

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>

**О.ЛИВЬЕРО Росси Сезаре**, 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>

**ОЛИВЬЕРО Россини 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 Агазыевич**, 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  $^5\text{He}$  and  $^5\text{Li}$  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–N<sub>2</sub> 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., Spassyuk 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

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

## CHEMISTRY

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

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

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

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

**Алмассов 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., Айтуреев 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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА

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

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

## ХИМИЯ

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

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

ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES  
ISSN 2224-5227  
Volume 1.  
Number 357 (2026), 320–333

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.423>

UDC: 631.53:620.3  
IRSTI: (MPHTI) 31.15.00

©**Kalimoldina L.M.** \*, **Shaikhova Zh.E.**, **Kaliyeva B.K.**, **Bubish Sh.**,  
**Askarova Sh.K.**, 2026.

«Almaty Technological University» JSC, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: kalimoldinal@gmail.com

## THE EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES ON THE GERMINATION OF BEAN, LEMON, TANGERINE AND AVOCADO SEEDS

**Kalimoldina Laila** — Candidate of technical sciences, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: kalimoldinal@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4397-9629>;

**Shaikhova Zhanat** — Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: zh.shaikhova1965@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>;

**Kaliyeva Botakoz** — Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: botakoz\_23@mail.ru, botakoz23@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0135-8878>;

**Bubish Sholpan** — Master of Technical Sciences, Assistant Lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: sholpanbubush@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6649-0430>;

**Shynar Askarova** — Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: askarova-1977@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9260-7616>.

**Abstract.** In recent decades, nanotechnology has attracted the attention of scientists, agronomists, and entrepreneurs due to its potential in solving many challenges related to agriculture, ecosystems, and sustainable development. One of the interesting applications of nanotechnology is working with plant seeds. In this article, we consider how nanotechnology can change the process of seed production and increase the efficiency of agronomy, as well as their impact on citrus culture. Seed nanotechnology is a promising field in agronomy and agriculture that focuses on the use of nanomaterials and nanocapsules to improve the unique properties of seeds. Nanomaterials can be used to create buffer systems that provide a slow and controlled release of active substances, which contributes to more efficient plant growth. In addition, nanotechnology can help improve old seed varieties by modifying them at the molecular level. Sols of silver nanoparticles with glucose were synthesized. It is shown that silver nanoparticles are

more toxic than nanoparticles of other noble metals, which is due to the more active diffusion of silver ions from their surface. It is known that silver ions effectively inhibit the biosynthesis of ethylene, which regulates plant processes during stress, aging (maturation), etc. In general, the toxicity of metal ions is significantly higher than that of nanoparticles. The mechanism of phytotoxic action of nanoparticles is often associated with the accumulation of reactive oxygen species in plant tissues. The relevance of such studies is related to the identification of a number of natural and man-made factors leading to plant interactions with nanoparticles.

**Keywords:** nanomaterials, synthesis of silver nanoparticles, reducing agent, stabilizer, glucose, phytostimulating effect, biological effect

*For citations:* 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. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.1. Pp. 320–333. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.423>*

©Калимолдина Л.М.\*, Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш.,  
Аскарова Ш.К., 2026.

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: kalimoldinal@gmail.com

## КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ БҰРШАҚ, ЛИМОН, МАНДАРИН, АВОКАДО ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ӨНУІНЕ ӘСЕРІ

**Калимолдина** Ләйлә — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: kalimoldinal@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4397-9629>;

**Шаихова** Жанат — техника ғылымдарының магистрі, сеньор-лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: zh.shaikhova1965@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>;

**Калиева** Ботакөз — химия ғылымдарының кандидаты, ассистент-профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: botakoz\_23@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0135-8878>;

**Бубиш** Шолпан — техника ғылымдарының магистрі, лектор ассистент, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: sholpanbubush@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6649-0430>;

**Аскарова** Шынар — ауылшаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ассистент-профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: askarova-1977@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9260-76167>.

**Аннотация.** Соңғы онжылдықтарда нанотехнология ғалымдардың, агрономдардың және кәсіпкерлердің назарын ауыл шаруашылығына, экожүйеге және тұрақты дамуға қатысты көптеген мәселелерді шешудегі әлеуетіне қарай аударды. Нанотехнологияны қолданудың негізгі аспектілерінің бірі – қоректік заттар мен қорғаныс құралдарын тікелей тұқымға максатты түрде жеткізу мүмкіндігі. Бұл қолданылатын тыңайтқыштар мен пестицидтердің мөлшерін

айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде қоршаған ортаға теріс әсерді азайтады. Наноматериалдарды өсімдіктердің тиімді өсуіне ықпал ететін белсенді заттардың баяу және бақыланатын бөлінуін қамтамасыз ететін буферлік жүйелерді құру үшін пайдалануға болады. Сонымен қатар, нанотехнология молекулалық деңгейде модификациялау арқылы ескі тұқым сорттарын жақсартуға ықпал ете алады. Бұл қолайсыз климаттық жағдайлар мен ауруларға төзімді сорттарды жасауға мүмкіндік береді. Тұқым нанотехнологиясы тұқымның бірегей қасиеттерін жақсарту үшін наноматериалдар мен нанокапсулаларды пайдалануға бағытталған агрономия мен ауыл шаруашылығындағы перспективалы бағытты білдіреді. Бұл технологиялар өнгіштігін, аурулар мен стресстерге төзімділігін арттырып, өсімдіктердің өнімділігін арттыра алады. Тұқымдарды аурулар мен зиянкестерден қорғау үшін нанобөлшектерді пайдалану сияқты инновациялық әдістер де бар, бұл өнімділікті айтарлықтай жақсартады. Алайда, перспективалы нәтижелерге қарамастан, нанотехнологияны агрономияда қолдану олардың экожүйеге және адам денсаулығына ұзақ мерзімді әсерін бағалау үшін қосымша зерттеулер мен әзірлемелерді қажет етеді. Ауыл шаруашылығында наноматериалдарды қауіпсіз және тиімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін этикалық және экологиялық аспектілерді ескеру маңызды. Осылайша, бұл жұмыстың мақсаты күміс нанобөлшектерін биологиялық әдіспен синтездеу және күміс нанобөлшектерінің бұршақ, лимон, мандарин және авокадо тұқымдарының өнуіне әсерін бағалау болды. Күміс нанобөлшектерінің күлі глюкозамен синтезделеді. Нанотехнологияны қолданудың қызықты бағыттарының бірі – өсімдік тұқымдарымен жұмыс. Бұл мақалада біз нанотехнологияның тұқым өсіру процесін қалай өзгерте алатынын, оның тиімділігін, сондай-ақ олардың дақылдарға әсерін қалай арттыратынын қарастырамыз.

**Түйін сөздер:** наноматериалдар, күміс нанобөлшектерінің синтезі, тотықсыздандырғыш, тұрақтандырғыш, глюкоза, фитостимуляторлық әсер, биологиялық әсер

©Калимолдина Л.М.\*, Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К.,  
Бубиш Ш., Аскарова Ш.К., 2026.

«Алматинский технологический университет», Алматы, Казахстан.

E-mail: kalimoldinal@gmail.com

## ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ФАСОЛИ, ЛИМОНА, МАНДАРИНА, АВОКАДО

**Калимолдина** Лайла — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: kalimoldinal@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4397-9629>;

**Шаихова** Жанат — магистр технических наук, сениор-лектор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: zh.shaikhova1965@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>;

**Калиева** Ботакоз — кандидат химических наук, ассистент-профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,



E-mail: botakoz\_23@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0135-8878>;

**Бубиш Шолпан** — магистр технических наук наук, ассистент лектор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: sholpanbubush@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6649-0430>;

**Аскарова Шынар** — кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент лектор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: askarova-1977@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9260-7616>.

**Аннотация.** В последние десятилетия нанотехнологии привлекают повышенное внимание ученых, агрономов и предпринимателей благодаря своему потенциалу в решении широкого круга задач, связанных с сельским хозяйством, экосистемами и устойчивым развитием. В статье рассматриваются возможности применения нанотехнологий для совершенствования семеноводства, повышения эффективности агрономических процессов, а также их влияние на развитие цитрусовых культур. Нанотехнологии в области семеноводства представляют собой перспективное направление аграрной науки, основанное на использовании наноматериалов и наночастиц для улучшения свойств семян. Одним из ключевых аспектов их применения является возможность целевой доставки питательных веществ и защитных соединений непосредственно к семенам. Это позволяет существенно сократить объем используемых удобрений и пестицидов, что, в свою очередь, снижает негативное воздействие на окружающую среду. Наноматериалы могут применяться для создания буферных систем, обеспечивающих медленное и контролируемое высвобождение активных веществ, что способствует более эффективному росту и развитию растений. Кроме того, нанотехнологии открывают возможности для улучшения традиционных сортов семян путем их модификации на молекулярном уровне. В связи с этим целью настоящей работы явились биосинтез наночастиц серебра и оценка их влияния на прорастание семян фасоли, лимона, мандарина и авокадо. В ходе исследования были синтезированы золи наночастиц серебра с использованием глюкозы. Показано, что наночастицы серебра обладают более высокой токсичностью по сравнению с наночастицами других благородных металлов, что обусловлено более активной диффузией ионов серебра с их поверхности. Известно, что ионы серебра эффективно ингибируют биосинтез этилена, регулирующего в растениях процессы стрессовой реакции, старения и созревания. В целом токсичность ионов металлов значительно выше токсичности самих наночастиц. Механизм фитотоксического действия наночастиц часто связывают с накоплением в растительных тканях активных форм кислорода. Актуальность подобных исследований обусловлена необходимостью установления факторов природного и техногенного характера, определяющих особенности взаимодействия растений с наночастицами.

**Ключевые слова:** наноматериалы, синтез наночастиц серебра, восстановитель, стабилизатор, глюкоза, фитостимулирующий эффект, биологический эффект

**Кіріспе.** Қазіргі ғылым саласын дамытуда нанотехнологияға, дәлірек айтқанда нанобөлшектерді синтездеуге және қолдануға ерекше назар аударылады.

Нанобөлшектер -бірегей физика-химиялық және оптикалық қасиеттерімен ерекшеленетін, көлемі кемінде бір өлшемде 100 нм-ден аспайтын оқшауланған қатты фазалы объектілер.

Соңғы жылдары нанотехнология көптеген салаларда, соның ішінде ауыл шаруашылығында кеңінен таралған.

Әдеби шолу. Нанотехнология – бұл заттарды нанодоңгейде, яғни атомдар мен молекулалар деңгейінде зерттеуге арналған ғылым саласы (Schwab, 2016). Ауыл шаруашылығында бұл технологияларды жаңа материалдарды жасау, тұқым өнімділігін жақсарту, сондай-ақ өсімдіктерді қорғаудың тиімді құралдарын әзірлеу үшін қолдануға болады. Тұқым нанотехнологиясы – тұқымның қасиеттерін жақсарту, сондай-ақ олардың өнімділігі менайдаланатын салыстырмалы түрде жаңа сала (Sengupta, 2014). Наноматериалдарды тұқымдарды өңдеу үшін пайдалануға болады, бұл көшеттердің өсу жылдамдығы мен біркелкілігін арттыруға септігін тигізеді. Себебі мұндай материалдар тұқымның суды сіңіруін жақсарта алады (Hendren, 2011). Нанобөлшектердің микробқа қарсы қасиеттері болуы мүмкін, бұл тұқымдарды әртүрлі аурулар мен зиянкестерден қорғауға мүмкіндік береді, оларды өнгенге дейін өсімталдығын қамтамасыз етеді. Тыңайтқышты пайдалану қоректік заттарды тікелей тұқым эмбрионына тиімдірек жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл егіннің сапасы мен санының жақсаруына әкелуі мүмкін (Piccinno, 2012). Наноматериалдар тұқымдарға құрғақшылық, суық немесе топырақтың жоғары тұздылығы сияқты қолайсыз жағдайларға төтеп беруге көмектеседі, бұл өсімдіктердің жақсы бейімделуін қамтамасыз етеді. (Colman, 2013). Нанотехнологияның көмегімен фермерлерге шешім қабылдау үшін маңызды ақпарат бере отырып, тұқымдар мен топырақтың күйін бақылауға мүмкіндік беретін сенсорлар жасауға болады (Khlebtsov, 2011). Тұқым нанотехнологиясы саласындағы зерттеулер перспективалы және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуде, әсіресе халық санының өсуі мен климаттың өзгеруі жағдайында маңызды құрал бола алады. Дегенмен, агрономияда наноматериалдарды пайдалану кезінде қауіпсіздік пен экология мәселелерін де ескеру маңызды (Lewinski, 2008).

Ультра дисперсті (нано-) металл ұнтақтарының биологиялық белсенділігі оларды жақпа май мен бактерицидтік тканьдерде қолдану перспективаларын кеңейтеді. Дәстүрлі мұндай жүйелерді зерттеу әдетте металл нанобөлшектерінің препараттары және осы композициялардың биологиялық белсенділігін зерттеуді қамтиды (Малицкий, 2019).

Препаратқа енгізілген нанобөлшектердің таралу сипаты және олардың нақты препараттың химиялық құрамы бұрын зерттелмеген, дегенмен бұл параметрлер бар жүйелерді оңтайландыру тұрғысынан металл нанобөлшектері айтарлықтай қызығушылық тудырады.

Өсімдік тұқымын өсіру немесе генетикалық модификациялау үшін нанотехнологияны қолдану бойынша зерттеулер әлі де белсенді жүргізілуде. Нанобөлшектер өсімдік жасушаларымен өзара әрекеттесудің қарапайымдылығымен сипатталады, бұл олардың бетінің көлеміне жоғары қатынасымен түсіндіріледі (Azhdarzadeh, 2015).

Бұл жұмысты зерттеу кезінде күміс нанобөлшектерінің өсімдік түріне және белсенді нанобъектінің сипаттамаларына байланысты өсімдіктердің дамуы мен метаболизміне әсерінің айырмашылықтарын ескерген жөн. Нанобөлшектердің өсімдіктерге жиналуы мен әсер етуі мөлшеріне, пішініне, бетінің ауданына, концентрациясына, синтез әдісіне (химиялық, физикалық немесе биосинтез), еріткіштерді қолдануға, өсімдіктердің даму сатысына және өсімдік жасушасының химиялық ортасына байланысты (Manchikanti, 2010).

Күміс нанобөлшектерінің жоғары каталитикалық белсенділігі тотығу стрессін тудыратын оттегінің белсенді түрлерінің (ОБТ) күшеюіне ықпал етеді (Carrigère, 2012).

Өсімдік жасушасындағы тотығу жеткіліксіздігі өзінің антиоксиданттық процестерін белсендіруге әкеледі. Өсімдік жасушасының ішіндегі НБ-ден босатылған күміс иондарының үлкен концентрациясы тұқымға күміс нанопформаларының уытты әсеріне әкелуі мүмкін (күмістің рұқсат етілген шекті концентрациясы 0,05 мг/л). Глюкоза НБ тұрақтандырғышы ретінде әрекет ете отырып, токсикоэффект ықтималдығын азайтады (Carrigère, 2012).

Наноматериалдар түрінде қоректік заттарды енгізу өсімдіктерді қажетті элементтермен тиімдірек қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл тұқымдарға қажетті микроэлементтерді алуға көмектеседі, олардың сіңуін оңтайландырады және жақсы өсуін қамтамасыз етеді. Наноматериалдарды тиімді фунгицидтер мен инсектицидтер ретінде де қолдануға болады. Мысалы, көміртекті нанотүтікшелер мен күміс нанобөлшектердің микробқа қарсы қасиеттері бар, бұл өсімдіктерді саңырауқұлақ инфекцияларынан және зиянкестерден химиялық заттарды қолданбай қорғауға мүмкіндік береді (Masarovičová, 2013).

Өзекті бағыттардың бірі – өсімдіктердің өнімділігін едәуір арттыра алатын, қолайсыз жағдайларға төзімділігін жақсарту үшін нанотехнологияны қолдану.

Нанотехнология құрғақшылық, жоғары температура, аурулар және зиянкестер сияқты қолайсыз экологиялық жағдайларға төзімді тұқымдарды алуға көмектеседі. Мысалы, тұқымның жасуша құрамын тұрақтандыру үшін нанобөлшектерді қолдану саңырауқұлақ инфекцияларының зақымдануының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Нанобөлшектерді бұршақ тұқымын өңдеу үшін пайдалануға болады, бұл олардың өну жылдамдығын арттыруы мүмкін. Мысалы, тұқымдарды мырыш оксидімен немесе титанмен өңдеу тамырдың өсуі мен дамуын ынталандыруы мүмкін, бұл өсімдіктердің климаттық факторларға төзімділігін арттырады (Remédios, 2012).

Осы уақытқа дейінгі зерттеулер көрсеткендей, кейбір нанобөлшектер өсімдіктердегі фотосинтетикалық процестерді жақсарта алады. Бұл өсімдіктерде АТФ түрінде энергия бөлінуінің және нәтижесінде олардың өнімділігінің артуына әкеледі. Бұршақ тұқымының нанотехнологиясы өнімділікті арттыруға, аурулар мен зиянкестердің әсерін азайтуға және ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік беретін ауыл шаруашылығы үшін жаңа мүмкіндіктерді ашады. Дегенмен, агросектордың тұрақты және қауіпсіз дамуын қамтамасыз ету үшін осы технологияларды зерттеуді және енгізуді экологиялық бағытта жалғастыру маңызды (Siddiqui, 2015).

Нанобөлшектерді тұқымдарды дәрумендермен, минералдармен және қоректік заттармен байыту үшін пайдалануға болады. Бұл өнгіштіктің жоғарылауына және өсімдіктердің тез өсуіне әкелуі мүмкін. Мысалы, лимон тұқымын темір немесе мырыш нанобөлшектерімен өңдеу олардың ауруға төзімділігін жақсартып алады. Наноматериалдардың көмегімен тыңайтқыштар мен судың бақыланатын шығарылуын қамтамасыз ететін жүйелер құруға болады. Бұл лимонның өсуіне қажетті тыңайтқыштардың мөлшерін едәуір азайтып, қоршаған ортаға зиянды азайтады. Нанотехнологияны өсімдіктердің күйін нақты уақытта бақылауға көмектесетін сенсорларды жасауда да қолдануға болады. Мұндай сенсорлар ылғалдылық деңгейін, қоректік заттардың болуын талдай алады және тіпті өсімдікте кездесетін ауруларды ерте сатысында анықтай алады (Iravani, 2011).

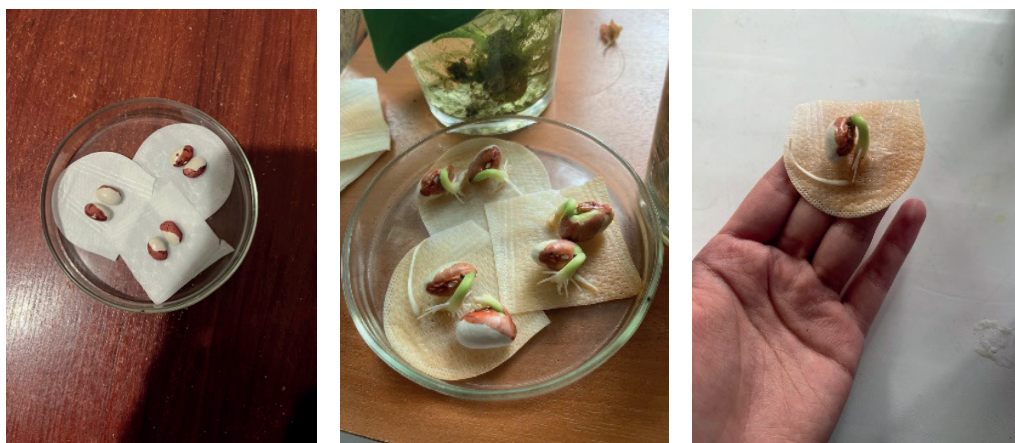
Цитрус тұқымындарында нанотехнологияны қолдану қоршаған ортаға оң әсер етуі мүмкін. Бұл технологиялар химиялық тыңайтқыштар мен пестицидтерді қолдануды азайтуға ықпал ететіндіктен, олар топырақ пен су объектілерінің ластануын азайтуға көмектеседі. Сонымен қатар, ресурстарды тиімді пайдалану көміртегі шығарындыларының азаюына әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде климаттың өзгеруіне ықпал етеді.

Әдістер мен материалдар. Күміс – белсенді микробқа қарсы элемент, тірі организмдерде олардың қалыпты жұмыс істеуі үшін микроэлементтер ретінде кездеседі. Күміс нанобөлшектері күміс иондарынан үлкен көлемімен ерекшеленеді, сондықтан асыл металл иондарының бактерицидтік және вирусқа қарсы сипаттамалары күміс наноформаларының жоғарыда аталған қасиеттерінен бірнеше есе төмен (Bhatt, 2011). Бүгінгі таңда күміс нанобөлшектері жыл сайын 800 тоннадан астам мөлшерде өндіріледі және өндірістің, медицинаның және косметологияның көптеген салаларында белсенді қолданылады (Thul, 2013).

Химиялық тотықсыздану әдісімен күміс бөлшектері өсімдік материалдарына енгізілді. Үлгілердегі күміс концентрациясы 0,5-2,2 массалық % құрады.

Күміс нанобөлшектерінің синтезі үшін глюкоза ерітіндісі қалпына келтіруші ретінде қолданылды. 500 мг/л концентрациясы бар күміс нанобөлшектерінің күлін дайындау үшін күміс иондарының қажетті концентрациясы бар  $\text{AgNO}_3$  ерітіндісі (А ерітіндісі), сондай-ақ аммиак ерітіндісімен рН 10,5 дейін жеткізілген глюкоза ерітіндісі (В ерітіндісі) дайындалды. Глюкозаның күміс тұзына молярлық қатынасы 1:5 болды. Әрі қарай, А ерітіндісі В ерітіндісімен араластырылды, тұрақтандырғыш ретінде натрий дигидрофосфаты қолданылды. Барлық кезеңдер бөлме температурасында орындалды. Фитоуыттылықты бағалау үшін 500 мг/л мөлшеріндегі  $\text{AgNO}_3$  ерітіндісі 250 мг/л және 125 мг/л концентрациясына дейін дистильденген сумен сұйылтылды.

Әр Петри табақшасына губкалы субстрат, оған сүзгі қағазы қойылды, оған 20 мл сынақ ортасы қосылды. Осыдан кейін шырмалған бұршақ (пингвин) тұқымдасы тұқымдар әр тұқым арасындағы қашықтық кемінде 10 мм болатын сүзгі қағазына орналастырылды. Петри табақшасының бетін жауып, қараңғы жерге  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  температурада 5 күн орналастырылды (1-сурет).



Сурет 1- Өскен бұршак тұқымдары бар үлгілер

«Пингвин» - бұл әр түрлі өсу жағдайларына жақсы бейімделетін төзімді бұршак түрі. Өсімдік материалдарын күміс бөлшектерімен өңдеу үлгілер матрицасында адсорбцияланған күміс иондарын  $C_6H_{12}O_6$  тұрақтандырғышымен қалпына келтіру арқылы химиялық жолмен жүзеге асырылды. Тотықсыздандырғыш пен күміс тұзының молярлық қатынасы, рН, температура және реакция уақыты әр түрлі болды. Дәстүрлі емес тотықсыздандырғыштарды қолдану мүмкіндігін зерттеу үшін жұмыста глюкоза қолданылды, өйткені қоректік заттар өсімдіктердің толық өсуі үшін қажет.

Нәтижелер. Күміс нанобөлшектерінің күлі глюкозаның әсерінен синтезделеді. Фитотест көмегімен биологиялық әдіспен бұршак тұқымдарының өнгіштігіне талдау жүргізілді. Тәжірибе барысында тұрақтандырғыш ретінде натрий дигидрофосфаты, глюкоза қалпына келтіруші ретінде қолданылды. Диаметрі 5-50 нм 800 мг/кг күміс нитраты ерітіндісін топырақ субстратында 5 аптадан кейін бұршак тұқымдарында өнгіштігінің төмендеуі мен тамыр ұзындығының тежелуі байқалды. Күміс нанобөлшектерінің қатысуымен, сондай-ақ өсу қарқыны бақылау үлгісімен салыстырғанда тамырлар мен бұршікте байқалды (бұл үлгінің қоректік ортасында нанобөлшектер жоқ). Эксперимент барысында алынған нанобөлшектердің мөлшерін бағалауға мүмкіндік беретін күміс нанобөлшектерінің күлін сіңіру құбылысының нәтижелері көрсетілген (Кесте 1).

Тәжірибеге цитрус тұқымдасы ретінде лимон «Ташкент» және мандарин «Алмаз» сорты тұқымдары таңдалды. Цитрус өсімдіктері сонымен қатар көптеген патогендік бактерияларды өлтіретін арнайы ұшпа заттарды – фитонцидтерді шығарады. Бірақ цитрус тұқымдарының қалың қабығы бар, ол ауа мен суды жақсы өткізбейді. Сондықтан мұндай тұқымдар 40-60 күн ішінде өте баяу өнеді (Thwala, 2016). Тұқымдардың өнуін тездету және олардың өнуін жақсарту үшін тұқымдарды алдын-ала өңдеу жүргізіледі 2 және 3 суретте бақылау үлгісі және фитотест процедурасы арқылы алынған, өнген тұқымдары бар үлгілер ұсынылған.

Кесте 1. Күл нанобөлшектерін синтездеу әдісінің  $\text{AgNO}_3$  бұршақтың өсуіне әсері

Әдіс	$\text{AgNO}_3$ ерітіндісінің концентрациясы, мг / л		Стимулдаушы немесе ингибиторлық әсер, %	Ескерту
	Тамырдың орташа ұзындығы, мм			
Биологиялық (глюкозамен)	58,83	59,71	+ 8,82	Тұқымның өнуін арттыру және өсімдік тамырларының ұзындығын арттыру
Бақылау (су)	54,87			Өсімдіктің тамырының өсуі байқалады



Сурет 2 - Бақылау үлгілері

**Талқылаулар. Зерттеулер көрсеткендей, тұқымдарды күміс ерітіндісімен өңдеу ( $\text{Ag} - 1,0\%$ ) 7 күндік сынақ үлгілерін инкубациялау кезінде тұқымнан өсірілген тамырлардың ұзындығын бақылау ImageJ бағдарламасында өлшеу арқылы жүргізілді.**

Тұқымның өнуі мен көшеттердің өсуі топырақтағы судың мөлшеріне байланысты екенін есте ұстаған жөн. Өсімдікке әсер ететін негізгі факторлардың бірі - ерітіндідегі тұздардың концентрациясы, атап айтқанда жасуша шырыны мен тұзды ерітіндінің осмотық қысымдары арасындағы айырмашылық (Galazzi, 2016).

Тамырдың өсуі глюкоза қатысуымен 125 және 250 мг/л күл концентрациясында байқалды. Екі жағдайда да үлгіде өскіндер пайда болды. Зерттеу нәтижелері глюкозамен биологиялық жолмен алынған нанобөлшектердің суспензиялары цитрус тамырының өсуіне оң әсер ететінін көрсетеді.

Осылайша, өсімдік материалдарындағы күміс иондарын қалпына келтіру бойынша жүргізілген зерттеулер нәтижесінде материалдың түріне байланысты әр түрлі күміс мөлшері бар үлгілер алынды. Күмістің ең көп мөлшері цитрус өсімдік материалында болды (2,2 масса. %).

Нанобөлшектердің мөлшері бойынша таралуы фотокалориметриялық әдісімен анықталды. Нанобөлшектерінің өлшемдерін анықтау Алматы технологиялық университеті «Азық-түлік қауіпсіздігі ҒЗИ» JENWAY **спектрофотометрі** көмегімен жүргізілді. Ерітіндінің түсті жарықты сіңіру арқылы заттың концентрациясын анықтау, яғни зерттелетін ерітінді арқылы өтетін жарықтың интенсивтілігін өлшеу арқылы оны құрамындағы зат мөлшерін есептеу жүргізілді. Үлкен өлшемді күміс нанобөлшектердің түзілуі табиғи реагенттерді қолдану арқылы алынған суспензияларға тән.

Әртүрлі концентрациядағы күміс иондары бар үлгілердің оптикалық тығыздығының мәндері көрсетілген (Кесте 2).

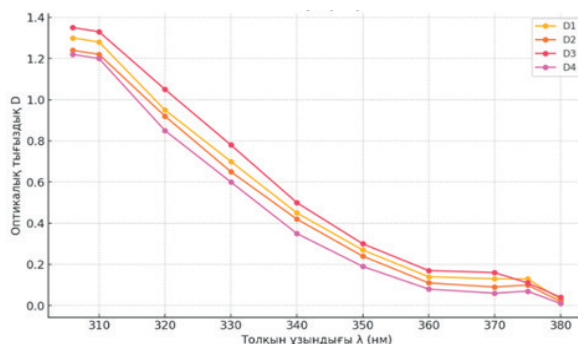
Кесте 2. Күміс нанобөлшектерінің күлін сіңіру 306-380 толқын ұзындығындағы тығыздық көрсеткіштері

$\lambda$ (nm)	D1	D2	D3	D4
306	1,3	1,24	1,35	1,22
310	1,28	1,22	1,33	1,2
320	0,95	0,92	1,05	0,85
330	0,7	0,65	0,78	0,6
340	0,45	0,42	0,5	0,35
350	0,27	0,24	0,3	0,19
360	0,14	0,11	0,17	0,08
370	0,13	0,09	0,16	0,06
375	0,13	0,1	0,11	0,07
380	0,03	0,02	0,04	0,01

310-380 нм толқын ұзындығының интервалында күміс нанобөлшектерінің күлін сіңіру спектрлері ұсынылған (сурет 3).

Сонымен қатар, диаметрі 40 нм-ге дейінгі нанобөлшектер күлдің сұрғылт түсімен сипатталады. Күміс нитратының бастапқы концентрациясының жоғарылауымен күлдің түсі ашық сұрдан сұр түске дейін өзгерді. Бұл түстің өзгеруі пайда болған күміс нанобөлшектерінің көбеюіне байланысты.

Нанобөлшектердің толқын ұзындығы бойынша таралу графигі 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3 - Оптикалық тығыздықтың  $\lambda$  (нм) бойынша тәуелділігі

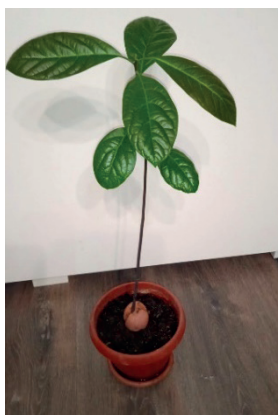
Фотокалориметриялық әдісімен өлшенген қалпына келтіруші ретінде глюкоза алынған күміс нанобөлшектерінің толқын ұзындығы 310-380 нм аралығында күміс нитраты концентрациясы төмендеді.

Ұсынылған күміс нанобөлшектерінің әртүрлі «жасыл» реагенттерді қолдана отырып, биологиялық синтез әдісімен алынған өлшемдер бойынша таралуының алынған мәліметтерін салыстыра отырып, күмістің ең үлкен бөлшектері глюкозамен синтезделгені анықталды. Күміс нанобөлшектерінің мөлшері күлдің түсіне әсер етеді: ірі бөлшектері бар тұздар кара, сұр-қоңыр түсті, ал ұсақ бөлшектері бар күл сары түсті. Күміс нанобөлшектерінің өсімдіктің тамыры мен жапырағының өсуіне  $\text{AgNO}_3$  әсері мөлшері мен концентрациясына байланысты, бұл тұқымның өнуін жақсарту үшін күміс нанобөлшектерінің күлін пайдалану кезінде ескерілуі керек. Тұқымдарды жасыл технологиямен өсіру және өсімдіктердің тамырлар мен жапырақтардың одан әрі өсуі кезінде күміс жинақталмайды (Zuverza-Mena, 2016).

Осыған байланысты тропикалық өсімдік – авокадо тұқымының өну стратегиясы талданды. Тәжірибе үшін авокадоның «Hass» сортының жемістері алынды. Олар мөлшері, түсі және конфигурациясы бойынша ерекшеленеді, тұқымдардың көпшілігі піскен кезде кебетіні белгілі. Сондықтан олар ылғалдың ең аз мөлшерін сақтау үшін қалың қорғаныс қабығын пайдаланады. Зерттеулер бес ай ішінде жүргізілді - 2024 жылдың қараша айынан бастап 2025 жылдың сәуір айына дейін. Үш піскен авокадо жемісі алынып және тұқымдар целлюлозадан тазартылып өнуге дайындалды. Олардың формасы анықталды. Жемістің, тұқымның салмағы анықталады және осы екі мәннің айырмашылығы – целлюлоза массасы. Деректер кестеге енгізілді. Ішкі құрылымды зерттеу үшін бір тұқым екіге бөлінеді, қалғандары өнуге дайындалады. Тұқымдар ашық түрде өніп шықты. Бастапқыда әр жемістің айналасында ортаңғы деңгейде шамамен 120 градус бұрышта 3 тесік мұқият жасалды. Әр тесікке 3 таяқша салынған. Олар жемісті стаканда ілулі ұстайтын тіректер ретінде қызмет етті. Таяқшалардың көмегімен әр тұқым бөлме температурасында таза, сүзгіден өткен сумен бөлек стаканға орналастырылды. Бұл кезде тұқым суға доғал ұшымен тиді. Су деңгейі үнемі сақталды. Жемістердің күйін апта сайын бақылап, барлық пішін өзгерістерін тіркеп жазып, тұқымның ісінуінің басталуын көзбен бақылап, оны екі тең жартыға бөлу уақытын, тамырдың пайда болуын және жапырақтары бар апикальды бөлікті байқадық (4-сурет). Тұқым өнген соң авокадо көшеттерін өсіру үшін борпылдақ және ылғалды қажет ететін топырақ, сондай-ақ биік гүл ыдыстары дайындалды (5-сурет). Авокадо ағашы оның тұқымы сусызданбайтын орынды қажет етеді. Олардың өнуі жылдың кез келген уақытында мүмкін.



Сурет 4 - Авокадо жемісін тәжірибеге дайындау



Сурет 5 - Авокадоның бес айлық өсіндісі

Барлық бақылаулар 2024 жылдың қарашасы мен 2025 жылдың сәуірі аралығында жүргізілді. Тұқымдар мен өскіндердің негізгі сипаттамалары анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша авокадоның өну және даму ерекшеліктерін зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Осы зерттеулер  $\text{AgNO}_3$  әсерінің авокадо тұқымдарының өнуіне фитостимуляторлық әсер ететінін көрсетті.

Тәжірибелік нәтижелерге сүйене отырып, үлкен күміс ірі бөлшектерге нанобөлшектер алынды, өйткені белгілі ірі НБ өсімдік жасушаларына енуі қиынырақ, сондықтан нанобөлшектердің көпшілігі тамырларда жиналады, ал ұсақ улы бөлшектер тамырға жиналады. Глюкозамен 310-380 нм нанобөлшектердің өлшемдері анықталды. Биосинтезделген күміс нанобөлшектері тамырлардың өсуін ынталандыруда әдетте қандай да бір уытты әсерсіз күміс нанобөлшектерінің синтезіне химиялық әсер етумен байланысты.

Қорытынды. Өсімдіктерге қатысты нанобөлшектердің уыттылығы туралы зерттеулер іс жүзінде 15 жылдан аспайтынын атап өтеміз. Күміс нанобөлшектерінің экономикалық «жасыл технология» тиімді, экологиялық таза фитоэкстрактілерді қолдану әдісі арқылы цитрус тұқымдастарының өнуіне әсері зерттелді.

Нанобөлшектердің жасушаішілік ену процестерін анықтайтын факторлар

– олардың химиялық табиғаты, мөлшері, пішіні, беткі заряды, дозасы. Металл нанобөлшектердің өсімдіктерге әсерін зерттеудің перспективалық объектісі жасушалардың суспензиялық дақылдары болуы мүмкін.

Экологиялық аспекті тұрғысынан нанотехнологияның көптеген артықшылықтары болғанымен, олардың қоршаған ортаға тигізетін әсерін де ескеру қажет. Осы саладағы зерттеулер жалғасуда және технологияның қауіпсіз пайдаланылуын және экожүйелер үшін жағымсыз салдарға әкелмеуін қамтамасыз ету мәселесі маңызды. Бұршақ, цитрус және авокадо тұқымдарына нанотехнологияны қолдану агрономия мен экологиядағы қызықты бағыт болып табылады. Олар өсімдіктердің өнімділік пен стресске төзімділігін арттырудың жаңа әдістерін ұсынады және ресурстарды тиімдірек пайдалануға ықпал етеді. Дегенмен, кез келген жаңа технология сияқты, наноматериалдармен жұмыс істеу олардың адам денсаулығы мен экожүйеге әсерін мұқият зерттеуді және бақылауды қажет етеді. Қауіпсіздік пен тұрақтылықты қамтамасыз ете отырып, осы технологияларды практикалық егіншілікке оңтайлы біріктіру үшін нано-деңгейде қосымша зерттеулер жүргізу өзекті.

Қорытындылай келе, тұқым нанотехнологиясы ауыл шаруашылығының тиімділігін арттыруға және тұрақты дамуға ықпал етіп, агрономия саласында жаңа мүмкіндіктер ашады.

#### References

- Arruda S.C., Silva A.L., Galazzi R.M., Azevedo R.A., Arruda M.A. (2015). Nanoparticles applied to plant science: A review. *Talanta*, 131: 693-705 (doi: 10.1016/j.talanta.2014.08.050). (in Eng).
- Azhdarzadeh M., Saei A.A., Sharifi S., Hajipour M.J., Alkilany A.M., Sharifzadeh M., Ramazani F., Lau rent S., Mashaghi A., Mahmoudi M. (2015). Nanotoxicology: advances and pitfalls in research methodology. *Nanomedicine (Lond.)*, 10: 2931-2952 (doi: 10.2217/nnm.15.130) (in Eng).
- Bhatt I., Tripathi B.N. (2011). Interaction of engineered nanoparticles with various components of the environment and possible strategies for their risk assessment. *Chemosphere*, 82: 308- 317 (doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.10.011). (in Eng).
- Carrière M., Larue C. (2012). Toxicology: plants and nanoparticles. In: *Encyclopedia of nanotechnology*. B. Bhushan (ed.). Springer, NY, 2763-2767. (in Eng).
- Colman B.P., Arnaout C.L., Anciaux S., Gunsch C.K., Hochella M.F., Jr., Kim B., Lowry G.V., McGil l B.M., Reinsch B.C., Richardson C.J., Unrine J.M., Wright J.P., Yin L., Bernhardt M.S. (2013). Low concentrations of silver nanoparticles in biosolids cause adverse ecosystem responses under realistic field scenario. *PLoS ONE*, 8: e57189 (doi: 10.1371/journal.pone.0057189). (in Eng).
- Galazzi R.M., de Barros Santos E., Caurin T., de Souza Pessôa G., Mazali I.O., Arruda M.A.Z. (2016). The importance of evaluating the real metal concentration in nanoparticles post-synthesis for their applications: A case-study using silver nanoparticles. *Talanta*, 146: 795-800 (doi: 10.1016/j.talanta.2015.06.016). (in Eng).
- Hendren C.O., Mesnard X., Dröge J., Wiesner M.R. (2011). Estimating production data for five engineered nanomaterials as a basis for exposure assessment. *Environ. Sci. Technol.* 45: 2562-2569 (doi: 10.1021/es103300g). (in Eng).
- Iravani S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chem.*, 13: 2638-2650 (doi: 10.1039/C1GC15386B). (in Eng).
- Khlebtsov N.G., Dykman L.A. (2011). Biodistribution and toxicity of engineered gold nanoparticles: A review of in vitro and in vivo studies. *Chem. Soc. Rev.*, 40: 1647-1671 (doi: 10.1039/c0cs00018c). (in Eng).
- Lewinski N., Colvin V., Drezek R. (2008) Cytotoxicity of nanoparticles. *Small*, 4: 26-49 (doi: 10.1002/smll.200700595).

M.H.Siddiqui, M.H Al-Whaibi, F.Mohammad (eds.) (2015) Nanotechnology and plant sciences. Nanoparticles and their impact on plants. Springer, NY, (doi: 10.1007/978-3-319-14502-0). (in Eng).

Manchikanti P., Bandopadhyay T.K. (2010). Nanomaterials and effects on biological systems: development of effective regulatory norms. *Nanoethics*, 4: 77-83 (doi: 10.1007/s11569-010-0084-9). (in Eng).

Masarovičová E., Kráľová K. (2013) Metal nanoparticles and plants. *Ecol. Chem. Eng. S*, 20: 9-22 (doi: 10.2478/eces-2013-0001). (in Eng).

Piccinno F., Gottschalk F., Seeger S., Nowack B. (2012). Industrial production quantities and uses of ten engineered nanomaterials in Europe and the world. *J. Nanopart. Res.*, 14: 1109 (doi: 10.1007/s11051-012-1109-9). (in Eng).

Remédios C., Rosário F., Bastos V. (2012) Environmental nanoparticles interactions with plants: morphological, physiological, and genotoxic aspects. *J. Botany*, Article ID 751686 (doi: 10.1155/2012/751686). (in Eng).

Schwab F., Zhai G., Kern M., Turner A., Schnoor J.L., Wiesner M.R. (2016). Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants — Critical review. *Nanotoxicology*, 10: 257-278 (doi: 10.3109/17435390.2015.1048326). (in Eng).

Sengupta J., Ghosh S., Datta P., Gomes A. (2014) Physiologically important metal nanoparticles and their toxicity. *J. Nanosci. Nanotechnol.*, 14: 990-1006 (doi: 10.1166/jnn.2014.9078). (in Eng).

Thul S.T., Sarangi B.K., Pandey R.A. (2013). Nanotechnology in agroecosystem: implications on plant productivity and its soil environment. *Expert Opin. Environ. Biol.*, 2: 1 (doi: 10.4172/2325-9655.1000101). (in Eng).

Thwala M., Klaine S.J., Musee N. (2016) Interactions of metal-based engineered nanoparticles with aquatic higher plants: A review of the state of current knowledge. *Environ. Toxicol. Chem.* 35: 1677-1694 (doi: 10.1002/etc.3364). (in Eng).

Zuverza-Mena N., Armendariz R., Peralta-Videa J.R., Gardea-Torresdey J.L. (2016). Effects of silver nanoparticles on radish sprouts: root growth reduction and modifications in the nutritional value. *Front. Plant Sci.*, 7: 90 (doi: 10.3389/fpls.2016.00090). (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 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 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
18,0 п.л. Заказ 1.