окружающей среды благодаря своей низкой проницаемости. Трансдермальная доставка лекарств направлена на местную терапию кожных заболеваний или системную абсорбцию препаратов через кожу. Этот метод имеет несколько преимуществ, таких как обширная поверхность кожи, простота в использовании и возможность замены перорального приема лекарств или подкожных инъекций (Zurdo Schroeder, et al, 2007:111). Тем не менее, существующие формы лекарственных средств, такие как пластыри, мази и кремы, имеют свои недостатки. Например, пластыри могут вызывать раздражение кожи и неудобства при использовании, особенно на изогнутых участках. Полутвердые формы, такие как кремы и мази, могут легко стираться при контакте с одеждой, требуя частого повторного нанесения. Это создает трудности для пациентов с хроническими заболеваниями, такими как грибок стопы или кандидоз. Поэтому важно разработать новые лекарственные формы, которые обеспечат длительный контакт с кожей и улучшат соблюдение режима лечения (Tan, et al, 2012:1263).

Йод используется в качестве дезинфицирующего средства с 1830 года благодаря своей антимикробной активности против бактерий, плесневых грибов и некоторых вирусов, которая достигается за счет неспецифического механизма, предотвращающего развитие их (Makhayeva, et al, 2023:112573, Garg, et al, 2007:1340). Йод денатурирует белки, окисляя S–N группы и нарушая водородные связи в аминокислотах и нуклеотидах, что приводит к потере функций ферментов и структурных белков. Кроме того, йод нарушает целостность микробных мембран и ингибирует функции нуклеиновых кислот, что приводит к быстрой гибели микроорганизмов (Gottardi, 1980:1). Хотя современные лекарственные формы йода, такие как повязка Inadine с 10% повидон-йод, предлагают более безопасные и менее болезненные альтернативы, они все еще имеют свои недостатки, такие как необходимость в дополнительной повязке и высокая стоимость. Другой известной повязкой является кадексомер йод, который также эффективно высвобождает йод, но может образовывать трудноудаляющиеся пленки (Sibbald, et al, 2017:316).

Целью данной работы является разработка новых полимерных пленочных композиций на основе агар-агара и комплекса йода с поли(2-этил-2-оксазолином) для трансдермальной доставки йода. Поли(2-этил-2-оксазолин) ранее использовали для получения пленочных композиций на основе хитозана и ПЭОЗ с лекарственным

веществом для окулярного (Abilova, et al, 2019:311) и вагинального (Abilova, et al, 2020:1709) применения. В работе (Shan, et al, 2021:5881) метакрилированный ПЭОЗ использовали для создания мукоадгезивных материалов для назального применения. Научной группой проф. Кудайбергенова С.Е. в работе (Lavikainen, et al, 2021:2770) был модифицирован геллан короткими цепями поли(2-этил-2-оксазолина) для изготовления полимерных носителей для местной доставки лекарств на поверхность глаза. Агар-агар, состоящий из агарозы и агаропектина, представляет собой недорогой полисахарид, обладающий отличными функциональными свойствами (Roy, et al, 2023:101498). Он широко используется в различных отраслях, включая микробиологию, фармацевтику и упаковку, и обладает способностью образовывать гидрогели при растворении в воде и охлаждении (Mostafavi, et al, 2020:1165). Агар-агар может стать экономически выгодной альтернативой существующим йодированным повязкам, так как он легко доступен в прибрежных странах (Pandya, et al, 2022:1151). Благодаря возможности добавления различных наполнителей, таких как глицерин и целлюлоза, можно адаптировать механические свойства агар-агара для создания индивидуальных пленок (Тубеб, et al, 2020:7515). Это позволит улучшить антимикробные свойства повязок и обеспечить длительный контакт с кожей, что повысит эффективность лечения и комфорт пациентов.

Материалы и методы

Материалы

Поли(2-этил-2-оксазолин) молекулярной массой 50 кДа, агар-агар, поливинилпирролидон молекулярной массой (Sigma Aldich, США), кристаллический йод со степенью чистоты ≥ 99 %. («Across Organics», Япония), дигидрофосфат калия, йодид калия, хлорид калия, хлорид натрия и гидрофосфатфосфат династрия были «х.ч.» и использованы без предварительной очистки (ТОО «ЛаборФарма»).

Приготовление растворов

Приготовление раствора йода

0,16 г йода и 0,32 г йодида калия растворили в 100 мл дистиллированной воды. Полученный раствор перемешивали на магнитной мешалке в течение 60–90 минут до полного растворения всех компонентов. Концентрация приготовленного раствора йод/калий йодид/вода составила 1,6 мг/мл.

Приготовление фосфатного буферного раствора

В круглодонной колбе объемом 500 мл растворили 3 г NaCl (хлорид натрия), 0,075 г KCl (хлорид калия), 0,54 г Na_2HPO_4 (натрий гидрофосфат) и 0,09 г KH_2PO_4 (дигидрофосфат калия) в 300 мл дистиллированной воды. Полученный раствор перемешивали на магнитной мешалке до полного растворения всех компонентов. Затем дистиллированной водой довели объем раствора до отметки на колбе. Небольшое количество разбавленного HCl и/или NaOH использовали для корректировки pH до нужного уровня. Значение pH готового раствора довели до 5,5.

Приготовление полимерных пленок

В 10 мл раствора йода при температуре 90°C был растворен агар-агар массой

4 г и был добавлен ПЭОЗ в мольных соотношениях [ПЭОЗ]:[йод]=1:1, 5:1 и 10:1. Раствор перемешивали до полного растворения в течение 1 часа. К полученному раствору добавили 0,1% масс. глицерина от массы агар-агара. Пленки были отлиты на пластиковые подложки и высушены в течение 24-х часов на открытом воздухе.

Физико-химические свойства пленок

Для измерения физико-химических характеристик пленок были вырезаны образцы пленок размером 1x1 мм. ИК-спектры образцов пленок записывались на ИК-спектрометре с Фурье преобразованием Spectrum 65 FT-IR.

Толщина высушенной пленки измерялась в 5 местах, после чего вычисляли среднее значение толщины. Измерения проводились с помощью электронного микрометра.

Изучение степени набухания пленок

Для измерения степени набухания были использованы образцы пленок размером 1x1 мм. Степень набухания исследовали в фосфатном буферном растворе при температуре 36°C. Степень набухания была определена гравиметрическим методом трехкратным повторением и рассчитывалась по следующей формуле (1):

$$\alpha = (m - m_0) / m_0 \quad (1)$$

где m — масса образца пленки, равномерно набухшего в течение времени t ;
 m_0 — масса сухого образца.

Определение pH пленок

Образцы пленок размером 1x1 мм помещали в дистиллированную воду объемом 5 мл, послечего pH измеряли с помощью pH/Ion Meter 781. Измерения проводили по три раза.

Исследование скорости высвобождения йода из пленки

Для изучения высвобождения йода из пленок были использованы образцы пленок размером 1x1 мм. Образцы пленок были погружены в 10 мл фосфатно-буферного раствора при pH 5,5 и температуре 37 °C. Исследование проводилось в течение 4 часов. Каждые 5 минут отбирались образцы воды, и количество йода, высвобождаемого из пленки в дистиллированную воду, определялось с помощью УФ-спектрофотометра (Shimadzu UV-1901i, Германия) при $\lambda = 352$ нм. Через каждые 5 минут в течение 240 минут определяли количество выделяемого йода по калибровочной кривой ($R^2=0.98$).

Исследование антимикробных свойств пленок

Антимикробная активность по отношению к штаммам *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans* была исследована диско-диффузионным методом в «Научном центре противоиных препаратов» (г.Алматы) в лаборатории микробиологии и вирусологии. Чашки Петри предварительно были засеяны суспензией тестовых штаммов микроорганизмов концентрацией $1,5 \times 10^8$ CFU/мл и инкубировались при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 18–24 часов (Binder, Германия). Для засева использовали стерильные ватные тампоны, их погружали в

суспензию микроорганизма, затем слегка отжав о стенки пробирки, штриховали в трех направлениях, поворачивая чашку на 60°. Затем при помощи стерильного цилиндра нарезали образцы в форме дисков, диаметром 6 мм, после чего помещали их на поверхность, предварительно засеянной тест-штаммами, питательной среды. Исследуемые образцы помещали на поверхность агара в 3 повторях.

Чашки инкубировали в течение 18–24 часов при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ (Binder, Germany). Учет результатов осуществлялся подсчетом диаметра зон задержки/подавления роста с точностью до 1 мм.

Результаты и обсуждение. Пленочные композиции на основе агар-агара и комплекса ПЭОЗ с йодом, полученные методом полива, были от красного до темно-красного цвета, однородные и со специфическим запахом йода (таблица 1). pH пленок был в области 5,5, что совпадает с pH сбалансированной кожи. С увеличением содержания ПЭОЗ в пленочной композиции наблюдается увеличение толщины и изменение интенсивности окраски образцов.

Таблица 1

Физико-химические свойства полученных пленок

Состав пленочных композиций	pH	Толщина, мм	Органолептические свойства
Агар-агар	5.6 ± 0.05	2.78 ± 0.89	Бесцветная, мягкая, с ровной поверхностью и кисловатым запахом
Агар-агар/ I_2	5.5 ± 0.01	2.90 ± 0.5	Светло-красного цвета, мягкая, с ровной поверхностью и специфическим запахом йода
Агар-агар/[ПЭОЗ- I_2] [1:1]	5.5 ± 0.07	2.45 ± 0.14	Красного цвета, мягкая, с ровной поверхностью и специфическим запахом йода
Агар-агар/[ПЭОЗ- I_2] [5:1]	5.6 ± 0.04	3.85 ± 0.73	Темно-красного цвета, мягкая, с ровной поверхностью и специфическим запахом йода
Агар-агар/[ПЭОЗ- I_2] [10:1]	5.5 ± 0.3	3.94 ± 0.6	Темно-красного цвета, мягкая, с ровной поверхностью и специфическим запахом йода

Степень набухания является одной из важных характеристик полимерных систем, который показывает предельное значение поглощения жидкости данными структурами. На рисунке 2 представлены показатели максимальной степени набухания для пленочных композиций на основе агар-агара/[ПЭОЗ: I_2] с составом [1:1], [5:1], [10:1], а также для пленки на основе чистого агар-агара и пленки на основе агар-агара/ I_2 .

Как видно из рисунка 1 с увеличением содержания поли(2-этил-2-оксазолина) в пленочных композициях степень набухания несколько уменьшается. Это связано с хорошей растворимостью ПЭОЗ в воде при низкой температуре, что влияет на показатель степени набухания. Агар-агар – природный полимер, который плохо растворяется в воде при температуре ниже 95°C . Все образцы пленок достигают равновесной степени набухания в течение 30 мин, при этом не наблюдается дальнейшего снижения их степени набухания.

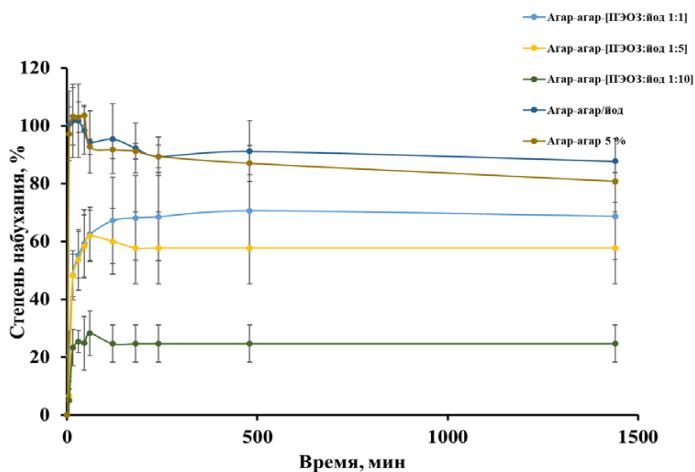


Рисунок 1 – Зависимость степени набухания пленочных композиций на основе агар-агара и комплекса [ПЭО3: I₂] от времени

Методом ИК-спектроскопии была исследована структура полученных пленочных композиций на основе агар-агара и комплекса [ПЭО3: I₂]. Для пленки на основе агар-агара на ИК-спектре наблюдается широкий пик на 3304,08 см⁻¹, соответствующий гидроксильной группе (OH), пик на 2934,01 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям (-C-H), а пик на 1416,02 см⁻¹ соответствует деформационным колебаниям (-CH₂). Для ПЭО3 наблюдаются следующие характеристические пики при 1422–1455 см⁻¹ (-CH₂), 1637,83 см⁻¹ (-C=O), 2975 см⁻¹ (-C-H) и 1274,51 см⁻¹ (-C-N). Для пленок на основе агар-агара/ [ПЭО3- I₂] (рисунок 2) также были обнаружены пики на 3399,01 см⁻¹, соответствующие группе (OH), 2900,13 см⁻¹ (C-H), 1431,05 см⁻¹ (CH₂), 1374,25 см⁻¹ (C-N) и 1637,82 см⁻¹ (C=O). Наблюдаемый сдвиг от 3304,08 см⁻¹ до 3399,01 см⁻¹ и от 1274,51 см⁻¹ до 1374,25 см⁻¹ может быть связан с образованием водородной связи между гидроксильной группой агар-агара и азотом ПЭО3. По результатам ИК-спектроскопии была предложена схема образования водородных связей между агар-агар и ПЭО3 (рисунок 3), а также комплекса с переносом заряда между ПЭО3 и I₂/KI.

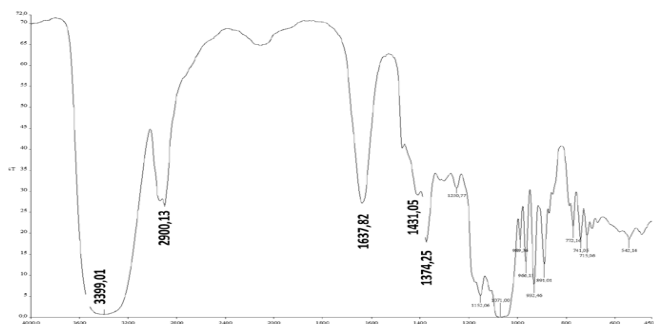


Рисунок 2. ИК-спектр пленочной композиции на основе агар-агара/ [ПЭО3: I₂] [10:1]

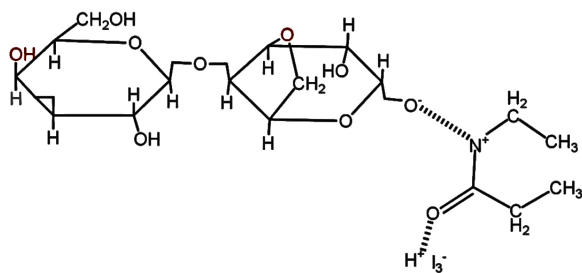
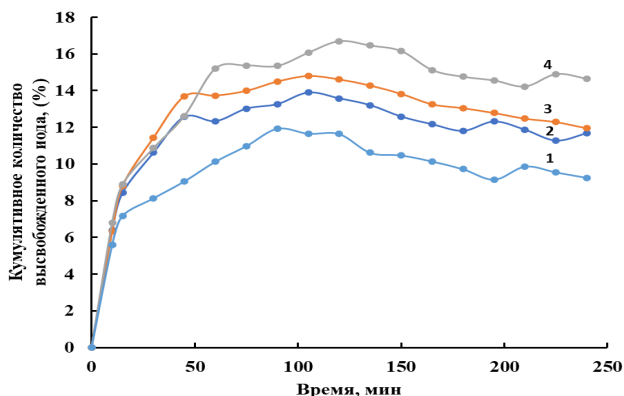


Рисунок 3. Схема взаимодействия агар-агар, ПЭО3 и I_2/KI

В работе было изучено кумулятивное количество высвобожденного йода из пленочных композиций. Основной реакцией, протекающей при комплексообразовании ПЭО3 с йодом, является образование трийодид-иона при взаимодействии молекулярного йода с йодидом калия. Для комплексов полимера с йодом характеристическим является пик при 352 нм (Makhaeva, et al, 2023:112573), поэтому в данной работе высвобождение йода фиксировали на УФ-спектрофотометре при $\lambda=352$ нм. В проведенном эксперименте образец находился в фосфатном буферном растворе при pH-5,5 и температуре 37 °C в течение 4 часов, что воссоздает реальные условия. Из рисунка 4 видно, что для пленочной композиции на основе агар-агара/ [ПЭО3: I_2] [10:1] максимальные 16,5 % йода высвобождается за 120 минут, а в течение 240 минут сохраняется на уровне 14 %, что соответствует 0,24 мг/мл йода. По литературным данным, безопасные бактерицидные свойства йода находятся в диапазоне 0,12–0,24 мг/мл. При этом с уменьшением содержания ПЭО3 в пленочной композиции с [10:1] до [1:1] происходит уменьшение количества высвобождаемого йода, что связано с ослаблением комплексообразования. А в пленке без ПЭО3 степень высвобождения составила 12 % и со временем это значение уменьшается из-за вымывания йода. Таким образом, ПЭО3 в данных композициях выполняет роль пластификатора и вещества, удерживающего йод в пленке.



Агар-агар/[I_2] -1; агар-агар/[ПЭО3: I_2] [1:1] - 2; агар-агар/[ПЭО3: I_2] [10:1] – 4.

Рисунок 4. Кумулятивный профиль высвобождения йода из пленочных композиций

Как известно из литературы, антимикробные и противовирусные свойства йода связаны с его способностью окислять -SH или -OH группы структурных белков и микробных клеточных ферментов, что приводит к инактивации этих белков и гибели микроорганизмов. Благодаря этому неспецифическому механизму действия йод эффективен против множества грамположительных и грамотрицательных бактерий, таких как *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Eberthella typhosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Shigella dysenteriae*, *Bacillus subtilis*, а также хламидий, микоплазм, грибов, вирусов и простейших микроорганизмов.

Антивирусные и фунгицидные свойства были изучены диско-диффузионным методом ингибирования роста микроорганизмов *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*. соответственно. На рисунке 5 представлены диаграммы со значениями зоны подавления роста пленочных композиций.

Пленочные композиции на основе агар-агара/[ПЭОЗ]:[йод] [5:1] и агар-агара/[ПЭОЗ]:[йод] [10:1] демонстрируют практически одинаковую активность по отношению к *Staphylococcus aureus*, с зонами подавления роста, равными соответственно $10,0 \pm 0,00$ мм и $10,67 \pm 0,58$ мм. В то же время пленочные композиции на основе агар-агара и агар-агар/ I_2 не проявляют активности против тестового штамма *Staphylococcus aureus* (рисунок 4). Пленочные композиции на основе агар-агара/[ПЭОЗ]:[йод] [5:1] и агар-агара/[ПЭОЗ]:[йод] [10:1] показывают одинаковую фунгицидную активность против роста *Candida albicans* с зонами подавления роста, равными $11,0 \pm 0,00$ мм. Контрольные образцы – агар-агар/ I_2 и агар-агар не продемонстрировали фунгицидной активности против тестового штамма. Пленочная композиция на основе агар-агар/ I_2 не проявила антивирусную и фунгицидную активности из-за отсутствия в композиции вещества, удерживающего йод.

В процессе исследования йод улетучивается из композиции.

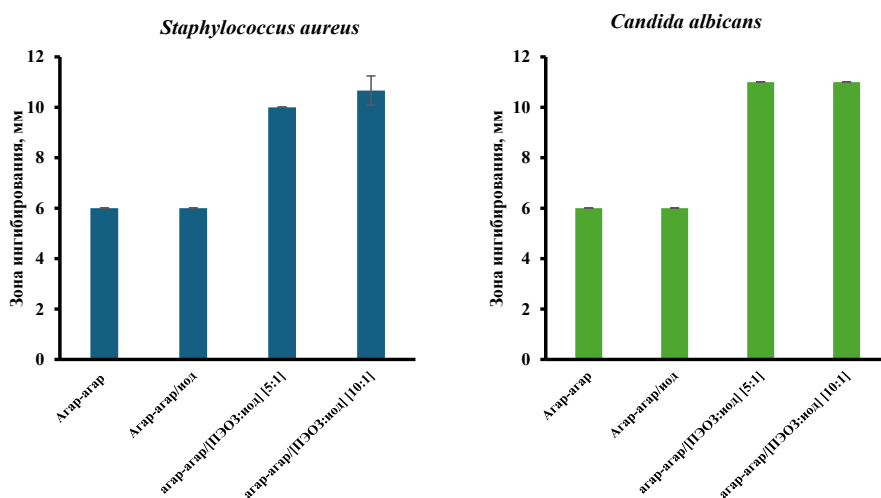


Рисунок 5. Сравнительные данные зоны ингибирования роста микроорганизмов *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans* для пленочных композиций

Заклучение

Таким образом были получены пленочные композиции на основе агар-агара/[ПЭОЗ]: [йод] с мольным содержанием ПЭОЗ равным [1:1]; [5:1]; [10:1]. Изучение физико-химических свойств композиций показало, что с увеличением содержания ПЭОЗ в пленочной композиции приводит к снижению степени набухания. рН пленок был в области 5,5, что совпадает с рН сбалансированной кожи. С увеличением содержания ПЭОЗ в пленочной композиции наблюдается увеличение толщины и изменение интенсивности окраски образцов. Исследована кинетика высвобождения йода из пленочных композиций. Установлено, что пленочные композиции на основе агар-агара/ [ПЭОЗ: I₂] [10:1] высвобождают 16,5 % активного йода в течение 120 минут, что соответствует 0,24 мг/мл йода. Результаты исследований зоны ингибирования роста микроорганизмов показали положительную активность против *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РК по проекту Жас Галым на 2023–2025 гг. AP19176452 «Изучение комплексообразования поли(2-оксазолинов) с йодом для создания новых антимикробных биоматериалов».

References

- Abilova G.K., Kaldybekov D.B., Ozhmukhametova E.K., Saimova A.Zh., Kazybayeva D.S., Irmukhametova G.S., Khutoryanskiy V.V. (2019) Chitosan/poly(2-ethyl-2-oxazoline) films for ocular drug delivery: Formulation, miscibility, in vitro and in vivo studies. *European Polymer Journal*. – 116. - 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.04.016> (in Eng.)
- Abilova G.K., Kaldybekov D.B., Irmukhametova G.S., Kazybayeva D.S., Iskakbayeva Z.A., Kudaibergenov S.E., Khutoryanskiy V.V. (2020) Chitosan/Poly(2-ethyl-2-oxazoline) Films with Ciprofloxacin for Application in Vaginal Drug Delivery. *Materials*. - 13(7). - 1709. <https://doi.org/10.3390/ma13071709> (in Eng.)
- Garg S., Jambu L., Vermani K. (2007) Development of Novel Sustained Release Bioadhesive Vaginal Tablets of Povidone Iodine. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. - 33(12). - 1340–1349. <https://doi.org/10.1080/03639040701385782> (in Eng.)
- Gottardi W. (1985) The influence of the chemical behaviour of iodine on the germicidal action of disinfectant solutions containing iodine. *Journal of Hospital Infection*. – 6. - 1–11. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-6701\(85\)80040-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-6701(85)80040-2). (in Eng.)
- Lavikainen J., Dauletbekova M., Toeutay G. et al. (2021) Poly(2-ethyl-2-oxazoline) grafted gellan gum for potential application in transmucosal drug delivery. *Polymer for Advanced Technologies*. – 32. – 2770–2780. <https://doi.org/10.1002/pat.5298> (in Eng.)
- Makhayeva D.N., Irmukhametova G.S., Khutoryanskiy V. V. (2023) Advances in antimicrobial polymeric iodophors. *European Polymer Journal*. – 201. - 112573. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112573> (in Eng.)
- Makhayeva D.N., Irmukhametova G.S., Khutoryanskiy V.V. (2020) Polymeric Iodophors: Preparation, Properties, and Biomedical Applications. *Review Journal of Chemistry*. – 10. - 40–57. <https://doi.org/10.1134/S2079978020010033>(in Eng.)
- Mostafavi F.S., Zaeim D. (2020) Agar-based edible films for food packaging applications - A review. *International Journal Biological Macromolecules*. - 159. - 1165–1176. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.123> (in Eng.)
- Pandya Y., Bakshi M., Sharma A., Pandya Y.H., Pandya H. (2022) Agar-agar extraction, structural properties and applications: A review. *The Pharma Innovation Journal*. – 1151. –1157. (in Eng.)
- Roy S., Chawla R., Santhosh R., Thakur R., Sarkar P., Zhang W. (2023) Agar-based edible films and food packaging application: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*– 141. - 104198. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104198> (in Eng.)

Sibbald R.G., Elliott J.A. (2017) The role of Inadine in wound care: a consensus document. *International Wound Journal*. – 14. - 316–321. <https://doi.org/10.1111/iwj.12602> (in Eng.)

Shan X., Aspinall S., Kaldybekov D.B., Buang F., Williams A.C., Khutoryanskiy V.V. (2021) Synthesis and Evaluation of Methacrylated Poly(2-ethyl-2-oxazoline) as a Mucoadhesive Polymer for Nasal Drug Delivery. *ACS Applied Polymer Materials*. - 3(11). - 5882–5892. <https://doi.org/10.1021/acscpm.1c01097>(in Eng.)

Tan X., Feldman S.R., Chang J., Balkrishnan R. (2012) Topical drug delivery systems in dermatology: a review of patient adherence issues. *Expert Opin Drug Delivery*. – 9. - 1263–1271. <https://doi.org/10.1517/17425247.2012.711756> (in Eng.)

Tyeb S., Kumar N., Kumar A., Verma V. (2020) Agar–Iodine Transdermal Patches for Infected Diabetic Wounds. *ACS Applied Bio Materials*. - 3(11). - 7515–7530. <https://doi.org/10.1021/acscabm.0c00722> (in Eng.)

Zurdo Schroeder I., Franke P., Schaefer U.F., Lehr C.M. (2007) Development and characterization of film forming polymeric solutions for skin drug delivery. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. – 65. - 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2006.07.015> (in Eng.)

CONTENTS

A.A. Anarbayev, B.N. Kabyzbekova, J.E. Khusanov, G. M. Ormanova INVESTIGATION OF THE PROCESS OF OBTAINING A COMPLEX PHOSPHOHUMATE MINERAL FERTILIZER.....	5
G.Zh. Baisalova, A.A. Zhanybekova, A.B. Shukirbekova, B.B. Torsykbaeva, Sh.K. Utzhanova QUANTITATIVE DETERMINATION OF FLAVONOIDS IN ULMUS PUMILA LEAVES BY SPECTROPHOTOMETRIC METHOD.....	21
N. Bektenov, G. Koszhanova QUANTUM-CHEMICAL MODEL CALCULATION REVIEW OF VERMICULITE AND ITS BASED MODIFIED SORBENT.....	33
G.M. Zhusipnazarova, R. Reshmy, A.S. Dardenbayeva, Zh.B. Mukazhanova, G.B. Aubakirova PRODUCTION AND STUDY OF PROPERTIES OF BIOLOGICAL COATINGS BASED ON CELLULOSE OBTAINED FROM BARLEY AND FLAX STEMS.....	43
M. Ibrayeva, E. Sagindykova, Zh. Mukazhanova ISOLATION OF IRIDOIDS FROM <i>VERBASCUM MARSCHALLIANUM</i>	57
L.K. Kazhygeldiyeva, B.Kh. Mussabayeva, A.N. Sabitova, L.K. Orazzhanova, A.S. Seitkan DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FRUIT EXTRACTS FROM <i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES</i> L. AND <i>CRATAEGUS SANGUINEA</i> L.	68
M.B. Kambatyrov, P.A. Abdurazova, U.B. Nazarbek, Y.B. Raiymbekov FTIR SPECTROSCOPIC STUDY OF HUMIC ACIDS PRECIPITATION.....	79
N.B. Kassenova, R. Sh. Erkassov, N.N. Nurmukhanbetova, S.K. Makhanova, G.K. Bekishova THE INVESTIGATION OF SPIN-CROSSOVER IN TETRANUCLEAR IRON (II) COMPLEXES BY MAGNETIC MEASUREMENTS.....	94
B.K. Massalimova, A.S. Dardenbayeva, Zh. Mukazhanova, K.A. Shorayeva, N.V. Ostafeychuk DEVELOPMENT AND STUDY OF CATALYSTS FOR DEHYDROGENATION OF SATURATED HYDROCARBONS TO OLEFINS.....	104

D.N. Makhayeva, Sh. Zhetesbayeva, G.S. Irmukhametova, Z.A. Kenessova PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYMER FILMS BASED ON IODINE COMPLEXED WITH POLY(2-ETHYL-2-OXAZOLINE).....	121
N. Merkhataly, S.B. Abeuova, S.K. Zhokizhanova, A. Sviderskiy, S.A. Kairoldin INCLUSION OF AZULENE INTO THE BACKBONE OF CONJUGATED OLIGOMERS: IMPROVEMENT OF PROTON SENSITIVITY AND ELECTRONIC ABSORPTION.....	133
A.N. Nurlybayeva, A.E. Tulegen, K.B. Bulekbayeva, D.A. Kulbayeva, G.K. Matniyazova DETERMINATION OF COAGULATION THRESHOLDS OF MOLYBDENUM-VANADIUM BLUE SOLS.....	144
E.T. Talgatov, A.A. Naizabaev, A.M. Tynyshbay, A.S. Auezkhanova, A.Z. Abilmagzhanov INVESTIGATION OF COMPLEXATION OF RUTHENIUM (III) IONS WITH POLYMERS.....	157
A.A. Tolepbergen, U. Amzeyeva, Ye. Shybyray, A. Baiseitova, J. Jenis PHYTOCHEMICAL PROFILE OF UNDERGROUND PART OF CICHORIUM INTUBYS L.	170
T.S. Khosnutdinova, A.O. Sapieva, N.A. Sultanova, Sh.A. Madieva DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING A FLAVONOID COMPLEX FROM THE AERIAL PART OF <i>FERULA SONGARICA</i> PALL. EX SPRENG. WITH ANTIOXIDANT ACTIVITY.....	183
D.Y. Shoganbek, S.A. Tungatarova, D.Yu. Murzin, T.S. Baizhumanova, M. Zhumabek DRY REFORMING OF METHANE ON Co-La-Al AND Co-Ce-Al CATALYSTS PREPARED BY THE SCS METHOD.....	195

МАЗМҰНЫ

А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов, Г.М. Орманова КҮРДЕЛІ ФОСФОГУМАТТЫ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШ АЛУ ПРОЦЕССИН ЗЕРТТЕУ.....	5
Г.Ж. Байсалова, А.А. Жаныбекова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Ш.К. Утжанова <i>ULMUS PUMILA</i> ЖАПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ ФЛАВОНОИДТАР МӨЛШЕРІН СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ.....	21
Н. Бектенов, Г. Қосжанова ВЕРМИКУЛИТ ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІНДЕ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН СОРБЕНТТІҢ КВАНТТЫ-ХИМИЯЛЫҚ МОДЕЛІН ЕСЕПТЕУГЕ ШОЛУ.....	33
Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, Г.Б. Аубакирова. АРПА МЕН ЗЫҒЫР САБАҒЫНАН АЛЫНҒАН ЦЕЛЛЮЛОЗА НЕГІЗІНДЕГІ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ДАЙЫНДАЛУЫ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	43
М. Ибраева, Э. Сагиндыкова, Ж. Мукажанова <i>VERBASCUM MARSCHALLIANUM</i> -НАН ИРИДОИДТАРДЫ БӨЛУ.....	57
Л.К. Қажыгелдиева, Б.Х. Мұсабаева, А.Н. Сабитова, Л.К. Оразжанова, А.С. Сейтқан. <i>HIPPURHAE RHAMNOIDES</i> L. ЖӘНЕ <i>CRATAEGUS SANGUINEA</i> L. ӨСІМДІК ЖЕМІСТЕРІНІҢ ЭКСТРАКТТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН АНЫҚТАУ.....	68
М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек, Е.Б. Райымбеков ГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫН ТҰНДЫРУ ҮРДІСІН ИҚ-СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	79
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, Н.Н. Нурмуханбетова, С.К. Маханова, Г.К. Бекишова МАГНИТТІК ӨЛШЕУЛЕР ӘДІСІМЕН ТЕМІРДІҢ (II) ТӨРТЯДРОЛЫ КЕШЕНДЕРІНДЕ СПИН-КРОССОВЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	94

- Б.К. Масалимова, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, К.А. Шораева, Н.В. Остафейчук**
КӨМІРСУТЕКТЕРДІ ОЛЕФИНДЕРГЕ ДЕГИДРЛЕУ ҮШІН
КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ ҚҰРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....104
- Д.Н. Махаева, Ш. Жетесбаева, Ғ.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова**
ЙОДТЫҢ ПОЛИ(2-ЭТИЛ-2-ОКСАЗОЛИНМЕН) КЕШЕНІ НЕГІЗІНДЕ
ПОЛИМЕРЛІ ҮЛДІРЛЕРДІ АЛУ ЖӘНЕ СИПАТТАУ.....121
- Н. Мерхатұлы, С.Б. Абеуова, С.К. Жокижанова, А. Свидерский, С.А. Қайролдин**
ҚОСАРЛАНҒАНОЛИГОМЕРЛЕР НЕГІЗІНЕ АЗУЛЕНДІЕНГІЗУ: ПРОТОНҒА
СЕЗІМТАЛДЫҚ ПЕН ЭЛЕКТРОНДЫҚ СІңІРУ ДІЖАҚСАРТУ.....133
- А.Н. Нұрлыбаева, А.Е. Төлеген, Қ.Б. Бөлекбаева, Д.А. Құлбаева, Ғ.Қ. Матниязова**
МОЛИБДЕН-ВАНАДИЙ КӨК ҚОСЫЛЫСЫНЫҢ ҚОЙЫЛУ ШЕКТЕРІН
АНЫҚТАУ.....144
- Э.Т. Талғатов, А.А. Найзабаев, А.М. Тынышбай, А.С. Ауезханова, А.З. Абильмагжанов**
РУТЕНИЙ (III) ИОНДАРЫМЕН ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ КЕШЕН ТҮЗУІН
ЗЕРТТЕУ.....157
- А.А. Төлепберген, Ұ. Әмзеева, Е. Шыбырай, А. Байсеитова, Ж. Жеңіс**
SICHORIUM INTYBUS L. ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР АСТЫ БӨЛІГІНІҢ
ФИТОХИМИЯЛЫҚ ПРОФИЛІ.....170
- Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сәпиева, Н.А. Сұлтанова, Ш.А. Мадиева**
АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІККЕ ИЕ *FERULA SONGARICA* PALL. EX
SPRENG. ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНЕН ФЛАВОНОИДТЫ КЕШЕНДІ АЛУ ӘДІСІН
ӘЗІРЛЕУ.....183
- Д.Е. Шоғанбек, С.А. Тунгатарова, Д.Ю. Мурзин, Т.С. Байжуманова, М. Жұмабек**
ЖТС ӘДІСІМЕН ДАЙЫНДАЛҒАН Co-La-Al ЖӘНЕ Co-Ce-Al
КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА МЕТАНДЫ ҚҰРҒАҚ РИФОРМАЛАУ.....194

СОДЕРЖАНИЕ

А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов, Г.М. Орманова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ФОСФОГУМАТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ.....	5
Г.Ж. Байсалова, А.А. Жаныбекова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Ш.К. Утжанова КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ULMUS PUMILA СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	21
Н. Бектенов, Г. Косжанова ОБЗОР КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕРМИКУЛИТА И МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА НА ЕГО ОСНОВЕ.....	33
Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, Г.Б. Аубакирова СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ СТЕБЕЛЕЙ ЯЧМЕНЯ И ЛЬНА.....	43
М. Ибраева, Э. Сагиндыкова, Ж. Мукажанова ВЫДЕЛЕНИЕ ИРИДОИДОВ ИЗ VERBASCUM MARSCHALLIANUM.....	57
Л.К. Кажыгелдиева, Б.Х. Мусабаева, А.Н. Сабитова, Л.К. Оразжанова, А.С. Сейткан ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ПЛОДОВ РАСТЕНИЙ HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. И CRATAEGUS SANGUINEA L	68
М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек, Е.Б. Райымбеков ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ.....	79
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, Н.Н. Нурмуханбетова, С.К. Маханова, Г.К. Бекишова ИССЛЕДОВАНИЕ СПИН-КРОССОВЕРА В ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ ЖЕЛЕЗА (II) МЕТОДОМ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	94

Б.К. Масалимова, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, К.А. Шораева, Н.В. Остафейчук РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ДО ОЛЕФИНОВ.....	104
Д.Н. Махаева, Ш. Жетесбаева, Г.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА ЙОДА С ПОЛИ (2-ЭТИЛ-2-ОКСАЗОЛИНОМ).....	121
Н. Мерхатулы, С.Б. Абеуова, С.К. Жокижанова, А. Свидерский, С.А. Кайролдин ВВЕДЕНИЕ АЗУЛЕНА В ОСНОВУ СОПРЯЖЕННЫХ ОЛИГОМЕРОВ: УЛУЧШЕНИЕ ПРОТОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ЭЛЕКТРОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ.....	133
А.Н. Нурлыбаева, А.Е. Толеген, К.Б. Боекбаева, Д.А. Кульбаева, Г.К. Матниязова ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВ КОАГУЛЯЦИИ ЗОЛЕЙ МОЛИБДЕН-ВАНАДИЕВЫХ СИНЕЙ.....	144
Э.Т. Талгатов, А.А. Найзабаев, А.М. Тынышбай, А.С. Ауезханова, А.З. Абиьлмагжанов ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ РУТЕНИЯ (III) С ПОЛИМЕРАМИ.....	157
А.А. Толепберген, У. Амзеева, Е. Шыбырай, А. Байсеитова, Ж. Женис ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ CICHORIUM INTYBUS L.	170
Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сапиева, Н.А. Султанова, Ш.А. Мадиева РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ФЛАВОНОИДНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ FERULA SONGARICA PALL. EX SPRENG., ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ.....	183
Д.Е. Шоганбек, С.А. Тунгатарова, Д.Ю. Мурзин, Т.С. Байжуманова, М. Жумабек СУХОЙ РИФОРМИНГ МЕТАНА НА КАТАЛИЗАТОРАХ CO-LA-AL И CO-SE-AL ПРИГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ СВС.....	194

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 26.03.2025.

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

13,5 п.л. Заказ 1.