

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№1
2026**

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

2026 • 1



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

EDITOR-IN-CHIEF

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

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detailuri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

EDITORIAL BOARD:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, 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>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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 № KZ93VPY00121157 issued 05.06.2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

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/author/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЛАРЫ:

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/rec-ord/2428551>

ӘБИЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ Бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

РАМАЗАНОВ Тілеккабыл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі (Санкт-Петербург, Ресей), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Сесаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корей Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Есендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БӨШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, PhD теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ӘБИШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (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 05.06.2025 ж. берген № KZ93VPY00121157 Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор Научно-исследовательского института нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, 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>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИБЬЕРО Россин Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB) (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БУРКИТБАЕВ Мухамбетали, 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/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИББАЕВ Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

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

Свидетельство № KZ93VPY00121157 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 **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

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

CONTENTS

PHYSICS

Aimaganbetova Z.K., Kulshymbayev Y.A., Zhanturina N.N., Beketova G.K.
 First-principles calculation of the electronic properties of the Double Halide Perovskite $\text{Cs}_2\text{Ag}_{0.2}\text{Na}_{0.4}\text{In}_{0.6}\text{Ti}_{0.4}\text{Cl}_6$ based on the quantum ESPRESSO software.....14

Amangeldinova S., Zhuniskhan S., Kalzhigitov N., Kurmangaliyeva V.
 Study of the cluster structure of ^5He and ^5Li mirror nuclei in two-cluster approximation.....35

Chokin K., Otunchi Ye., Kozhahmetova A., Kasenova A., Shongalova A.
 Development and testing of a laboratory pyrometallurgical installation for recycling lithium-ion batteries.....46

Issayeva A., Beisebayeva A., Madybekova G., Shynazbekova Sh., Issa A.
 Comparative analysis of physico-chemical characteristics of drinking, spring and natural water in the South Kazakhstan.....65

Kim V.Yu., Aimuratov Y.K.
 Search for transient cosmic events by scanning the sky with wide-field telescopes.....78

Koshtybayev T.B., Tatenov A.M., Aliyeva M.E., Tugelbaeva G.T., Zhanaliyeva G.Zh.
 Study of the electromagnetic field based on thermodynamics principles.....89

Mukamedenkyzy V., Akberdiyev B.
 Numerical investigation of the effect of inclination angle on the stability of mechanical equilibrium in Ar–N₂ binary gas mixtures.....105

Myasnikova L.N., Uzakbaeva S.S., Shanina Z.K., Bekeshev A.Z.
 Kinetic properties of high-density polyethylene filled with chromium spinel powder.....119

Nurbayev B.M., Dmitriyeva E.A., Kemelbekova A.E.
 The role of low-dimensional layered structures in enhancing the stability of tin-based perovskite materials.....136

Sattinova Z., Ermakhanova F., Assilbekov B., Taimuratova L.
 Influence of various cooling conditions and heat transfer coefficients on solidification during the formation of beryllium ceramic products.....149

Shestakova L.I., Serebryanskiy A.V., Spassyyuk R.R., Omarov Ch.T.
 Search for gas of comet-meteor origin in the inner Solar System: caii ion emission.....165

Ualikhanova U., Tursynkazy F., Syzdykova A.M., Altayeva G.S., Altaibayeva A.B.
 Studying the amplitude of $f(T)$ gravitational waves using Bessel functions.....179

Zhexenbayeva G.A., Nasirova D.M., Aimanova G.K., Shomshekova S.A. Photometric study of the symbiotic object V725 Tau.....	194
Zhusupova N.K., Zhadyranova A.A. Bounce cosmology in $f(T, \mathcal{T})$ gravity based on energy condition analysis.....	205
Ziyatbekova G., Abdimanapova P., Sagyntay O., Nurym A., Ilinov R. Using artificial intelligence to predict diseases based on medical data.....	225

CHEMISTRY

Almassov N.Zh., Zhumagaliyeva A.N., Duisenbekov S.E., Zhakiyev N.K. Design and optimization of hybrid renewable energy systems for hydrogen production in Kazakhstan.....	236
Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M.M., Dauletiyarov M. Calculation of the Raw material composition for obtaining white Portland cement clinker.....	251
Baeshov A., Tashenov E.A., Atykhanova S.B., Koshkarbayeva Sh.T. Preparation of cadmium sulfide by electrochemical method using a composite sulfur-graphite electrode.....	267
Baisalova G.Zh., Azhikhanova Zh., Taltenov A.A., Kuzhatova P. Determination of the total phenolic content in perennial herbaceous plants of the flora of Kazakhstan.....	277
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R., Zhussipnazarova G.M., Mukazhanova Zh.B., Begenova B.E. Composites based on chitosan and cellulose: synthesis, properties, and application prospects.....	287
Erkasov R.Sh., Zhamkenova A.S., Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Kassenova N.B. Halide-dependent modulation of hydrogen bonding in Mn(II) complexes with protonated acetamide: a QAIM, NCI, and energy decomposition study.....	304
Kalimoldina L.M., Shaikhova Zh.E., Kaliyeva B.K., Bubish Sh., Askarova Sh.K. The effect of silver nanoparticles on the germination of bean, lemon, tangerine and avocado seeds.....	320
Kurtebayeva A.A., Alvarez-Torrellas S., Gomes H.T., Orynbayev S.A., Kalmakhanova M.S. Activated-carbon-enhanced polymeric membranes for efficient elimination of emerging contaminants.....	334

Massenova A.T., Zhumakanova A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Abilmagzhanov A.Z. Optimization of the hierarchical zeolite ZSM-5 synthesis process by steam-assisted alkaline modification.....	350
Mutushev A.Zh., Nuraly A.M., Sanat A.S., Shaukharova M.A., Yessimsiitova Z.B. The effect of light-converting films on the accumulation of bioactive compounds and the quality of fruits.....	366
Nefedov A.N., Taikenova A.T. Current state of organic corrosion inhibitor application in oil refining.....	379
Omarov B.T., Altybayev Zh.M., Serikbayeva B.S. Production of biohumus by vermicomposting of organic wastes and study of its agroecological effectiveness.....	399
Rakhman D.M., Kappasuly A., Makhayeva D.N., Kazybayeva D.S., Irmukhametova G.S. Development and investigation of mucoadhesive hydrogels based on gellan–cysteine complexes.....	414
Sabyrzhanova A.E., Bolatkyzy N., Berganaeva G.E., Dyusebaeva M.A. Study of amino acids and fatty acids in the aerial part of <i>Plantago major</i>	428
Satayeva S., Akhmetova F., Urazova A., Aituganova S., Yerniyazova K. The influence of PEPA concentration on the physical, mechanical, and operational properties of ED-20 epoxy adhesives.....	439
Zamanbek A.Zh., Koshkarbayeva Sh.T., Satayev M.S. Methods of Obtaining Silver Nanoparticles and Antibacterial Properties.....	450
Zhortarova A.A., Salkeyeva L.K., Minayeva Ye.V., Ibrayev M.K., Fazylov S.D. New possibilities for the synthesis and phosphorylation of phosphonoacetic acid ester.....	462

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Аймағанбетова З.К., Құлшымбаев Е.А., Жантурина Н.Н., Бекетова Г.К. Quantum Espresso бағдарламасы негізінде Cs ₂ Ag _{0.2} Na _{0.4} In _{0.6} Ti _{0.4} Cl ₆ кос галогенді перовскиттің электрондық қасиеттерін бірінші принциптік есептеу.....	14
Амангелдинова С., Жүнісхан С., Калжигитов Н., Курманғалиева В. Екі кластерлік жуықтауда 5He және 5Li айналық ядроларының кластерлік құрылымын зерттеу.....	35
Чокин К., Отунчи Е., Кожаметова А., Касенова А., Шонғалова А. Литий-ионды аккумуляторларды қайта өндеуге арналған зертханалық пирометаллургиялық қондырғыны әзірлеу және сынау.....	46
Исаева А.Б., Бейсебаева А.С., Мадыбекова Г.М., Шиназбекова Ш.С., Иса А.Б. Сравнительный анализ физико-химических характеристик питьевой, родниковой и природной воды юга Казахстана.....	65
Ким В.Ю., Аймуратов Е.К. Кең бұрышты телескоптармен аспанды сканерлеу арқылы өтпелі ғарыштық оқиғаларды іздеу.....	78
Коштыбаев Т.Б., Татенов А.М., Алиева М.Е., Тугелбаева Г.Т., Жаналиева Г.Ж. Электромагниттік өрісті термодинамикалық бастамалар тұрғысында зерттеу.....	89
Мукамеденқызы В., Ақбердиев Б. Ar–N ₂ бинарлы газ қоспаларындағы механикалық тепе-теңдік тұрақтылығына қиғаш бұрыштың әсерін сандық зерттеу.....	105
Мясникова Л.Н., Узакбаева С.С., Шанина З.К., Бекешев А.З. Хром-шпинельді ұнтақ қосылған жоғары тығыздықты полиэтиленнің кинетикалық қасиеттері.....	119
Нұрбаев Б.М., Дмитриева Е.А., Кемелбекова А.Е. Қалайы негізіндегі перовскитті материалдардың тұрақтылығын арттырудағы төменөлшемді қабатты құрылымдардың рөлі.....	136
Саттинова З., Ермаханова Ф., Асылбеков Б., Таймуратова Л. Бериллий керамикалық бұйымдарын қалыптастыру кезінде әр түрлі салқындату жағдайлары мен жылу беру коэффициенттерінің қатаюға әсері.....	149
Шестакова Л.И., Серебрянский А.В., Спасюк Р.Р., Омаров Ш.Т. Күн жүйесінің ішкі аймағындағы комета-метеорлық тектегі газды іздеу: CaII иондарының жарқырауы.....	165

Уалиханова У.А., Тұрсынқазы Ф., Сыздықова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б.
Бессель функцияларын пайдаланып $f(T)$ гравитациялық толқындардың
амплитудасын зерттеу.....179

Жексенбаева Г.А., Насирова Д.М., Айманова Г.К., Шомшекова С.А
V725 Тау симбиотикалық объектiсiн фотометрлiк зерттеу.....194

Жусупова Н.К., Жадыранова А.А.
Энергия шарттарын талдауға негiзделген $f(T, T)$ серпiлiс космологиясы.....205

Зиятбекова Г.З., Абдиманапова П.Б., Сағынтай О.А., Нұрым А.А., Ильинов Р.А.
Жасанды интеллект көмегiмен медициналық деректер бойынша
ауруларды болжау.....225

ХИМИЯ

Алмасов Н.Ж., Жумагалиева А.Н., Дүйсенбеков С.Е., Жакиев Н.К.
Қазақстанда сутегi өндiруге арналған гибрирдiк жаңартылатын энергия жүйелерiн
жобалау және оңтайландыру.....236

Амангелдi Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтүреев М., Даулетияров М.
Ақ портландцемент клинкерiн алу үшiн шикiзат шихта құрамын есептеу.....251

Баешов А., Ташенов Е.А., Атыханова С.Б., Кошкарбаева Ш.Т.
Композициялы күкiрт-графит электродын қолдану арқылы кадмий
сульфидiн электрохимиялық әдiспен алу.....267

Байсалова Г.Ж., Ажиханова Ж., Талтенов А.А., Құжатова П.
Қазақстан флорасындағы көпжылдық шөптесiн өсiмдiктердiң фенолдық
қосылыстарының жиынтық мөлшерiн анықтау.....277

**Дарменбаева А.С., Rajasekharan R., Жусипназарова Г.М., Мукажанова Ж.Б.,
Бегенова Б.Е.**
Хитозан және целлюлоза негiзiндегi композиттер: синтез, қасиеттерi және қолдану
перспективалары.....287

**Еркасов Р.Ш., Жамкенова А.С., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н.,
Касенова Н.Б.**
Mn (II) кешендерiндегi сутектiк байланыстардың энергиясы мен табиғатына
галогеннiң әсерi: QТАІМ, NCI және энергия декомпозициясы.....304

Калимолдина Л.М., Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш., Аскарова Ш.К.
Күмiс нанобөлшектерiнiң бұршақ, лимон, мандарин, авокадо тұқымдарының
өнуiне әсерi.....320

Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Gomes Н.Т., Орынбаев С.Ә., Калмаханова М.С. Алаңдаушылық тудыратын ластаушы заттарды тиімді жою үшін белсендірілген көмір полимерлі мембраналар.....	334
Масенова А.Т., Жұмақанова А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Абильмагжанов А.З. ZSM-5 иерархиялық цеолитін бумен сілтілі модификациялау арқылы алу процесін онтайландыру.....	350
Мутушев А.Ж., Нұралы Ә.М., Санат А.С., Шаукарова М.А., Есимситова З.Б. Жарық түрлендіретін пленкалардың биоактивті қосылыстардың жинақталуына және жеміс сапасына әсері.....	366
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т. Мұнай өңдеу өнеркәсібінде органикалық коррозия ингибиторларын қолданудың қазіргі жағдайы.....	379
Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. Органикалық қалдықтарды вермикомпостинг арқылы биогумус өндіру және оның агроэкологиялық тиімділігін зерттеу.....	399
Рахман Д.М., Қаппасұлы Ә., Махаева Д.Н., Қазыбаева Д.С., Ирмухаметова Ғ.С. Геллан–цистеин кешендері негізінде мукоадгезиялық гидрогельдерді әзірлеу және зерттеу.....	414
Сабыржанова А.Е., Болатқызы Н., Берганаева Г.Е., Дюсебаева М.А. Plantago Major жер үсті бөлігінің құрамындағы амин қышқылдары мен май қышқылдарын зерттеу.....	428
Сатаева С., Ахметова Ф., Уразова А., Айтуганова С., Ерниязова К. ЭД-20 эпоксидті желімдерінің физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттеріне ПЭПА концентрациясының ықпалы.....	439
Заманбек А.Ж., Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С. Күміс нанобөлшектерінің алыну әдістері мен антибактериалдық қасиеттері.....	450
Жоргарова А.А., Салькева Л.К., Минаева Е.В., Ибраев М.К., Фазылов С.Д. Фосфоносірке қышқылының эфирін синтездеу мен фосфорландырудың жаңа мүмкіндіктері.....	462

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Аймаганбетова З.К., Кулшымбаев Е.А., Жантурина Н.Н., Бекетова Г.К. Расчет по первому принципу электронных свойств двойного галогенидного перовскита Cs ₂ Ag _{0.2} Na _{0.4} In _{0.6} Ti _{0.4} Cl ₆ на основе программы Quantum Espresso.....	14
Амангелдинова С., Жүнісхан С., Калжигитов Н., Курмангалиева В. Исследование кластерной структуры зеркальных ядер ⁵ He и ⁵ Li в двухкластерном приближении.....	35
Чокин К., Отунчи Е., Кожахметова А., Касенова А., Шонгалова А. Разработка и испытания лабораторной пирометаллургической установки для переработки литий-ионных аккумуляторов.....	46
Исаева А.Б., Бейсебаева А.С., Мадыбекова Г.М., Шиназбекова Ш.С., Иса А.Б. Сравнительный анализ физико-химических характеристик питьевой, родниковой и природной воды юга Казахстана.....	65
Ким В.Ю., Аймуратов Е.К. Поиск транзиентных космических событий методом сканирования неба широкоугольными телескопами.....	78
Коштыбаев Т.Б., Татенов А.М., Алиева М.Е., Тугелбаева Г.Т., Жаналиева Г.Ж. Исследование электромагнитного поля на основе термодинамических принципов.....	89
Мукамеденкызы В., Акбердиев Б. Численное исследование влияния угла наклона на устойчивость механического равновесия в бинарной газовой смеси Ar–N ₂	105
Мясникова Л.Н., Узакбаева С.С., Шанина З.К., Бекешев А.З. Кинетические свойства высокоплотного полиэтилена с добавлением хром-шпинельного порошка.....	119
Нурбаев Б.М., Дмитриева Е.А., Кемелбекова А.Е. Роль низкоразмерных слоистых структур в повышении стабильности перовскитных материалов на основе олова.....	136
Саттинова З., Ермаханова Ф., Асылбеков Б., Таймуратова Л. Влияние различных условий охлаждения и коэффициентов теплопередачи на затвердевание при формировании бериллиевых керамических изделий.....	149

Шестакова Л.И., Серебрянский А.В., Спасюк Р.Р., Омаров Ш.Т. Поиск газа кометно-метеорного происхождения во внутренней области Солнечной Системы: Свечение ионов СаII.....	165
Уалиханова У.А., Турсынказы Ф., Сыздыкова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б. Изучение амплитуды $f(T)$ гравитационных волн с использованием функций Бесселя.....	179
Жексенбаева Г.А., Насирова Д.М., Айманова Г.К., Шомшекеева С.А. Фотометрическое исследование симбиотического объекта V725 Tau.....	194
Жусупова Н.К., Жадыранова А.А. Космология отскока в $f(T, \mathcal{J})$ гравитации на основе анализа энергетических условий.....	205
Зиятбекова Г.З., Абдимананова П.Б., Сағынтай О.А., Нұрым А.А., Ильинов Р.А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования заболеваний на основе медицинских данных.....	225

ХИМИЯ

Алмассов Н.Ж., Жумагалиева А.Н., Дуйсенбеков С.Е., Жакиев Н.К. Проектирование и оптимизация гибридных возобновляемых источников энергии для производства водорода в Казахстане.....	236
Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтуреев М., Даулетияров М. Расчёт состава сырьевой шихты для получения белого порландцементного клинкера.....	251
Башов А., Ташенов Е.А., Атыханова С.Б., Кошкарбаева Ш.Т. Получение сульфида кадмия электрохимическим методом с использованием композитного сера-графитового электрода.....	267
Байсалова Г.Ж., Ажиханова Ж., Талтенов А.А., Кужатова П. Определение суммы фенольных соединений в многолетних травянистых растениях флоры Казахстана.....	277
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R., Жусиппазарова Г.М., Мукажанова Ж.Б., Бегенова Б.Е. Композиты на основе хитозана и целлюлозы: синтез, свойства и перспективы применения.....	287
Еркасов Р.Ш., Жамкенова А.С., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Касенова Н.Б. Влияние галогена на энергетику и природу водородных связей в Mn(II): QTAIM, NCI и энергодекомпозиция.....	304

Калимолдина Л.М., Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш., Аскарова Ш.К. Влияние наночастиц серебра на прорастание семян фасоли, лимона, мандарина, авокадо.....	320
Куртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Gomes Н.Т., Орынбаев С.А., Калмаханова М.С. Полимерные мембраны с активированным углем для эффективного удаления загрязняющих веществ вызывающих обеспокоенность.....	334
Масенова А.Т., Жұмақанова А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Абильмагжанов А.З. Оптимизация процесса получения иерархического цеолита ZSM-5 паровой щелочной модификацией.....	350
Мутушев А.Ж., Нуралы А.М., Санат А.С., Шаукарова М.А., Есимсиитова З.Б. Влияние светопреобразующих плёнок на накопление биоактивных соединений и качество плодов.....	366
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т. Современное состояние применения органических ингибиторов коррозии в нефтепереработке.....	379
Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. Получение биогумуса путем вермикомпостирования органических отходов и исследование его агроэкологической эффективности.....	399
Рахман Д.М., Қаппасұлы Ә., Махаева Д.Н., Казыбаева Д.С., Ирмухаметова Г.С. Разработка и исследование мукоадгезивных гидрогелей на основе комплексов геллан–цистеин.....	414
Сабыржанова А.Е., Болаткызы Н., Берганаева Г.Е., Дюсебаева М.А. Исследование аминокислот и жирных кислот в составе надземной части <i>Plantago Major</i>	428
Сатаева С., Ахметова Ф., Уразова А., Айтуганова С., Ерниязова К. Влияние концентрации ПЭПА на физические, механические и эксплуатационные свойства эпоксидных клеев ЭД-20.....	439
Заманбек А.Ж., Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С. Методы получения наночастиц серебра и антибактериальные свойства.....	450
Жоргарова А.А., Салькева Л.К., Минаева Е.В., Ибраев М.К., Фазылов С.Д. Новые возможности синтеза и фосфорилирования фосфонуксусного эфира.....	462

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 1.
Number 357 (2026), 450–461

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.432>

UDC: 546.57
IRSTI: 31.15.33

©**Zamanbek A.Zh.***, **Koshkarbayeva Sh.T.**, **Satayev M.S.**, 2026.
M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan.
*E-mail: z.zh.akhanym@gmail.com

METHODS OF OBTAINING SILVER NANOPARTICLES AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES

Zamanbek Akhanym — PhD student, M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: z.zh.akhanym@gmail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8828-5315>;
Koshkarbayeva Shayzada — Candidate of technical sciences, Docent, M. Auezov South Kazakhstan
university, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>;
Satayev Malik — Doctor of Technical Sciences, Professor M. Auezov South Kazakhstan university,
Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: malik_1943@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>.

Abstract. Nanotechnology is one of the fastest-growing industries due to its unique functionality and wide range of applications. Nanomedicine explores the potential of nanomaterials in medicine for prevention and treatment. In this context, silver nanoparticles exhibit specific bactericidal and anti-cancer properties due to their diverse nanostructures. In addition, their production is cost-effective. This article discusses several physical, chemical, and biological methods for the synthesis of silver nanoparticles. It also explores the capabilities and properties of nanoparticles and their role in biomedical applications. Recent advancements in particle synthesis have focused on optimizing the morphology, dispersion, and stability of materials. The shape, form, and ability of nanoparticles depend on the method of synthesis. This article highlights the advantages and disadvantages of physical, chemical, and photochemical methods for producing silver particles. In addition, the photochemical method is of great importance in the particle extraction process. This method is based on the photochemical reductive activity of silver. The method is also expanding its application in biomedical research, demonstrating the importance of photorespiration. The silver nanoparticles obtained by the photochemical method are evenly distributed on the surface of polyvinyl chloride and have a mass fraction of 92.2%. In addition, the addition of silver particles to magnetic coatings can not only change their optical, electrical, and catalytic properties, but also positively affect their effectiveness in the context of sensory, diagnostic, and



antimicrobial applications. To address these challenges, it is necessary to develop a material by determining and refining the amount of the nanocomposite in the packaging and the optimal thickness of the packaging. Since the method of silver nanoparticle synthesis directly affects the quality of the particles, it is crucial to choose an effective method.

Keywords: silver, nanoparticles, photochemical methods, antibacterial properties, metal layer

For citations: Zamanbek A.Zh., Koshkarbayeva Sh.T., Satayev M.S. Methods of Obtaining Silver Nanoparticles and Antibacterial Properties. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.1. Pp. 450–461. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.432>

©Заманбек А.Ж.*, Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С., 2026.

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан.

*E-mail: z.zh.akhanym@gmail.com

КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ АЛЫНУ ӘДІСТЕРІ МЕН АНТИБАКТЕРИАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Заманбек Аққаным — PhD докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: z.zh.akhanym@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8828-5315>;

Кошкарбаева Шайзада — техника ғылымдарының докторы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>;

Сатаев Малик — техника ғылымдарының докторы, профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: malik_1943@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>.

Аннотация. Нанотехнология – өзінің ерекше функционалдылығымен және қолдану аясының кеңдігімен тез дамып келе жатқан саланың бірі. Наномедицина наноматериалдардың медицинада профилактикаға, ем іс шарасына қажетті құралдардың мүмкіншіліктерін зерттейді. Осы тұрғыда күмістің нанобөлшектері әртүрлі нанокұрылымға ие бола отырып, бактерицидтік, қатерлі ісікке қарсы ерекше қабілеттіліктер көрсетеді. Сонымен қатар, оларды өндіру экономикалық жағынан тиімді. Бұл мақалада күмістің нанобөлшектерінің синтездеудің бірнеше физикалық, химиялық, биологиялық әдістері қарастырылған. Нанобөлшектердің қабілеттері мен қасиеттері, биомедицинадағы рөлі кеңінен қарастырылған. Бөлшектерді синтездеудің соңғы уақыттағы прогресі материалдардың морфологиясын, дисперсиясын және тұрақтылығын арттыруды оңтайландыруды қажет етеді. Нанобөлшектердің пішіні, формасы мен қабілеттілігі олардың синтезделу әдісіне тәуелді. Бұл мақалада күміс бөлшектерін алудың физикалық, химиялық, фотохимиялық әдістерінің өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған. Сонымен қатар, бөлшектерді алу барысында фотохимиялық

әдістің маңыздылығы зор. Бұл әдіс күмістің фотохимиялық тотықсыздануға активтілігіне негізделеді. Әдістің биомедицинада да қолданысын кеңейтіп, фотототықсызданудың маңыздылығын көрсетеді. Поливинилхлорид бетінде фотохимиялық әдіспен алынған күміс нанобөлшектері біркелкі таралып, массалық үлесі 92,2 % шамасын көрсеткен. Сонымен қатар, магниттік қаптамаларға күміс бөлшектерін қосу оптикалық, электрлік және каталитикалық қасиеттерді өзгертіп қана қоймай, олардың сенсорлық, диагностикалық, микробқа қарсы қолдану аясында тиімділігіне оң әсер ете алады. Бұл мәселелерді шешу үшін қаптаманың құрамында нанокөмірдің мөлшерін және қаптаманың қалыңдығының оңтайлы түрін анықтап, нақтылай келе материалды әзірлеу керек. Күмістің нанобөлшектерін синтездеу әдісі бөлшектердің сапасына тікелей әсер ететін болғандықтан тиімді әдісті дұрыс таңдау маңызды.

Түйін сөздер: күміс, нанобөлшектер, фотохимиялық әдістер, антибактериалдық қасиет, металдық қаптама

©Заманбек А.Ж.*, Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С., 2026.

Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан.

*E-mail: z.zh.akhanym@gmail.com

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Заманбек Аққаным — PhD, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: z.zh.akhanym@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8828-5315>;

Кошкарбаева Шайзада — кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанского университета имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>;

Сатаев Малик — доктор технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: malik_1943@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3456-7083>.

Аннотация. Нанотехнологии-одна из самых быстрорастущих отраслей благодаря своей уникальной функциональности и широте применения. Наномедицина изучает возможности наноматериалов в медицине для профилактики, лечения. В этом контексте наночастицы серебра обладают особыми бактерицидными, противораковыми свойствами, обладая различной наноструктурой. Кроме того, их производство экономически выгодно. В данной статье рассмотрены несколько физических, химических, биологических методов синтеза наночастиц серебра. Широко рассмотрены способности и свойства наночастиц, их роль в биомедицине. Недавний прогресс в синтезе частиц требует оптимизации морфологии, дисперсии и повышения стабильности материалов. Форма, форма и способность наночастиц зависят от способа их синтеза. В данной статье рассмотрены собственные преимущества и недостатки физических, химических, фотохимических методов получения частиц серебра. Кроме того,



в процессе извлечения частиц большое значение имеет фотохимический метод. Этот метод основан на фотохимической восстановительной активности серебра. Метод также расширяет свое применение в биомедицине, демонстрируя важность фотодыхания. На поверхности поливинилхлорида наночастицы серебра, полученные фотохимическим методом, равномерно распределены и имеют массовую долю 92,2%. Кроме того, добавление частиц серебра в магнитные покрытия может не только изменить оптические, электрические и каталитические свойства, но и положительно повлиять на их эффективность в контексте сенсорного, диагностического, антимикробного применения. Для решения этих задач необходимо разработать материал, определив и уточнив количество нанокompозита в составе упаковки и оптимальный тип толщины упаковки. Поскольку метод синтеза наночастиц серебра напрямую влияет на качество частиц, важно правильно выбрать эффективный метод.

Ключевые слова: серебро, наночастицы, фотохимические методы, антибактериальные свойства, металлический слой

Кіріспе. Наноғылым мен нанотехнологияның дамуы бірегей жаңа наноөлшемді материалдарды алуға мүмкіншілік беретін ғылым саласы. Олардың электрондық және оптикалық қасиеттері микроөлшемдегі бөлшектердің айтарлықтай ерекшеліктерге ие бола алатын негізгі күйі болып табылады (Alivisatos, 1996). Наноматериалдардың бөлшектерінің мөлшеріне тәуелді түрде өзгеретін қасиеттері бірнеше ғылыми жұмыстарда зерттелінген (Ellingson et al., 2005). Сонымен қатар, нанобөлшектердің жалпы қасиеттерін түсіну үшін және бөлшектердің өлшемін бақылау мақсатында зерттеу жұмыстары атқарылған (Markovich et al., 1999; Lu et al., 2005; Reinhard et al., 2005). Атап айтқанда, металданған күмістің нанобөлшектерінің қасиеттері негізінен беттік плазмондық резонанспен тікелей байланысты. Күмістің нанобөлшектерінің қасиеттері плазмондық резонанстық шыңдар мен сызықтардың енінің өлшеміне және нанобөлшектің пішініне (Kelly et al., 2003; Jin et al., 2001; Mulvaney, 1996), металл бөлшектеріне (Link and El-Sayed, 1999) және синтездеу барысындағы қоршаған ортаға (Kossyrev et al., 2005) сезімтал екені белгілі. Яғни, плазмон дегеніміз металл бөлшектерінің ішіндегі бос электрондардың жалпы тербелісін сипаттайды. Мұндай қасиеттер тек қана нанометрлік режимде ғана байқалатын құбылыс болып табылады. Бос электрондардың кванттық ұсталуы және аймақтық құрылымдардың мөлшерге тәуелді өзгеруі ішкі әсерді түсіндіреді, ал гетерогенді поляризация және мультипольдік режимдердің қозуы сыртқы әсерді түсіндіреді (El-Sayed, 2001). Күмістің мұндай қасиетті бөлшектері 1 және 100 нм диапазонында кездеседі. Жалпы нанобөлшектер бастапқы құраммен бірдей химиялық құрамға ие болып табылады. Алайда микро бөлшекті құрамнан нанобөлшекті құрамға өткенде олардың физикалық қасиеті, түстері, беріктігі, магниттік және термодинамикалық қасиеттері мен қатар басқа да физикалық аспектілері едәуір өзгеше болып табылады. Нанобөлшектердің медицинада кеңінен қолданысы белең алуымен қатар, олар әлі қарқынды зерттеу жұмыстарының сатысында.

Күмістің антибактериалдық қабілеті ерте уақыттан бері белгілі және медициналық қолданысқа ие. Технологияның қарқынды дамуының барысында наномедицинада күмістің қолдану аясы уақытпен бірдей артып келе жатыр. Мұндай пайдалы күмістің нанобөлшектерін синтездеу үшін де көптеген яғни, физикалық, биологиялық және химиялық әдістер қолданылады және әлі де дамыту барысында зерттелу үстінде. Наномедицинада күмістің нанобөлшектері физикалық және химиялық қасиеттерімен қатар, биологиялық функцияларымен ерекшеленіп аса өзекті болып табылады. Оның нанобөлшектерінің өлшеміне қарай наноқұрылымының функциялық қызметі де түрленуіне байланысты оны синтездеу әдісінің экономикалық тиімді және экологиялық таза болуы маңызды әрі өзекті болып отыр. Бұл жұмыстың мақсаты — наноөлшемді күмісті алудың физикалық, химиялық және биологиялық және фотохимиялық әдістеріне әдеби шолу жасай отырып, әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы түрде талдау жасау. Сонымен қатар, фотохимиялық әдістің биомедицинадағы рөлі мен перспективаларын бағалау.

Күмістің нанобөлшектерін синтездеу әдістері. Күмістің наноөлшемдегі бөлшектерін синтездеу үшін физикалық, химиялық және биологиялық әдістер белгілі. Әрбір әдістің өзіндік ерекшеліктері мен қасиеттерінің құндылықтары бар екендігін атап өткен дұрыс. Биологиялық синтез кезінде күмістің нанобөлшектері белгілі бір организмде жүзеге асады және күміс иондарынан металданған түрге тотықсызданумен түсіндіріледі. Ал, физикалық әдістерде нанокүмістер булану және конденсация мен қатар лазерлі абляцияны қолданады. Бұл әдістердің ең басты кемшілігі көптеген энергияны қажет етуімен қатар процестің ұзақ уақытты қажет етуінде. Ли және Кан күміс олеатының комплексті түрден ыдырап Ag^+ иондарының монодисперсті кристалды күмістің түзілуі жүзеге асатындығын мәлімдеді. Олардың әріптестерімен жүргізілген зерттеу жұмысында металдық нанобөлшектерді алу үшін буландыру және конденсация процесіне керамикалық қыздырғыш қолданып, жүзеге асырылған. Зерттеу барысында тұрақты температурада қыздырғыштың бетінде уақыт өте келе күмістің сфералық және полидисперсті бөлшектері түзілгендігі көрінген (Ellingson et al., 2005). (Dahi et al., 2024) жұмыста полиолды әдіспен лазерлі абляцияны қолдана отырып күмістің сфера пішінді нанобөлшектерін синтездеуге болатындығын және әртүрлі өлшемдерін алуды зерттеген. Лазердің толқынының ұзындығы нанобөлшектердің өлшемдеріне әсерін зерттеу барысында толқын өлшемді күміс ұзындығы неғұрлым кіші болған сайын, бөлшектердің орташа өлшемі кішірейгендігі байқалған. Бөлшектердің орташа диаметрі 29 нм мен 12 нм аралығында болған. Наноөлшемді күміс бөлшектері лазерлі абляция әдісімен сулы ортада алынып, олардың эффективтілігін коллоидты ортада алынған бөлшектермен салыстырылған. Коллоидты бөлшектер фемтосекундты импульспен алынып, олар наносекундты лазерлі импульстік әдіспен алынған бөлшектерден эффективтілігі едәуір төмен болған. Нанобөлшекті күмістің физикалық әдіспен алынуында токсинды химиялық тотықсыздандырғыштардың болмауы және радиацияның қолданылмауы оң нәтиже бергенімен, ерітіндінің ластануы, шығымның төмен

болуы, бөлшектердің біркелкі емес таралуы және жоғары энергия шығыны әдістің басты кемшіліктері болып табылады (Nguyen et al., 2021).

Күмістің нанобөлшектерін алудың тағы да бір зерттелінген саласы химиялық әдістермен синтездеу болып табылады. Химиялық әдістердің басты артықшылығы құрал – жабдықтардың қарапайымдылығы, қолдануға ыңғайлылығында. Жоғарыда айтылғандай, күміс иондары ерітіндіден тотықсыздандырғыштың көмегімен металдық формаға ауысады да, күмістің нанобөлшектері түзіледі. Басқада зерттеушілердің айтуы бойынша күмістің тек қана куб пішінді емес басқада формаларға ие болатындығы және олардың ішінде сфера тәріздісі атап көрсетілген (Bhanushali et al., 2020). Күмістің нанобөлшектері AgNO_3 ерітіндісіне тұрақтандырғыш ретінде натрий борогидраты және натрий цитратын қолдану арқылы жүзеге асырылған. Натрийдың борогидраты нанокүміс алуда тотықсыздандырғыштың рөлін атқарып, 5-20 нм аралығында күмістің түзілетіндігін көрсеткен. Салыстырмалы түрде натрийцитратыда зерттелініп, 60-100 нм аралығында күміс бөлшектері түзілетіндігі байқалған. Поливинилпирролидон бөлшектердің өлшемін реттегіш ретінде ал, еріткіш және тотықсыздандырғыш ретінде этиленгликоль қолданылғанда олардың өлшемдері 10 нм – ден кіші болатындығын мәлімдеген.

Күмістің нанобөлшектерін алудың бірнеше химиялық дәстүрлі әдістері бар. Алайда, дәстүрлі әдістердер қолданылатын улы прекурсорлар мен тұрақтандырғыштар экологиялық тұрғыдан тиімсіз болып табылады. Сонымен қатар, мұндай әдістер көп сатылы және уақытты талап етуі мүмкін. Дисперсті нанобөлшектер агломерацияға ұшырап, бөлшектердің сапасының төмен болуына алып келу ықтималдылығы жоғары. Сол себепті, күміс бөлшектерінің біркелкі таралуы, тұрақтылығы оның антимикробтық қабілетін растау үшін маңызды параметрлері болып табылады.

Дәстүрлі тотықсыздандырғыштарды қолдана отырып, химиялық әдіспен күміс бөлшектерін алуға қарағанда өте тиімді фотохимиялық әдіс тиімді болып табылады. Күн сәулесінің фотон ағынымен тотықсыздандыру процесін жүзеге асыру фотототықсыздандыру деп аталады. Соңғы уақыттарда алтынның және күмістің бөлшектерін фотохимиялық әдіспен наноөлшемде алу арқылы олардың едеуір ірі түзілетіндігін және алтын мен күмістің биметалды нанокомпозит ретінде қолдану аясын кеңейтетіндігі байқалған. Бұл композитті металдардың әмбебаптылығымен олардың қолдану аясы оптоэлектроникада және биомедицинада кең болып отыр. Сонымен қатар, фотототықсыздандырғыш ретінде фемтосекундты лазер, галогенді және диодті лампалы жарық көздері қолданылған (Malik, 2022; Gubarev et al., 2019). Зерттеу жұмыстарында жарықпен индукцияланған ыстық электрондарды генерациялау үшін галогендік шамды жарық көзі ретінде қолданылады. Нәтижесінде күміс иондары тотықсызданып, күмістің нитратты ертіндісіндегі алтын нанобөлшектерінің айналасын қабықша ретінде қаптайды. AgNO_3 ерітіндісінде нанобөлшектерді сәулелендіру үшін 450 нм сәулелену шыңы бар жарық диодты шам қолданылды. Бұл тотықсыздандырғыштың әсерінсіз нанобөлшектердің түзілуіне мүмкіншілік берді. Жарық әсерінен тотықсыздану

күміс бөлшектерінің өсуіне жағдай жасайтын болғандықтан, нанокұрылымды беттік плазмондық резонансты реттеуге де болады. Бұл фотототықсыздану зерттеулерінде плазмондық нанокұрылымдар жарықпен сәулелену кезінде пайда болатын, беттік плазмалық резонансты қоздыратын ыстық электрондар шешуші рөл атқарады (Aguilar et al., 2022). Күмістің ультракүлгін сәуле әсерінен тотықсыздануы реакцияның жылдам кинетикасымен түсіндіріледі.

Нанобөлшекті күміс негізіндегі полимерлі материалдар биомедицина саласында қолдануға ұсынылған. Лысенков және оның әріптестері антимикробты наноматериалдарды зерттеп, күмістің нанобөлшектері орта есеппен 8–10 нм аралығында болғанда, полимердің термофизикалық қасиетін арттырып, диэлектрлік қасиетін төмендететінін анықтаған. Ал төменгі концентрацияда алынған нанокөмізгітер антибактериалдық қасиет көрсетеді деп мәлімдеген. Сонымен қатар, күмістің нанобөлшектерінің УК сәулеге негізделген экологиялық таза әдісін ұсынған. Зерттеушілердің айтуы бойынша, 3D-печатты баспа қаңқасы химиялық тотықсыздандырусыз күмістің нанобөлшектері түзілгендігін жариялаған және УК сәулемен алынған бөлшектер 20-50 нм аралығында болған. Сонымен қатар, печаттың қаңқасының гидрофильдік қасиеті артқан. Ғалымдардың айтуы бойынша биосенсорика мен жараларды емдеуде жасушаларды өсіруге күмістің мұндай нанобөлшектерінің потенциалы жоғары. Күмістің нанобөлшектері темір оксиді (Fe_3O_4) сияқты супермагниттік қаптамалармен бірігіп, қасиеттерін жақсарта алады. Мұндай қаптамалы заттар дәрі – дәріліктерді тасымалдауда және магнитті-резонансты томографияда (МРТ) қолданысын кеңейту мақсатында пайдаланылады. Бұл магниттік функционализация күмістің көмегімен сыртқы магниттік өрісті аймақтарды басқаруда нақтылықты арттырып, басқарылатын локализацияны жақсартады. Сонымен қатар, магниттік қаптамаларға күміс бөлшектерін қосу оптикалық, электрлік және каталикалық қасиеттерді өзгертіп қана қоймай, олардың сенсорлық, диагностикалық, микробқа қарсы қолдану аясында тиімділігіне оң әсер ете алады. Бұл мәселелерді шешу үшін қаптаманың құрамында нанокөмізгіттің мөлшерін және қаптаманың қалыңдығының оңтайлы түрін анықтап, нақтылай келе материалды әзірлеу керек. Күмістің нанобөлшектерін синтездеу әдісі бөлшектердің сапасына тікелей әсер ететін болғандықтан тиімді әдісті дұрыс таңдау маңызды. Солардың ішінде ең кең таралғаны химиялық, электрохимиялық, фотохимиялық және «жасыл» синтез әдістері болып табылады. Күмістің нанобөлшектерін синтездеудің әдістерін салыстырмалы түрде төмендегі кестеде сипатталды.

Кесте 1. Күміс нанобөлшектерін синтездеу әдістерінің салыстырмалы сипаттамасы.

Синтездеу әдісі	Артықшылықтары	Кемшіліктері	Қолданылу саласы
Физикалық әдіс	Нанобөлшектердің тазалығы жоғары, химиялық реагенттер қолданылмайды	Энергия шығынының көп жұмсалуды, құрал — жабдықтың қымбатшылығы	Материалтану, оптоэлектроника

Химиялық әдіс	Әдіс қарапайым, бөлшектердің өлшемін бақылау мүмкіншілігінің болуы	Бетті модификациялауда және тотықсыздандырғыш ретінде токсинды химиялық реагенттер қолданылуы мүмкін	Биомедицина, сенсорлар
Биологиялық әдіс	Экологиялық таза, жасыл синтез.	Реакция баяу, бақылау мүмкіншілігі төмен	Медицина, фармацевтика
Фотохимиялық әдіс	Бөлшектердің өлшемі мен морфологияны бақылау мүмкіндігі, энергия шығыны төмен, қауіпсіз	Жарық көзіне тәуелділік	Биомедицина, катализ, сенсорлар

Бөлшектердің формасы мен өлшемін оңтайландыру. Күмістің нанобөлшектерінің өлшемі мен формасы олардың антимикробтық активтілігіне, уыттылығына және полимерлі материалдағы биоүйлесімділігіне тікелей тәуелді. Синтездеу процесіндегі тотықсыздандырғыштың концентрациясы, стабилизатордың түрі, реакцияның температурасы және процестің ұзақтығы секілді факторлар нанобөлшектердің соңғы морфологиясына тікелей әсер етеді. Күмістің бөлшектері неғұрлым кіші болса, микробқа қарсы қасиеттері артады, бірақ цитоуыттылықтың қабілетін арттыруы мүмкін. Сонымен қатар, анизотропты формалар (мысалы, нанопластиналар, нанородтар) биосенсорлар мен бейнелеу қосымшалары үшін пайдалы ерекше плазмондық қасиеттерге ие. Бұл параметрлерді дәл бақылау дәрі-дәрмектерді мақсатты жеткізу және жараларды емдеу сияқты биомедициналық қосымшаларда күміс нанобөлшектерінің оңтайландырылған өнімділігін қамтамасыз етеді. Полимерлі матрицада бөлшектердің біркелкі таралуы тұрақты қасиет көрсететін өнім алуға және агрегацияның алдын алуға мүмкіндік туғызады. Біркелкі таралған бөлшектерді алу үшін ультрадыбысты өңдеулер, жоғары жылдамдықты араластыру және балқыма әдісімен алу ұсынылады. Күміс нанобөлшектерінің шамадан аса көп болуы материалдағы бөлшектердің агрегациясын арттырып, механикалық беріктігін төмендетеді.

Коммерциялық кең ауқымды қолданысқа ие материалды синтездеу үшін әдіс үнемді, экологиялық таза болуы керек. Балқымада араластыру, ерітіндіде араластыру әдістерімен бөлшектердің қасиеттерін сақтай отырып, күмістің нанобөлшектерін полимер матрицасына енгізуге мүмкіншілік береді. Реактордың әртүрлі өлшемінде ультракүлгін сәулесі арқылы тұрақты сапаны қамтамасыз ететін материалдар ұсынылады. Оның өнімі УК сәулесінің көмегімен алынып, бактерияға қарсы қабілеті рентгенді дифракциялық әдіспен дәлелденді. Күміс негізіндегі нанобөлшектердің биоүйлесімділігін қолданып, оның қолдану аясын кеңейту үшін полимерді дұрыс таңдау да қажет. Табиғи, синтетикалық, бейорганикалық және көміртек құрамды полимерлер жараларды тану материалдары, имплантанттарды жабу, биосенсорлар және дәрі-дәрмектерді жеткізу жүйелері сияқты қосымшалар үшін берілген қасиеттері бар озық нанокөміртерді жасауға мүмкіндік береді.

Күмістің нанобөлшектерінің қолданысы тін инженериясында да антимикробтық

қабілетімен, импланттарды инфекциядан алдын алып қана қоймай, беріктігі мен электрөткізгіштік қабілеттерін арттыруымен үлкен потенциалға ие. Олардың поимерлі матрицасы бақыланатын деградацияға және биоүйлесімділікке қабілетті. Сол себепті, мұндай материалдар жаралардың жазылуына, сүйектердің регенерациясында және импланттарда пайдалы болып табылады. Зерттеушілер целлюлозаның гидрогелімен күмістің нанобөлшектерін полианилинде синтездеп, жоғары кеуекті материал алған (Ellingson et al., 2005; Markovich et al., 1999). 2-кестеде күмістің нанобөлшектерімен мата өндірісінің соңғы уақыттағы қолданысына қысқаша шолу жасалынған.

Кесте 2. Күмістің нанобөлшектерінің тін инженериясындағы қолданылуы.

Металл бөлшектері	Полимерлі матрица	Көмекші материалдар	Қолдану мақсаты
Ag	Гидроксиэтилцеллюлоза		Импланттар
Ag	Хитин, карбоксиметилцеллюлоза	Целлюлозаның наножіптері	Сүйек тінін дамыту
Ag	Крахмал және желатин	Шынының биоактивті бөлшектері	Сүйекке қажетті материалдар және бактерияға қарсы қасиеттері
Ag	Бактериалды целлюлоза, полианилин	Нанокөмірлі аэрогель	Бактерияға қарсы қасиеттері
Ag	Агароза, хитозан		Бактерияға қарсы қасиеттері

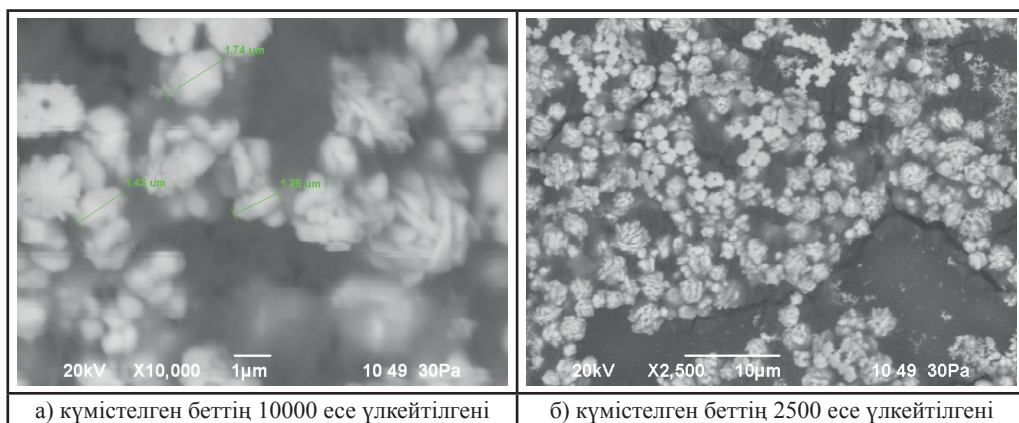
Зерттеу материалдары. Зерттеу үлгісі ретінде поливинилхлорид диэлектрлі материалы тандап алынды. Металдандыру үшін күміс иондары бар нитратты күміс 10 г/л концентрацияда, тотықсыздандырғыш ретінде аскорбин қышқылының 20 г/л ерітінділері қолданылды. Барлық ерітінділер аналитикалық тұрғыдан таза болып алынды.

Диэлектрлі материал бетін алдын ала дайындау: үлгі беті зімпара (P-2000) қағазымен механикалық өңделіп, кедір бұдырландыру процесі үшін $K_2Cr_2O_7$ — 6,5 %, H_2SO_4 — 93,5 % ерітіндісінде 2-3 минут бөлме температурасында ұсталынып, Na_3PO_4 — 20 г/л, Na_2CO_3 — 20 г/л ерітіндісінде майсыздандырылды.

Фотохимиялық процесс бөлме температурасында ғылыми зертханада жүзеге асырылды. Күн сәулесінің ағыны SM 206-SOLAR құрылғысымен өлшеніп, 800–1100 Вт/м² шамасын құрады. Полимерлі материал бетінде күміс бөлшектері түзілу үшін $AgNO_3$ тұзы қолданылды. (химическая чистота 99,9%, «СИБПРОЕКТ», Россия).

Полимер бетінде түзілген қаптаманың құрамы расторлы электронды микроскопия (ISM-6490-LV) арқылы зерттелінді.

Нәтиже мен талқылау. Материалдардың морфологиялық құрылымын зерттеу үшін расторлы электронды микроскопия (1-сурет) қолданылды. Күмістелген поливинилхлорид беті зерттелініп, бөлшектердің орташа өлшемдері алынды.



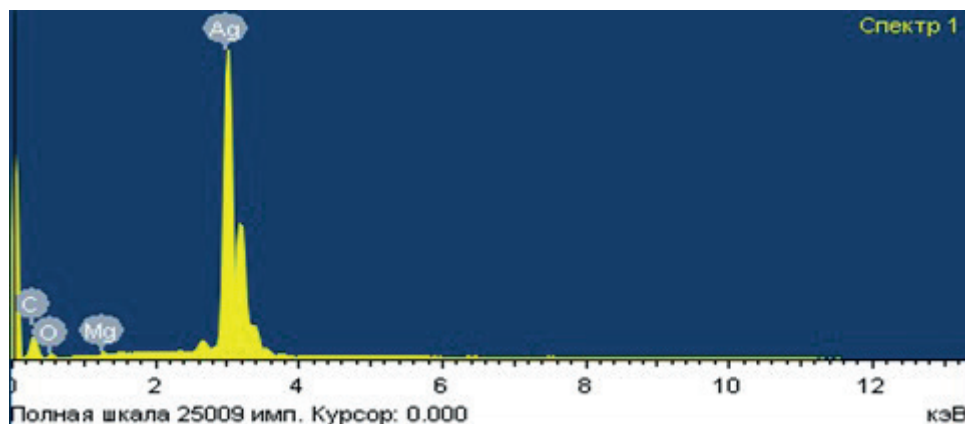
Сурет 1. Күмістелген беттің 10000 (а) және 2500 (б) есе үлкейтілген бейнесі.

Суреттерден бөлшектердің пішіні көбінесе сфералық, кей жерлерде фнизотропты формада байлалады. Бұл фотохимиялық әдістің бақылау мүмкіншілігінің ыңғайлылығын көрсетеді.

Күміс элементінің бар жоғын зерттеу үшін энергия дисперсиялық спектроскопия әдісімен элементтік талдау жасалынды.

Кесте 3. Энергия дисперсиялық спектроскопия талдауының нәтижелері.

Элемент	Массалық үлесі, %
C	4,08
O	3,72
Ag	92,20
Жалпы	100



Талдау нәтижелері бойынша материал бетінде алынған қаптама құрамында массалық үлесі 92.20 % күміс бар екендігі анықталды. Бұл нәтижелер фотохимиялық әдістің тиімділігінің айқын дәлелі болып табылады.

Бөлшектердің мөлшері 50 нм-ге дейін болғанда олардың антимикробтық қасиеті артып, цитоуыттылығы төмен деңгейде болады. Сонымен қатар, фотохимиялық әдістің көмегімен алынған нанобөлшектердің қасиеті мен қабілетін, жарықтандыру уақытымен реттеуге болады.

Элементтік талдау нәтижесі көрсеткендей күмістің 92.20%-ға дейін полимердің бетінде кездесуі оның адгезиясының жоғарылығын дәлелдейді. Бұл өз кезегінде антимикробтық қасиетті және механикалық беріктікті арттыруға мүмкіндік береді. Көміртек және оттектің аз мөлшері полимер құрамын көрсетеді.

Зерттеу жұмысынан күмістің нанобөлшектері жоғары концентрацияда түзілгендігін көреміз. Күміс бөлшектері біркелкі таралған жағдайда биомедицинада қолдану аясын кеңейтеді. Мысалы, антимикробтық қаптамалар алу, импланттарды инфекциядан қорғау, тін инженериясында, сенсорлық құрылғылар үшін тиімді.

Қорытынды. Күмістің нанобөлшектерін синтездеу биомедициналық бағытта антимикробтық және оптикалық қасиеттерімен, электрөткізгіштік қасиеттерімен ерекшеленіп, перспективалы бағытқа ие. Нанобөлшектерді синтездеу технологиясы және оны оптимизациялау материалдардың функционалдылығын кеңейтті. Синтездеу әдісінің ең тиімді тәсілі ретінде қазіргі таңда фотохимиялық тотықсыздандыру жасыл химияны жандандыруда маңызды бағыт болып отыр. Әдістің артықшылықтары: бөлшектердің өлшемін дәл бақылау мүмкіндігі, энергия шығымын төмендігі, экологиялық қауіпсіздігі. Мұндай альтернативті стратегиялар күмістің нанобөлшектерінің қолданысының потенциалдығын жоғарылатып және беттік қаптама алу саласында немесе антибактериалдық агент ретінде наноматериалдар әзірлеуде қолданысқа ұсыныла алады. Сонымен қатар, мәселелерді оңтайлы шешумен қатар, күмістің нанобөлшектерінің биоүйлесімділігі мен бөлшектердің өлшемі, формасы және олардың концентрациясы секілді факторларға тәуелді цитоуыттылығы қауіпсіз клиникалық қолдану аясында әлі де қарастырылатын мәселе болып табылады.

References

- Aguiar D.B., et al. (2022). Ultrafine dispersions of silver particles in poly (vinyl alcohol). *Polymers*, 14. – P. 3588. DOI: 10.3390/polym14173588 (in Eng.)
- Bhanushali S., Mahasivam S., Ramanathan R., Singh M., Mayes E.L.H., Murdoch B.J., et al. (2020). Photomodulated spatially confined chemical reactivity in a single silver nanoprism. *ACS Nano*, 14. – P. 11100-11109. DOI: 10.1021/acsnano.0c04547 (in Eng.)
- Dallas P., Sharma V.K., and Zboril R. (2011). Silver polymeric nanocomposites as advanced antimicrobial agents. *Advances in Colloid and Interface Science*, 166. – P. 119-135. DOI: 10.1016/j.cis.2011.05.008 (in Eng.)
- Dahi A., Rogemont A., Brûlé Y., Labbez C., Chassagnon R., Coillet A., et al. (2024). Gold nanorod growth and etching activated by femtosecond irradiation and surface plasmon resonance. *Journal of Physical Chemistry C*, 128. – P. 3074-3081. DOI: 10.1021/acs.jpcc.3c08158 (in Eng.)
- Duran N., Duran M., de Jesus M.B., Seabra A.B., Favaro W.J., and Nakazato G. (2016). Silver nanoparticles: mechanical aspects of antimicrobial activity. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. DOI: 10.1016/j.nano.2015.12.014 (in Eng.)
- El-Sayed M.A. (2001). Some interesting properties of metals confined in time and nanometer space of different shapes. *Accounts of Chemical Research*, 34, 257–264. DOI: 10.1021/ar960015p (in Eng.)
- Gubarev A., et al. (2019). Ag(0) nanoparticles stabilized with amino-modified polyethylene glycol. *Colloid Journal*, 81. – P. 226-234. DOI: 10.1134/S1061933X19010064 (in Eng.)

Hasan A., et al. (2018). Nano-biocomposite scaffolds of chitosan, carboxymethyl cellulose and silver nanoparticle-modified cellulose nanowhiskers. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111. – P. 923-934. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.01.089 (in Eng.)

Ibrahim S., et al. (2021). Optimization for biogenic microbial synthesis of silver nanoparticles. *Scientific Reports*, 11. – P. 770. DOI: 10.1038/s41598-020-80805-0 (in Eng.)

Jin R.C., Cao Y.W., Mirkin C.A., Kelly K.L., Schatz G.C., and Zheng J.G. (2001). Photoinduced conversion of silver nanospheres to nanoprisms. *Science*, 294. – P. 1901-1903. DOI: 10.1126/science.1065402 (in Eng.)

Kelly K.L., Coronado E., Zhao L.L., and Schatz G.C. (2003). The optical properties of metal nanoparticles. *Journal of Physical Chemistry B*, 107. – P. 668-677. DOI: 10.1021/jp021714w (in Eng.)

Kossyrev P.A., Yin A., Cloutier S.G., Cardimona D.A., Huang D., Alsing P.M., and Xu J.M. (2005). Electric field tuning of plasmonic response of nanodot arrays. *Nano Letters*, 5. – P. 1978-1981. DOI: 10.1021/nl051198p (in Eng.)

Li C., Hu J., Jiang L., Xu C., Li X., Gao Y., et al. (2020). Shaped femtosecond laser induced photoreduction for highly controllable Au nanoparticles. *Nanophotonics*, 9. – P. 691-702. DOI: 10.1515/nanoph-2019-0496 (in Eng.)

Link S., and El-Sayed M.A. (1999). Size and temperature dependence of the plasmon absorption of colloidal gold nanoparticles. *Journal of Physical Chemistry B*, 103. – P. 8410-8426. DOI: 10.1021/jp9917648 (in Eng.)

Lu Y., Liu G.L., and Lee L.P. (2005). High-density silver nanoparticle film with temperature-controllable interparticle spacing for a tunable SERS substrate. *Nano Letters*, 5(1). – P. 5-9. DOI: 10.1021/nl048232 (in Eng.)

Markovich G., Collier C.P., Henrichs S.E., Remacle F., Levine R.D., and Heath J.R. (1999). Architecture of nanocrystal assemblies. *Accounts of Chemical Research*, 32. – P. 415-423. DOI: 10.1021/ar950135r (in Eng.)

Mulvaney P. (1996). Surface plasmon spectroscopy of nanosized metal particles. *Langmuir*, 12. – P. 788-800. DOI: 10.1021/la950271m (in Eng.)

Reinhard B.M., Siu M., Agarwal H., Alivisatos A.P., and Liphardt J. (2005). Calibration of dynamic molecular rulers based on plasmon coupling between gold nanoparticles. *Nano Letters*, 5. – P. 2246-2252. DOI: 10.1021/nl051592s (in Eng.)

Nogueira A.L., et al. (2016). Influence of process parameters and scalability of semi-batch production of functionalized silver nanoparticles. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 94. – P. 1472-1485. DOI: 10.1002/cjce.22530 (in Eng.)

Bhanushali S., et al. (2020). Photomodulated spatially confined chemical reactivity in a single silver nanoprism. *ACS Nano*, 14. – P. 11100-11109. DOI: 10.1021/acsnano.0c04547 (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). 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 сайте:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)
ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)
<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*
Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 16.03.2026.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 1.