

**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>

**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, (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), Рединг университетінің профессоры (Рединг, 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., Абиьмагжанов А.З., Нұртазина А.Е., Адельбаев И.Е., Холкин О.С.**  
Магнийді шаймалау ерітінділерін қайта өңдеу технологиясындағы дәйекті  
электрхимиялық 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., Кунарбекова 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

© **Jumekeyeva A.I.**<sup>1</sup>, **Talgatov E.T.**<sup>1</sup>, **Auyezkhanova A.S.**<sup>1</sup>, **Kenzheyeva A.M.**<sup>1,2\*</sup>,  
**Naizabayev A.A.**<sup>1,3</sup>, 2026.

<sup>1</sup> «D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry» JSC,  
Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup> Abai Kazakh National Pedagogical University NJSC, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup> «Kazakhstan-British Technical University», Almaty, Kazakhstan.

E-mail: a.kenzheeva@ifce.kz

## COMPLEX FORMATION OF PALLADIUM (II) IONS WITH ORGANIC POLYMERS OF VARIOUS NATURE

**Jumekeyeva Aigul** — Candidate of Chemical Sciences. Senior researcher of the laboratory of Organic catalysis. «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan, E-mail: jumekeeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8084-6070>;

**Talgatov Eldar** — PhD, associated professor. Head of the laboratory of Organic catalysis. «D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan, E-mail: e.talgatov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8153-4765>;

**Auyezkhanova Assemgul** — Candidate of Chemical Sciences, associated professor. Chief researcher of the laboratory of Organic catalysis. «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan, E-mail: a.assemgul@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8999-2864>;

**Kenzheyeva Alima** — PhD student Abai Kazakh National Pedagogical University NJSC. Leading engineer of the laboratory of Organic catalysis. «D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan, E-mail: a.kenzheeva@ifce.kz, <http://orcid.org/0000-0002-4149-2617>;

**Naizabayev Akzhol** — PhD student Kazakhstan-British Technical University JSC. Junior researcher of the laboratory of Organic catalysis. «D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan, E-mail: ak\_naizabayev@kbtu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-5317-9070>.

**Abstract.** The study investigates the complex formation of palladium (II) ions with organic polymers of different nature-chitosan (Chit), poly-4-vinylpyridine (P4VP), and pectin (Pec), which differ in composition and in the type of functional donor groups. The relevance of the research is due to the need to develop efficient polymer-immobilized palladium catalytic systems characterized by high stability, dispersion of the active phase, selectivity, and the possibility of repeated use in technological processes. Complex formation was studied using spectrophotometric analysis and IR spectroscopy, which made it possible to determine the coordination parameters, the

nature of interactions, and the stability of the resulting polymer-metal complexes. It was established that the mechanism of interaction between Pd (II) ions and polymer matrices is determined by the nature of the functional groups of macromolecules, the degree of their protonation, and the environmental conditions. For the chitosan-Pd system, the formation of the most stable complexes was revealed due to outer-sphere ionic interaction of the anionic complex  $[PdCl_4]^{2-}$  with the protonated amino groups of the polymer. In the poly-4-vinylpyridine-Pd system, the interaction is predominantly coordinative and involves nitrogen atoms of pyridine fragments of the macromolecule. The pectin-Pd system is characterized by weaker coordination realized through oxygen-containing functional groups and ionic centers. It is shown that differences in the mechanisms of complex formation significantly affect the stability, morphology, and structure of the resulting complexes. The obtained results confirm the high efficiency of polymers with nitrogen-containing functional groups for palladium stabilization and demonstrate the prospects of their wide application in the development of polymer-immobilized catalytic systems, functional materials, and catalytic hydrogenation processes of organic compounds in modern chemical industry and scientific research.

**Keywords:** polymer–metal complex, palladium catalysts, complexation, complex stability, chitosan, pectin, poly(4-vinylpyridine)

**Financing.** *This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26199261).*

*For citations: Jumekeyeva A.I., Talgatov E.T., Auyezkhanova A.S., Kenzheyeva A.M., Naizabayev A.A. Complex formation of palladium (ii) ions with organic polymers of various nature. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.1. — P. 70–82. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.341>*

© Джумекеева А.И.<sup>1</sup>, Талғатов Э.Т.<sup>1</sup>, Ауезханова А.С.<sup>1</sup>, Кенжеева А.М.<sup>1,2\*</sup>,  
Найзабаев А.А.<sup>1,3</sup>, 2026.

<sup>1</sup> «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup> «Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті» КЕАҚ,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup> «Қазақстан-Британ техникалық университеті», Алматы, Қазақстан.  
E-mail: a.kenzheeva@ifce.kz

## ПАЛЛАДИЙ (II) ИОНДАРЫНЫҢ ТАБИҒАТЫ ӘРТҮРЛІ ОРГАНИКАЛЫҚ ПОЛИМЕРЛЕРМЕН КЕШЕН ТҮЗУІ

**Джумекеева Айгүль** — химия ғылымдарының кандидаты, Органикалық катализ зертханасының аға ғылыми қызметкері, «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: jumekeeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8084-6070>;

**Талғатов Эльдар** — PhD доктор, қауым. профессор, Органикалық катализ зертханасының

жетекшісі, «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: e.talgatov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8153-4765>;

**Ауезханова Асемгуль** — химия ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор, Органикалық катализ зертханасының бас ғылыми қызметкері, «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: a.assemgul@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8999-2864>;

**Кенжеева Алима** — Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университетінің PhD докторанты, Органикалық катализ зертханасының жетекші инженері. «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: a.kenzheeva@ifce.kz, <http://orcid.org/0000-0002-4149-2617>;

**Найзабаев Ақжол** — Қазақстан-Британ техникалық университетінің PhD докторанты, Органикалық катализ зертханасының кіші ғылыми қызметкері, «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: ak\_naizabayev@kbtu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-5317-9070>.

**Аннотация:** Жұмыста табиғаты әртүрлі органикалық полимерлер – хитозан (Хит), поли-4-винилпиридин (П4ВП) және пектинмен (Пек) палладий (II) иондарының кешен түзуі зерттелді, олар құрамы мен функционалдық донор топтарының типі бойынша ерекшеленеді. Зерттеудің өзектілігі жоғары тұрақтылықпен, белсенді фазаның дисперстілігімен, селективтілігімен және технологиялық үдерістерде бірнеше рет қолдану мүмкіндігімен сипатталатын тиімді полимер-иммобилизацияланған палладий катализдік жүйелерін әзірлеу қажеттілігімен байланысты. Кешен түзілу спектrophотометриялық талдау және ИҚ-спектроскопия әдістерін қолдану арқылы зерттелді, бұл координациялық параметрлерді, өзара әрекеттесу сипатын және түзілетін полимер-металл кешендерінің тұрақтылығын анықтауға мүмкіндік берді. Pd (II) иондарының полимерлік матрицалармен өзара әрекеттесу механизмі макромолекулалардың функционалдық топтарының табиғатына, олардың протондану дәрежесіне және орта жағдайларына тәуелді екені анықталды. Хитозан-Pd жүйесі үшін аниондық  $[PdCl_4]^{2-}$  кешенінің полимердің протонданған амин топтарымен сыртқы сфералық иондық өзара әрекеттесуі нәтижесінде ең тұрақты кешендердің түзілетіні анықталды. Поли-4-винилпиридин-Pd жүйесінде өзара әрекеттесу негізінен координациялық сипатта болып, макромолекуладағы пиридин сақиналарының азот атомдарының қатысуымен жүзеге асады. Пектин-Pd жүйесіне оттеkkұрамды функционалдық топтар мен иондық орталықтар арқылы жүзеге асатын әлсіздеу координация тән. Кешен түзілу механизмдеріндегі айырмашылықтардың алынатын кешендердің тұрақтылығына, морфологиясына және құрылымына елеулі әсер ететіні көрсетілді. Алынған нәтижелер азотқұрамды функционалдық топтары бар полимерлердің палладийді тұрақтандыруда жоғары тиімділігін дәлелдейді және олардың полимер-иммобилизацияланған катализдік жүйелерді, функционалдық материалдарды және органикалық қосылыстарды каталитикалық гидрлеу үдерістерін жасау кезінде химия өнеркәсібі мен ғылыми зерттеулерде кеңінен қолданылуының перспективтілігін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** полимер-металдық кешен, палладий катализаторлары, кешен түзілуі, кешеннің тұрақтылығы, хитозан, пектин, поли-4-винилпиридин

©Джумекеева А.И. <sup>1</sup>, Талгатов Э.Т. <sup>1</sup>, Ауезханова А.С. <sup>1</sup>, Кенжеева А.М. <sup>1,2\*</sup>,  
Найзабаев А.А. <sup>1,3</sup>, 2026.

<sup>1</sup>АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»,  
Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> «Казахский Национальный Педагогический Университет им. Абая»,  
Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан.  
E-mail: a.kenzheeva@ifce.kz

## КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ИОНОВ ПАЛЛАДИЯ (II) С ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОЛИМЕРАМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

**Джумекеева Айгуль** — кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: jumekeeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8084-6070>;

**Талгатов Эльдар** — доктор PhD, ассоц. профессор, заведующий лабораторией органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: e.talगतov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8153-4765>;

**Ауезханова Асемгуль** — кандидат химических наук, главный научный сотрудник лаборатории органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: a.assemgul@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8999-2864>;

**Кенжеева Алима** — докторант PhD Казахского Национального Педагогического Университета им. Абая; Ведущий инженер лаборатории органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: a.kenzheeva@ifce.kz, <http://orcid.org/0000-0002-4149-2617>;

**Найзабаев Акжол** — докторант PhD АО «Казахстанско-Британский технический университет», Младший научный сотрудник лаборатории органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: ak\_naizabayev@kbtu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-5317-9070>.

**Аннотация:** В работе исследовано комплексообразование ионов палладия (II) с органическими полимерами различной природы – хитозаном (Хит), поли-4-винилпиридином (П4ВП) и пектином (Пек), отличающимися составом и типом функциональных донорных групп. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных полимер-иммобилизованных палладиевых каталитических систем, характеризующихся высокой устойчивостью, дисперсностью активной фазы, селективностью и возможностью многократного использования в технологических процессах. Комплексообразование изучалось применением методов спектрофотометрического анализа и ИК-спектроскопии, что позволило определить координационные параметры, характер взаимодействия и устойчивость формирующихся полимер-металлических комплексов. Установлено, что механизм взаимодействия ионов Pd(II) с полимерными матрицами определяется природой функциональных групп макромолекул, степенью их протонирования и условиями среды. Для

системы «хитозан–Pd» выявлено образование наиболее устойчивых комплексов за счёт внешнесферного ионного взаимодействия анионного комплекса  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  с протонированными аминогруппами полимера. В системе «поли-4-винилпиридин–Pd» взаимодействие носит преимущественно координационный характер и осуществляется с участием атомов азота пиридиновых фрагментов макромолекулы. Для системы «пектин–Pd» характерна более слабая координация, реализующаяся за счёт кислородсодержащих функциональных групп и ионных центров. Показано, что различия в механизмах комплексообразования существенно влияют на устойчивость, морфологию и структуру получаемых комплексов. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность полимеров с азотсодержащими функциональными группами для стабилизации палладия и свидетельствуют о перспективности их применения при создании полимер-иммобилизованных каталитических систем, функциональных материалов и процессов каталитического гидрирования органических соединений в современной химической промышленности и научных исследованиях.

**Ключевые слова:** полимер-металлический комплекс, палладиевые катализаторы, комплексообразование, устойчивость комплекса, хитозан, пектин, поли-4-винилпиридин

**Введение.** Палладий (Pd) представляет собой благородный переходный металл с высокой каталитической активностью в органическом синтезе, особенно в реакциях гидрирования, кросс-соединения (Suzuki, Heck, Sonogashira и др.), а также в селективных окислительных процессах (Biffis et al., 2001; Chen et al., 2013; Rayadurgam et al., 2021). Несмотря на широкое применение гомогенных Pd-катализаторов, их ограничения по стабильности, агрегации частиц и сложности разделения стимулируют разработку полимерно-иммобилизованных систем. Последние обеспечивают улучшенную распределенность активных центров, снижение агрегации Pd-частиц и лёгкость регенерации каталитической системы (Kawale et al., 2024).

Литературный обзор. Органические полимеры используются в качестве лигандов или носителей в Pd-катализаторах с целью обеспечения комплексообразования Pd-ионных центров с функциональными группами полимерной матрицы, а также для создания систем, на поверхности которых стабилизируются Pd-наночастицы через взаимодействие полимера с металлом (Kawale et al., 2024; Makeeva et al., 2024). Особое внимание уделяется биополимерам (например, хитозан, пектин) и функциональным синтетическим полимерам (например, поли(4-винилпиридин) – П4ВП), поскольку они обладают хелатообразующими группами (амин, пиридин), что улучшает координацию Pd и контроль наноструктуры активной фазы (Albano et al., 2023; Bukharbayeva et al., 2024; Jiao et al., 2025). Например, П4ВП - синтетический полимер с пиридиновыми группами, которые эффективно координируют  $\text{Pd}^{2+}$  и стабилизируют Pd-наночастицы после восстановления. В исследованиях показано, что Pd, иммобилизованный через комплексообразование с П4ВП, демонстрирует высокую дисперсность Pd наночастиц (2 – 3 нм) на

носителях и улучшенную каталитическую активность в реакциях гидрирования по сравнению с обычными Pd/SiO<sub>2</sub> системами (Auyezkhanova et al., 2025). Хитозан (Хит) – природный биополимер, содержащий аминогруппы, которые способны связывать Pd-ионные формы. Стабилизация Pd-частиц хитозаном улучшает распределение активных центров и снижает агрегацию металла, что положительно влияет на каталитическую активность (Auyezkhanova et al., 2025; Zheng et al., 2023; Zeng et al., 2016). Пектин и другие полисахариды, аналогичные хитозану по наличию карбоксильных и гидроксильных групп, также способны создавать координационные среды для Pd<sup>2+</sup> посредством комплексообразования и водородных связей, улучшая устойчивость Pd-катализаторов в жидкой фазе (Albano et al., 2023; Baran, 2019; Kenzheeva et al., 2025).

Таким образом, комплексообразование палладия с органическими полимерами, представляет собой перспективную стратегию в создании эффективных каталитических систем. Такие материалы обеспечивают не только улучшенную дисперсию Pd-частиц, но и регулируют их химическую среду и доступ активных центров, что критично для достижения высокой активности, селективности и устойчивости в органическом синтезе. А также способствуют легкому разделению каталитической системы и её многократного использования, что улучшает экологические и экономические показатели процесса (Raksha et al., 2025). Современные исследования подчёркивают дальнейшее расширение области применения таких гибридных систем в зелёных и устойчивых процессах катализа.

В связи с этим, настоящая работа посвящена исследованию комплексообразования ионов палладия с такими полимерами как хитозан (Хит), пектин (Пек) и поли-4-винилпиридин (П4ВП). Выбор полимеров обусловлен наличием в их структуре функциональных донорных групп (аминных, карбоксильных и пиридиновых), способных к координации ионов Pd<sup>2+</sup>, а также их способностью формировать устойчивые полимер-металлические комплексы и стабилизировать дисперсные палладиевые формы в жидкой фазе.

### **Материалы и методы**

#### ***Реактивы и материалы***

Хлорид палладия (II) (59-60% Pd, Sigma-Aldrich, США), хлорид калия (х.ч.), поли-4-винилпиридин (П4ВП, Mw = 60000, Sigma-Aldrich, США), хитозан (Хит, степень деацетилирования ≥75%, Mw = 250 000, Sigma-Aldrich, США), пектин (Пектин из яблок, степень этерификации 50–75%, Sigma Aldrich, США).

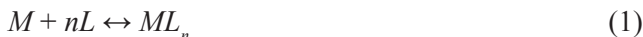
#### ***Приготовление рабочих растворов***

Для приготовления 0,1 М раствора полимера брали 1,67 г хитозана (Хит) и растворяли в 100 мл 1% соляной кислоты путем перемешивания на магнитной мешалке при комнатной температуре в течение 1,5 часов. Раствор пектина готовили при аналогичных условиях, однако используя в качестве растворителя 100 мл воды очищенной и 1.85 г Пек (пектина). Поли-4-винилпиридин (П4ВП), массой 1,05 г растворяли при тех же условиях в 100 мл этилового спирта при комнатной температуре. 0,1 М раствор соли палладия был приготовлен путем

измельчения 1,774 г хлорида палладия (II) и 1,492 г хлорида калия в агатовой ступке с последующим растворением полученной смеси в 100 мл воды.

**Исследование комплексообразования ионов палладия (II) с полимерами**

Состав и устойчивость полимер-металлических комплексов определяли по методике, описанной в работе (Найян et al., 2011). Равновесие реакции комплексообразования выражали по следующей схеме:



где M представляет собой ион металла, L - лиганд (мономерное звено полимерной цепи), и  $ML_n$  - полученный комплекс.

Используя уравнение (1), получим выражения для расчета условной константы устойчивости комплекса ( $\beta_a$ ) и количества полимерных лигандов, участвующих в образовании комплекса ( $n$ ):

$$\beta_a = \frac{[ML_n]}{[M][L]^n} \quad (2)$$

и

$$n = \frac{[L]_{\text{связан.}}}{[M]_{\text{связан.}}} = \frac{[L]_0 - [L]}{[M]_0 - [M]} \quad (3)$$

где [M] и [L] - равновесные концентрации иона металла и полимерного лиганда, соответственно, а индексы 0 и связан. обозначают исходные концентрации реагентов и концентрации реагентов, израсходованных на образование комплекса, соответственно.

Используя уравнение (3) выразим равновесную концентрацию лиганда:

$$[L] = [L]_0 - n\{[M]_0 - [M]\} \quad (4)$$

При условии полного осаждения комплекса из системы, равновесная концентрация комплекса  $[ML_n]$  будет равна 1. Подставив значения равновесной концентрации комплекса, равной 1, и равновесной концентрации полимерного лиганда, выраженной через уравнение (4), в уравнение (2) получим следующее выражение с двумя неизвестными:

$$\beta_a = \frac{1}{[M]\{[L]_0 - n([M]_0 - [M])\}^n} \quad (5)$$

Или

$$\lg \beta_a = -\lg[M] \{ [L]_0 - n[M]_{\text{связан.}} \}^n \quad (6)$$

Зная значения исходных концентраций иона металла  $[M]_{0i}$  и полимерного лиганда  $[L]_{0i}$  и, определив равновесные концентрации иона металла  $[M]_p$ , получим

серию кривых зависимости  $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$ . Точка пересечения двух кривых является решением уравнения с двумя неизвестными  $\lg \beta_{ai}$  и  $n_i$ . Распределив кривые по парам, получим серию точек пересечения, представляющих собой ряд решений уравнения (6), с помощью которых получим средние значения  $n$ .

Методика определения состава и устойчивости комплексов палладия (II) с полимерами (Пек, Хит, П4ВП) включала смешивание растворов полимеров и соли металла ( $\text{PdCl}_2$ ), перемешивание полученных растворов в течение 3 часов для довершения реакции, осаждение полимер-металлического комплекса, измерение равновесных концентраций иона металла в растворе и построение серии кривых зависимости  $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$ . Для получения серии кривых зависимости  $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$  смешивание растворов полимеров с  $\text{PdCl}_2$  осуществляли таким образом, чтобы получить растворы с различными исходными концентрациями полимерных лигандов (0,01-0,025 моль/л) и ионов металла (0,001-0,05 моль/л). Равновесные концентрации ионов металлов определяли на спектрофотометре СФ-2000.

Взаимодействие ионов палладия (II) с функциональными группами полимеров оценивали методом ИК-спектроскопии. ИК-Фурье спектры образцов записывали в виде таблеток с KBr на ИК-спектрометре Nicolet iS5 (Thermo Scientific, США) в интервале частот 4000-400  $\text{см}^{-1}$ .

### Результаты.

При интерпретации экспериментальных данных по комплексообразованию ионов палладия (II) с полимерами учитывалось химическое строение макромолекул, заряд и координационные особенности палладия, а также характер функциональных групп полимерных лигандов. Палладий (II) в водных растворах преимущественно присутствует в виде устойчивого квадратнопланарного комплексного аниона  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ , что существенно влияет на механизм его взаимодействия с полимерными матрицами.

Исследование комплексообразования полимеров с ионами палладия включало определение координационных параметров (константы связывания ( $n$ ) и устойчивости ( $\beta_a$ )) получаемых полимер-металлических комплексов (ПМК), а также их характеристику методом ИК-спектроскопии. На основании данных по условным константам связывания и устойчивости, а также результатов ИК-спектроскопии, для систем Хит-Pd, П4ВП-Pd и Пек-Pd были предложены различные механизмы комплексообразования, схематически представленные на рисунке 1.

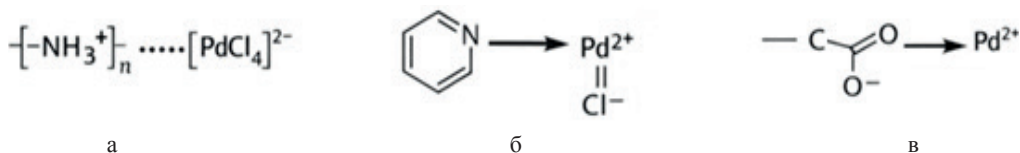


Рисунок 1 – Предполагаемые механизмы комплексообразования ионов палладия (II) с полимерами

(а – внешнесферное ионное взаимодействие комплексного аниона  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  с протонированными аминогруппами хитозана; б – координационное взаимодействие  $\text{Pd}^{2+}$  с пиридиновым атомом азота поли-4-винилпиридина; в – слабая координация  $\text{Pd}^{2+}$  с кислородсодержащими функциональными группами пектина)

Для системы Хит-Pd установлены наибольшие значения условной константы связывания ( $n = 1,82 \pm 0,08$ ) и устойчивости комплекса ( $\lg\beta_a = 6,97 \pm 0,15$ ) (таблица 1), что указывает на прочное взаимодействие палладия с биополимером (рисунок 2, а). Растворение хитозана в кислой среде приводит к протонированию аминогрупп с образованием макрокатиона хитозана ( $-\text{NH}_3^+$ ). В этих условиях взаимодействие протекает преимущественно по механизму ионной ассоциации между положительно заряженными аминогруппами полимера и комплексным анионом  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ . При этом палладий не входит непосредственно в координационную сферу атома азота, а располагается во внешней сфере комплекса, образуя внешнесферный ионный комплекс (рисунок 1, а). Данный механизм подтверждается смещением полос поглощения, характерных для деформационных колебаний N–H и валентных колебаний C=O в ИК-спектрах комплекса по сравнению с исходным хитозаном (Liu Q. et al., 2017; Wang W. et al., 2019) (рисунок 3, 1в, 2в). Изменение положения полос, связанных с C=O (с 1660 до 1628-1638  $\text{cm}^{-1}$ ) и N–H группами полимера (с 1559 до 1518-1524  $\text{cm}^{-1}$ ) доказывает взаимодействие протонированных аминогрупп полимера ( $-\text{NH}_3^+$ ) с анионным комплексом палладия  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  по механизму ионной связи. Высокая устойчивость комплекса Хит-Pd обусловлена электростатической природой взаимодействия и мультицентровым характером связывания аниона палладия с макромолекулой полимера.

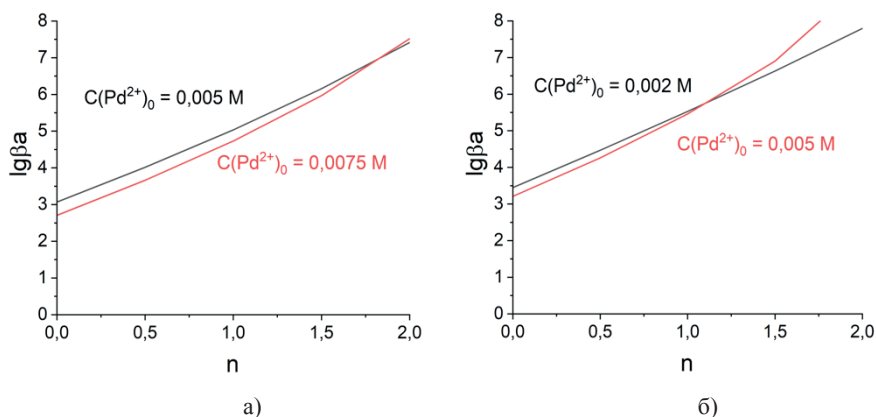


Рисунок 2 – Зависимость между  $\lg\beta_a$  и  $n$  при взаимодействии:

(а) хитозана (0,015 М) с  $\text{Pd}^{2+}$  (0,005 и 0,0075 М), (б) П4ВП (0,01 М) с  $\text{Pd}^{2+}$  (0,002 и 0,005 М)

В системе П4ВП–Pd взаимодействие палладия с полимером протекает по донорно-акцепторному механизму с участием атома азота пиридинового кольца. В этом случае ион  $\text{Pd}^{2+}$  включается во внутреннюю координационную сферу, образуя координационную связь Pd–N (рисунок 1, б). Это подтверждается смещением полос поглощения, соответствующих колебаниям связей C–N и C=C пиридинового кольца в ИК-спектрах П4ВП–Pd по сравнению с исходным

полимером (Mavronasou K. et al., 2022; Wu L. et al., 2022) (рисунок 3, 1а, 2а). В спектре П4ВП наблюдаются характерные полосы колебаний пиридинового кольца (C=C и C–N) при 1600, 1562, 1495 и 1419  $\text{см}^{-1}$ . Смещение полос поглощения C–N (с 1600  $\text{см}^{-1}$  до 1603–1616  $\text{см}^{-1}$ ) и C=C (с 1495  $\text{см}^{-1}$  до 1499  $\text{см}^{-1}$ ) в спектре П4ВП–Pd свидетельствует о координационном взаимодействии пиридиновых групп П4ВП с ионами металла.

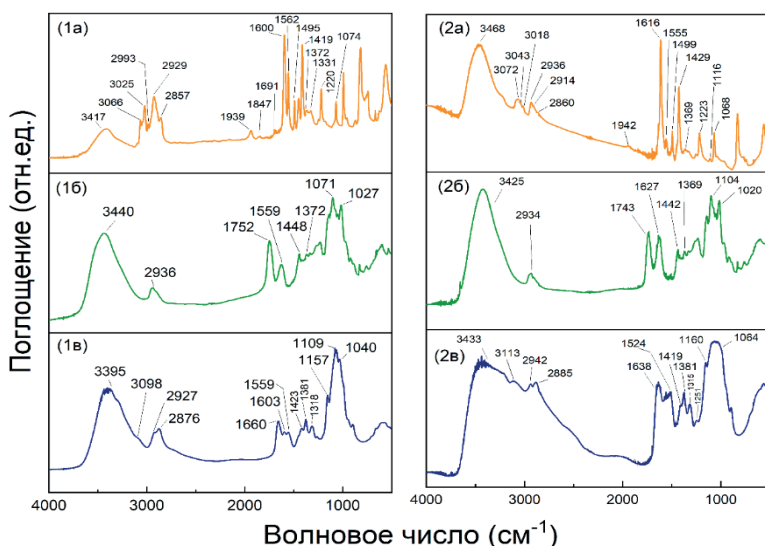


Рисунок 3 – Данные ИК спектров исследуемых образцов:  
(1а) П4ВП, (2а) П4ВП–Pd; (1б) Пек, (2б) Пек–Pd; (1в) Хит, (2в) Хит–Pd.

Значения констант связывания ( $n = 1,10 \pm 0,07$ ) и устойчивости ( $\lg \beta_a = 5,75 \pm 0,16$ ) для П4ВП–Pd ниже, чем для Хит–Pd, что свидетельствует о меньшей прочности координационного взаимодействия по сравнению с ионной ассоциацией (рисунок 2, б). Нецелое значение  $n$  указывает на неполную насыщенность координационной сферы палладия донорными группами полимера, что, вероятно, связано со стерическими ограничениями и ограниченной подвижностью макромолекулярных цепей (таблица 1).

Таблица 1 – Координационные параметры комплексов палладия (II) с полимерами

Полимер	Условная константа связывания ( $n$ )	Устойчивость комплекса ( $\lg \beta_a$ )
<i>Хит</i>	$1,82 \pm 0,08$	$6,97 \pm 0,15$
<i>П4ВП</i>	$1,10 \pm 0,07$	$5,75 \pm 0,16$

**Обсуждение.** Взаимодействие палладия с пектином носит более сложный и менее выраженный характер. В системе палладий–пектин наблюдался сдвиг максимума поглощения относительно исходной длины волны, что исключало возможность корректного определения равновесной концентрации иона металла и проведения дальнейших расчетов для определения констант связывания и

устойчивости. В связи с этим, комплексообразование в системе Пек-Pd исследовали исключительно методом ИК-спектроскопии, для чего систему предварительно осаждали добавлением ацетона, после чего снимали спектр высушенного осадка. Согласно данным ИК-спектроскопии, комплексообразование осуществляется преимущественно за счёт слабого координационного взаимодействия иона  $\text{Pd}^{2+}$  с кислородсодержащими функциональными группами полимера (карбокисильными и гидроксильными) (рисунок 3, 1б, 2б). При этом наблюдаемые смещения полос поглощения носят умеренный характер, что указывает на слабую координацию по атому кислорода без формирования устойчивых хелатных структур (рисунок 1, в). Полоса при  $3440 \text{ см}^{-1}$  соответствует валентным колебаниям  $-\text{OH}$ -групп, а полосы при  $1752$  и  $1625 \text{ см}^{-1}$  относятся к деформационным колебаниям этерифицированной и свободной карбокисильных групп, соответственно (Sumathra M. et al., 2017) (рисунок 3, 1б, 2б). Взаимодействие пектина с ионами палладия подтверждается смещением полосы  $\text{C}=\text{O}$  этерифицированной карбокисильной группы (с  $1752$  до  $1743\text{-}1744 \text{ см}^{-1}$ ) и полос валентных колебаний  $-\text{OH}$ -групп (с  $3440$  до  $3418\text{-}3425 \text{ см}^{-1}$ ). При этом полоса свободной карбокисильной группы при  $1625 \text{ см}^{-1}$  остаётся практически неизменной. Дополнительным признаком взаимодействия служит смещение полос, характерных для колебаний связей  $\text{C}-\text{O}$  (с  $1109$  до  $1101\text{-}1104 \text{ см}^{-1}$ ) и  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  в пиранозном кольце (с  $1027$  до  $1020 \text{ см}^{-1}$ ).

Таким образом, характер комплексообразования ионов палладия с исследованными полимерами определяется природой функциональных групп и типом взаимодействия. Для систем Хит-Pd и П4ВП-Pd количественно установлены значения координационных параметров, отражающие различия в прочности и механизме связывания палладия с полимерной матрицей. В случае пектина комплексообразование носит преимущественно слабый координационный характер по кислородсодержащим функциональным группам, что подтверждается данными ИК-спектроскопии, однако не позволяет корректно оценить устойчивость комплекса в количественном выражении.

### **Заключение**

В работе исследовано комплексообразование ионов палладия (II) с полимерами различной природы – хитозаном, поли-4-винилпиридином и пектином. На основании данных спектрофотометрического анализа и ИК-спектроскопии установлено, что характер и прочность взаимодействия Pd (II) с полимерными матрицами определяются типом функциональных донорных групп.

Показано, что в системе Хит-Pd формируются наиболее устойчивые комплексы за счёт внешнесферного ионного взаимодействия анионного комплекса  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  с протонированными аминогруппами хитозана. В системе П4ВП-Pd взаимодействие носит координационный характер с участием атомов азота пиридиновых групп, однако устойчивость образующихся комплексов ниже, что связано со стерическими ограничениями полимерной цепи. Комплексообразование палладия с пектином сопровождается более слабым взаимодействием по кислородсодержащим функциональным группам, что подтверждается данными ИК-спектроскопии, однако не позволяет провести

количественное сравнение устойчивости данной системы с азотсодержащими полимерами. Полученные результаты подтверждают перспективность применения азотсодержащих полимеров для стабилизации палладия и создания эффективных полимер-иммобилизованных каталитических систем.

### References

- Biffis A., Zecca M., Basato M. (2001) Palladium metal catalysts in Heck C-C coupling reactions. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 173(1–2). — P. 249-274. [https://doi.org/10.1016/S1381-1169\(01\)00153-4](https://doi.org/10.1016/S1381-1169(01)00153-4) (in Eng.).
- Chen Q-A., Ye Zh-Sh., Duan Y., Zhou Y-G. (2013). Homogeneous palladium-catalyzed asymmetric hydrogenation. *Chem. Soc. Rev.*, 42, 497-511. <https://doi.org/10.1039/C2CS35333D> (in Eng.).
- Rayadurgam J., Sana S., Sasikumarc M., Gu Q. (2021). Palladium catalyzed C–C and C–N bond forming reactions: an update on the synthesis of pharmaceuticals from 2015–2020. *Org. Chem. Front.*, 8, 384-414. <https://doi.org/10.1039/D0QO01146K> (in Eng.).
- Kawale A.P., Shekhar N., Srivastava A., Banerjee S. (2024). A Review on the Development of Polymer Supported Heterogeneous Palladium Materials for Organic Synthesis and Electrochemical Applications. *Current Organic Chemistry*, 28(9). — P. 675-685. DOI: 10.2174/0113852728299173240302041524 (in Eng.).
- Makeeva D.A., Nenasheva M.V., Bazhenova M.A., Kulikov L.A. (2024). Kontrol' aktivnosti i selektivnosti Pd-katalizatorov gidrirovaniya alkinov putem modifikatsii struktury nositelei razlichnoi prirody geteroatomami N, S i P [Control of activity and selectivity of Pd catalysts for alkyne hydrogenation by modifying the structure of supports of various nature with N, S, and P]. *Journal of Applied Chemistry*, 97(11–12). — P. 680–723. <https://doi.org/10.31857/S004446182411001X> (in Russian)
- Albano G., Petri A., Aronica L.A. (2023). Palladium Supported on Bioinspired Materials as Catalysts for C–C Coupling Reactions. *Catalysts*, 13(1). — 210 p. <https://doi.org/10.3390/catal13010210> (in Eng.).
- Bukharbayeva F., Zharmagambetova A., Talgatov E., Auyezkhanova A., Akhmetova S., Jumekeyeva A., Naizabayev A., Kenzheyeva A., Danilov D. (2024). The Synthesis of Green Palladium Catalysts Stabilized by Chitosan for Hydrogenation. *Molecules*, 29(19), 4584. <https://doi.org/10.3390/molecules29194584> (in Eng.).
- Jiao H., Li Y., Yang Ch., Li L., Wang B., El-kott Attalla F., Alshehri A.S., Negm S., Zhang J. (2025). Green synthesis of Pd nanoparticle embedded into chitosan-pectin polymeric composite as an efficient nanocatalyst in the Suzuki-Miyaura coupling reactions and accelerating the osteoarthritis articular cartilage repair. *Journal of Molecular Structure*, 1324, 140820. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2024.140820> (in Eng.).
- Auyezkhanova A., Talgatov E., Akhmetova S., Jumekeyeva A., Naizabayev A., Zamanbekova A., Malgazh M. (2025). Effect of Support and Polymer Modifier on the Catalytic Performance of Supported Palladium Catalysts in Hydrogenation. *Molecules*, 30(18). — 3820 p. <https://doi.org/10.3390/molecules30183820> (in Eng.).
- Zheng X., Li Y., Li W., Pei X., Ye D. (2023). Chitosan derived efficient and stable Pd nano-catalyst for high efficiency hydrogenation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 241, 124615. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124615> (in Eng.).
- Zeng M., Wang Y., Liu Q., Yuan X., Zuo Sh., Feng R., Yang J., Wang B., Qi Ch., Lin Y. (2016). Encaging Palladium Nanoparticles in Chitosan Modified Montmorillonite for Efficient, Recyclable Catalysts. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8, 48. — P. 33157–33164. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b09895> (in Eng.).
- Baran T. (2019) Highly recoverable, reusable, cost-effective, and Schiff base functionalized pectin supported Pd(II) catalyst for microwave-accelerated Suzuki cross-coupling reactions. *Int J Biol Macromol.*, 15(127). — P. 232-239. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.046 (in Eng.).
- Kenzheyeva A.M., Zharmagambetova A.K., Talgatov E.T., Zamanbekova A.T., Jumekeyeva A.I., Auyezkhanova A.S., Myltykbayeva Z.K., Koca A. (2025) Effect of Pectin and Copper Modification on the Performance of Pd/ZnO Catalyst in Liquid-Phase Hydrogenation and Photocatalytic Hydrogen Evolution. *Molecules*, 30, 3806. <https://doi.org/10.3390/molecules30183806> (in Eng.).

Raksha C.H., Yogeesh M.P., Shetty N.S. (2025) Recent advances in the synthesis of polymer supported catalysts: a review. *Discov Appl Sci*, 7, 565. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07106-x> (in Eng.).

Haiyan M., Yuguang L., Hong Y., Qiang L., Minghao R., Xubi G., Ying G., Yinfeng L. (2011). Determination of Coordination Parameters of Cd<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> with Polyvinyl Alcohol and Chitosan. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, 50. — P. 132-143. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222341003648623> (in Eng.).

Liu Q., Xu M., Wang Y., Feng R., Yang Z., Zuo S., Qi C., Zeng M. (2017) Co-immobilization of Pd and Zn nanoparticles in chitosan/silica membranes for efficient, recyclable catalysts used in ullmann reaction. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol.105. — P.575-583. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.081> (in Eng.).

Wang W., Xiao Z., Huang C., Zheng K., Luo Y., Dong Y., Shen Z., Li W., Qin C. (2019) Preparation of Modified Chitosan Microsphere-Supported Copper Catalysts for the Borylation of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Compounds. *Polymers*. Vol.11(9). — 1417 p. <https://doi.org/10.3390/polym11091417> (in Eng.).

Mavronasou K., Zamboulis A., Klonos P., Kyritsis A., Bikiaris D.N., Papadakis R., Deligkiozi I. (2022) Poly (vinyl pyridine) and Its Quaternized Derivatives: Understanding Their Solvation and Solid State Properties. *Polymers*. Vol.14(4), — 804 p. <https://doi.org/10.3390/polym14040804> (in Eng.).

Wu L., Pang T., Wu L., Guan Y., Yin L. (2022) In situ synthesis of the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@poly(4-vinylpyridine)-block-polystyrene magnetic polymer nanocomposites via dispersion RAFT polymerization. *Nanocomposites*. Vol.8. — P. 227-237. <https://doi.org/10.1080/20550324.2023.2170003> (in Eng.).

Sumathra M., Govindaraj D., Jeyaraj M., Arfaj A.A., Munusamy M.A., Kumar S.S., Rajan M. (2017) Sustainable pectin fascinating hydroxyapatite nanocomposite scaffolds to enhance tissue regeneration. *Sustain. Chem. Pharm*, 5. — P. 46–53. DOI:10.1016/j.scp.2017.02.001 (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*