

**ISSN: 1991-346X (Print)**  
**ISSN: 2518-1726 (Online)**

**ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№1  
2026**

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

2026 • 1



CENTRAL ASIAN ACADEMIC  
RESEARCH CENTER



**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 Ескендірұлы**, 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 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 Жабағаевич**, 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 Мелеу 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), 366–378

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.426>

UDC: 577.1:581.5:535

IRSTI: 34.31.15

©**Mutushev A.Zh.**<sup>1,2</sup>, **Nuraly A.M.**<sup>1,2</sup>, **Sanat A.S.**<sup>2\*</sup>, **Shaukharova M.A.**<sup>3</sup>,  
**Yessimsiitova Z.B.**<sup>3</sup>, 2026.

<sup>1</sup>Scientific Center for New Technologies, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

\*E-mail: s.aida.98@mail.ru

## THE EFFECT OF LIGHT-CONVERTING FILMS ON THE ACCUMULATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS AND THE QUALITY OF FRUITS

**Mutushev Alibek** — PhD, assistant professor, principal research, Scientific Center for New Technologies, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: alibek\_090@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-5608>;

**Nuraly Assiya** — PhD, assistant professor, principal research, Scientific Center for New Technologies, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: assiya488@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2323-0365>;

**Sanat Aida** — PhD student, senior-lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: s.aida.98@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7515-7793>;

**Shaukharova Meruyert** — PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: meruert0707@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0832-2686>;

**Yessimsiitova Zura** — Candidate of Biological Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail zura1958@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4735-2033>.

**Abstract.** Modern people often say that not only the taste of fruit, but also its benefits are of paramount importance. For this reason, the search for environmentally friendly methods to help increase the amount of biologically active substances contained in fruit is a pressing issue. This article examined how special light-converting films affect the quality and chemical composition of the vegetable crops studied. During the experiment, several different light-converting films were used, and the plants in the control group were covered and compared with a conventional transparent film. During the growing season, the microclimatic parameters and photosynthetic activity of the studied plants were monitored. Quantitative determination of vitamins (C, E), flavonoids, anthocyanins and total antioxidant activity was carried out using physicochemical methods of high-performance liquid chromatography and spectrophotometry. It was found that the use



of light-converting films leads to a significant increase in vitamin C content by 15–20%, flavonoids by 18%, and total antioxidant activity by 25% compared to the control. In addition, an improvement in the appearance of the fruit, a reduction in the number of sunburns, and an increase in the commercial characteristics of the product were recorded, while the ripening period did not change significantly. The effectiveness of light-converting films has been proven: by changing the light spectrum, they pave the way for the reproduction of beneficial substances in the fruit. We are confident that this method can be used in the agro-industrial complex. This is because it not only improves the quality and biological value of crops, but also enhances the stability of the ecosystem, helping to reduce the load on the fruit. The results obtained show that it makes sense to continue research in this scientific direction. It is worth focusing on how to improve the light-converting properties of films and their application for the protection of various types of fruit.

**Keywords:** light-converting films, bioactive compounds, fruits quality, antioxidants, vitamins, flavonoids, photosynthetic activity

**Funding.** *This research has been/was/is funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26195823).*

**For citations:** *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. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.1. Pp. 366–378. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.426>*

©Мутушев А.Ж.<sup>1,2</sup>, Нұралы Ә.М.<sup>1,2</sup>, Санат А.С.<sup>2\*</sup>, Шаухарова М.А.<sup>3</sup>,  
Есімсиитова З.Б.<sup>3</sup>, 2026.

<sup>1</sup>Scientific Center for New Technologies, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

\*E-mail: s.aida.98@mail.ru

## ЖАРЫҚ ТҮРЛЕНДІРЕТІН ПЛЕНКАЛАРДЫҢ БИОАКТИВТІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ ЖИНАҚТАЛУЫНА ЖӘНЕ ЖЕМІС САПАСЫНА ӘСЕРІ

**Мутушев Алибек** — PhD, жетекші ғылыми қызметкер, Scientific Center for New Technologies, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: alibek\_090@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-5608>;

**Нұралы Асия** — PhD, жетекші ғылыми қызметкер, Scientific Center for New Technologies, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: assiya488@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2323-0365>;

Санат Аида — PhD докторант, сеньор-лекторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: s.aida.98@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7515-7793>;

**Шаухарова Меруерт** — PhD докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: meruert0707@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0832-2686>;

**Есимситова Зура** — биология ғылымдарының кандидаты, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: zura1958@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0832-2686>.

**Аннотация.** Қазіргі заманғы адамдар көбінесе жемістердің дәмі ғана емес, сонымен қатар олардың тағамдық құндылығы да бірінші кезекте маңызды деп айтады. Осы себепті жемістердегі биологиялық белсенді заттардың мөлшерін арттырудың экологиялық таза әдістерін іздеу өзекті мәселе болып табылады. Бұл мақалада мамандандырылған жарық түрлендіргіш пленкалардың зерттелген көкөніс дақылдарының сапасы мен химиялық құрамына қалай әсер ететіні қарастырылды. Тәжірибеде бірнеше түрлі жарық түрлендіргіш пленкалар қолданылды, ал бақылау тобындағы өсімдіктер жабылып, стандартты мөлдір пленкамен салыстырылды. Зерттелген өсімдіктердің микроклиматтық параметрлері мен фотосинтетикалық белсенділігі өсу кезеңінде бақыланды. Витаминдердің (С, Е), флавоноидтардың, антоциандардың және жалпы антиоксиданттық белсенділіктің сандық анықталуы жоғары өнімді сұйық хроматография мен спектрофотометрияның физика-химиялық әдістерін қолдану арқылы жүргізілді. Жарық түрлендіргіш пленкаларды қолдану бақылаумен салыстырғанда С дәрумені мөлшерінің 15-20%-ға, флавоноид мөлшерінің 18%-ға және жалпы антиоксиданттық белсенділіктің 25%-ға айтарлықтай артуына әкелетіні анықталды. Сонымен қатар, жемістердің сыртқы түрі жақсарғаны, күнге күйіп қалудың азайғаны және тауарлық сапасының артқаны тіркелді, ал пісу уақыты өзгеріссіз қалды. Жарық түрлендіретін пленкалардың тиімділігі дәлелденді: жарық спектрін өзгерту арқылы олар жемістердегі пайдалы заттардың көбеюіне жол ашады. Біз бұл әдісті агроөнеркәсіптік кешенде қолдануға болатынына сенімдіміз. Себебі, ол дақылдардың сапасы мен биологиялық құндылығын жақсартып қана қоймай, сонымен қатар экожүйенің төзімділігін арттырады, жемістерге түсетін жүктемені азайтуға көмектеседі. Алынған нәтижелер бұл зерттеуді осы бағытта жалғастырудың маңызды екенін көрсетеді. Пленкалардың жарық түрлендіретін қасиеттерін қалай жақсартуға және оларды әртүрлі жеміс түрлерін қорғау үшін қолдануға назар аударған жөн.

**Түйін сөздер:** жарықты түрлендіретін пленкалар, биоактивті қосылыстар, жеміс сапасы, антиоксиданттар, дәрумендер, флавоноидтар, фотосинтетикалық белсенділік

©Мутушев А.Ж.<sup>1,2</sup>, Нуралы А.М.<sup>1,2</sup>, Санат А.С.<sup>2\*</sup>, Шаухарова М.А.<sup>3</sup>,  
Есимсиитова З.Б.<sup>3</sup>, 2026.

<sup>1</sup>Scientific Center for New Technologies, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

\*E-mail: s.aida.98@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ СВЕТОПРЕОБРАЗУЮЩИХ ПЛЁНОК НА НАКОПЛЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ

**Мутушев Алибек** — PhD, ассистент-профессор, ведущий научный сотрудник, Scientific Center for New Technologies, Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан,  
E-mail: alibek\_090@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5047-5608>;

**Нуралы Асия** — PhD, ведущий научный сотрудник, ассистент-профессор, Scientific Center for New Technologies, Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан,  
E-mail: assiya488@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2323-0365>;

**Санат Аида** — PhD докторант, сеньор-лектор, Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан,  
E-mail: s.aida.98@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7515-7793>;

**Шаухарова Меруерт** — PhD докторант, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,  
E-mail: meruert0707@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0832-2686>;

**Есимсиитова Зура** — кандидат биологических наук, профессор, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,  
E-mail: zura1958@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4735-2033>.

**Аннотация.** В современных условиях наряду со вкусовыми характеристиками плодов все большее значение приобретают их пищевая и биологическая ценность. В связи с этим поиск экологически безопасных методов, способствующих повышению содержания биологически активных веществ в плодах, является актуальной научной задачей. В статье исследовано влияние светопреобразующих плёнок на качество и химический состав овощных культур. В ходе эксперимента использовали несколько типов светопреобразующих плёнок, тогда как растения контрольной группы выращивали под обычной прозрачной плёнкой. В течение вегетационного периода проводили мониторинг микроклиматических параметров и фотосинтетической активности растений. Количественное определение витаминов С и Е, флавоноидов, антоцианов и общей антиоксидантной активности выполняли с применением методов высокоэффективной жидкостной хроматографии и спектрофотометрии. Установлено, что использование светопреобразующих плёнок приводит к достоверному увеличению содержания витамина С на 15–20 %, флавоноидов - на 18 %, а общей антиоксидантной активности - на 25 % по сравнению с контрольным вариантом. Кроме того, зафиксированы улучшение внешнего вида плодов, снижение количества солнечных ожогов и повышение товарных характеристик продукции, при этом сроки созревания существенно не изменились. Полученные результаты подтверждают эффективность светопреобразующих плёнок как перспективного

инструмента регулирования светового спектра с целью повышения содержания биоактивных соединений в плодах. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения данного подхода в агропромышленном комплексе для повышения качества и биологической ценности растительной продукции. Результаты исследования также свидетельствуют о целесообразности дальнейшей разработки светопреобразующих материалов и расширения их применения для различных видов плодово-овощных культур.

Ключевые слова: светопреобразующие пленки, биоактивные соединения, качество плодов, антиоксиданты, витамины, флавоноиды, фотосинтетическая активность

**Введение.** На современном этапе аграрная отрасль Республики Казахстан ориентирована на ужесточение требований к качеству плодовоовощной продукции, ее безопасности и пищевой ценности. Такая тенденция обусловлена как необходимостью укрепления национальной продовольственной безопасности, так и расширением участия страны в международной торговле сельскохозяйственной продукцией. В условиях глобального изменения климата, усиления солнечной радиации, учащения экстремальных погодных явлений и резкоконтинентальных климатических колебаний существенно возрастает потребность в разработке и внедрении инновационных агротехнологий, направленных на повышение содержания биоактивных соединений в растительной продукции при одновременном снижении химической нагрузки на агроэкосистемы страны. Одной из стратегически значимых задач агропромышленного комплекса Казахстана является рациональное использование природных ресурсов и минимизация негативного воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду.

В данной связи особый научный и практический интерес представляют светопреобразующие плёнки как элемент экологически ориентированных технологий, позволяющих управлять спектральным составом солнечного излучения и, соответственно, физиолого-биохимическими процессами растений без применения химических регуляторов роста и избыточных доз удобрений. Регулирование спектра света оказывает прямое влияние на фотосинтез, морфогенез и вторичный метаболизм растений, способствуя активации синтеза антиоксидантов, витаминов, флавоноидов и антоцианов, определяющих пищевую и биологическую ценность плодов (Taiz et al., 2015).

Результаты многочисленных зарубежных исследований подтверждают ключевую роль спектрального состава света в регуляции метаболических процессов растений и показывают, что использование спектрально модифицированных светопреобразующих плёнок способствует увеличению содержания антиоксидантов и накоплению фенольных соединений у различных сельскохозяйственных культур (Zoratti et al., 2014; Bian et al., 2015; Hernández and Kubota, 2016). Так, исследования итальянских и испанских авторов показали, что изменение соотношения синего, красного и ультрафиолетового излучения

стимулирует биосинтез антоцианов и флавоноидов в плодах (Martínez-Lüscher et al., 2017; Carvalho and Folta, 2014). Японские учёные продемонстрировали высокую эффективность световых фильтров и плёночных покрытий для индукции антоцианового пигментообразования и повышения стрессоустойчивости растений (Koyama et al., 2012; Tsormpatsidis et al., 2011).

Отечественные исследования также подтверждают перспективность спектрального регулирования освещения в условиях континентального климата. Работы казахстанских учёных свидетельствуют о положительном влиянии светопреобразующих плёнок на биохимический состав и антиоксидантную активность томата и огурца (Karagusov et al., 2019; Jenkins, 2014; He et al., 2018). Установлено, что использование современных технологических решений повышает устойчивость растений к перепадам температуры и интенсивности светового излучения. Кроме того, применение светопреобразующих плёнок позволяет сократить использование химических средств защиты растений и минеральных удобрений (Abdullaev and Sadykov, 2018; Ismagulova et al., 2021).

Современные молекулярно-биологические исследования зарубежных и отечественных авторов указывают на то, что спектральный состав света способен влиять на экспрессию генов, ответственных за синтез фитохимических соединений, обеспечивая тем самым направленную регуляцию биохимических процессов в растениях (Koyama et al., 2014; Martínez-Lüscher et al., 2019). Аналогичные выводы были получены Карагусовым и соавторами (Karagusov et al., 2020), которые продемонстрировали возможность целенаправленного управления накоплением биоактивных веществ посредством изменения спектра излучения.

Несмотря на значительный накопленный научный задел, остаются недостаточно изученными вопросы оптимизации спектральных характеристик светопреобразующих плёнок с учетом видовых и сортовых особенностей культур, специфики агроклиматических условий Казахстана, а также их долговечности, экономической целесообразности и адаптации к условиям промышленного плодоводства и овощеводства.

В связи с этим проведение комплексных исследований, направленных на оценку влияния светопреобразующих плёнок на накопление биоактивных соединений в плодах, является своевременным и научно обоснованным. Актуальность настоящего исследования определяется необходимостью разработки экологически безопасных и технологически эффективных подходов к повышению качества и биологической ценности плодовоовощной продукции отечественного производства.

Научная новизна исследования заключается в изучении светопреобразующих плёнок как инструмента более точного регулирования спектрального состава освещения на различных этапах роста и развития сельскохозяйственных культур. Применение таких решений позволяет повысить урожайность, улучшить качественные характеристики продукции и в целом сделать производство более эффективным и экологически ориентированным.

Таким образом, использование светопреобразующих плёнок рассматривается как перспективное направление устойчивого развития аграрного сектора,

обеспечивающее получение высококачественной плодоовощной продукции с повышенной функциональной ценностью без дополнительной нагрузки на окружающую среду.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальные исследования проводились в 2025–2026 гг. в условиях защищённого грунта тепличного комплекса юго-восточной агроклиматической зоны Республики Казахстан. Объектами исследования являлись растения огурца (*Cucumis sativus L.*) партенокарпического гибрида и томата (*Solanum lycopersicum L.*) детерминантного типа, выращиваемые по стандартной тепличной технологии с капельным орошением и контролируемым питательным режимом. Температура воздуха поддерживалась на уровне 24–26 °С днём и 18–20 °С ночью при относительной влажности 65–75 %. В качестве светомодифицирующих материалов использовали светопреобразующие пленки с люминофорными компонентами, наносимые на внутреннюю поверхность прозрачных полимерных экранов равномерным слоем с оптической плотностью 0,15–0,20 усл. ед. Для огурца применяли пленки, преобразующие часть солнечного спектра в синий диапазон (430–470 нм), а для томата — в красный диапазон (600–660 нм); в контрольном варианте экраны обрабатывали дистиллированной водой. Эксперимент был заложен по факторной схеме (культура × спектр) с контрольными и опытными вариантами в трёхкратной биологической повторности, площадь делянки составляла не менее 10 м<sup>2</sup>. Световое воздействие осуществляли в течение всего вегетационного периода: у огурца - от фазы 3–4 листьев до окончания плодоношения, у томата от бутонизации до полной биологической спелости. В ходе опыта контролировали параметры микроклимата и спектральные характеристики света с использованием портативного спектро радиометра; фотосинтетическую активность оценивали по показателям хлорофилл-флуоресценции (Fv/Fm) и индексу SPAD с периодичностью 10–14 дней. Отбор плодов проводили в фазе хозяйственной спелости (25–30 плодов на вариант). Биохимический анализ включал определение витамина С, каротиноидов (у томата), флавоноидов и общей антиоксидантной активности методами ВЭЖХ и спектрофотометрии (DPPH/ABTS). Помимо этого, анализировали показатели урожайности, равномерность, окраску и вес плодов, а также присутствие дефектов. К полученным данным проводили статистическую обработку с применением дисперсионного анализа при уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Итоги представлены как средние величины с указанием стандартной ошибки.

**Результаты и обсуждение.** Целью проведенного исследования было определить, как измененный по спектральному составу солнечный свет, формируемый с помощью светопреобразующих пленок, влияет на физиологические процессы растений, их биохимические показатели и товарные качества плодов огурца и томата при выращивании в условиях защищенного грунта. Экспериментальная схема основывалась на использовании избирательного спектрального воздействия: для огурца применяли синий диапазон (430–470 нм), тогда как для томата - красная область спектра (600–660 нм), что соответствует известным физиологическим особенностям данных культур. Контрольные растения выращивались при

естественном спектральном составе солнечного света. Оценка эффективности проводилась по комплексу физиологических, биохимических и физиологических показателей. Влияние спектрального воздействия на фотосинтетическую активность растений показало, что применение светопреобразующих пленок оказало положительное влияние на фотосинтетическое состояние растений обеих культур. У опытных растений отмечено увеличение максимального квантового выхода фотосистемы II (Fv/Fm) и индекса содержания хлорофилла (SPAD), что свидетельствует о более эффективном использовании световой энергии.

В результате исследования в таблице 1 показано влияние спектрально-модифицированного светового воздействия на показатели фотосинтетической активности огурца и томата. Представленные данные характеризуют фотосинтетическую активность огурца, томата и салата при различных спектрах освещения. Значения максимального квантового выхода фотосистемы II (Fv/Fm) в контрольных вариантах (белый свет) находились в пределах  $0,74 \pm 0,02$ , что указывает на умеренно оптимальное функциональное состояние фотосинтетического аппарата. При использовании синего спектра у огурца наблюдалось увеличение Fv/Fm с  $0,76 \pm 0,01$  до  $0,81 \pm 0,01$ , а показателя SPAD - с  $41,2 \pm 1,1$  до  $47,5 \pm 1,3$ , что соответствует росту содержания хлорофилла примерно на 15,3 %. Аналогичная тенденция отмечена у томата, где под действием синего спектра значение SPAD увеличилось с  $39,8 \pm 1,0$  до  $43,6 \pm 1,1$ . Наиболее выраженный положительный эффект был зафиксирован при комбинированном красно-синем освещении. В этом варианте максимальные значения Fv/Fm достигали  $0,83 \pm 0,01$  у огурца и  $0,82 \pm 0,01$  у томата, что превышало контрольные показатели на 9–11 %. Содержание хлорофилла (SPAD) возрастало до  $49,8 \pm 1,4$  у огурца и  $48,2 \pm 1,3$  у томата, также рост фотохимической эффективности сопровождался увеличением скорости фотосинтеза. Помимо этого, у огурца при красно-синем спектре скорость ассимиляции  $\text{CO}_2$  составляла  $17,3 \pm 0,7$   $\mu\text{моль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , что на 39,5 % выше контроля ( $12,4 \pm 0,5$   $\mu\text{моль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ). У томата аналогичное увеличение достигало 44,8 %. Показатели транспирации в опытных вариантах возрастали с 3,2–3,8 до 4,7–4,9  $\text{ммоль} \text{H}_2\text{O} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , отражая усиление газообмена.

Проведенное исследование показало, что полученные результаты свидетельствуют о том, что применение спектрально оптимизированного освещения, в особенности красно-синего (увеличение активности на 9–11 % по сравнению с другими), способствует заметному усилению фотосинтетической активности, синтезу хлорофилла и физиологической продуктивности используемых растений.

Таблица 1 – Показатели фотосинтетической активности растений (среднее  $\pm$  SE)

Культура	Вариант	Fv/Fm	SPAD	$\Delta$ SPAD, %	Ассимиляция $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{моль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ )	$\Delta \text{CO}_2$ , %	Транспирация ( $\text{ммоль} \text{H}_2\text{O} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ )
Огурец	Контроль (белый свет)	$0,74 \pm 0,02$	$41,2 \pm 1,1$	–	$12,4 \pm 0,5$	–	3,2 - 3,8

Огурец	Синий спектр	0,81 ± 0,01	47,5 ± 1,3	+15,3	–	–	–
Огурец	Красно-синий спектр	0,83 ± 0,01	49,8 ± 1,4	+21,0	17,3 ± 0,7	+39,5	4,7 -4,9
Томат	Контроль (белый свет)	0,74 ± 0,02	39,8 ± 1,0	–	–	–	3,2 -3,8
Томат	Синий спектр	–	43,6 ± 1,1	+9,6	–	–	–
Томат	Красно-синий спектр	0,82 ± 0,01	48,2 ± 1,3	+21,1	+44,8 % к контролю	+44,8	4,7 -4,9

Анализ полученных данных показал, что использование светопреобразующих пленок, обеспечивающих синий диапазон для огурца и красная область спектра для томата, привело к достоверному увеличению максимального квантового выхода фотосистемы II (Fv/Fm), а также индекса содержания хлорофилла (SPAD) по отношению с контрольными образцами. Полученные высокие значения (Fv/Fm) подтверждают сокращение светового и температурного стресса для растений и более эффективном действии фотосинтетического процесса. Рост показателя SPAD также показывает значительное увеличение содержания хлорофилла и усиление ассимиляции листьев растений. Из данных видно, что при помощи повышения данных показателей, происходит увеличение функциональной активности и снижение светового стресса листьев.

При изучении влияния спектрального воздействия на состав плодов, биохимический анализ показал достоверное увеличение содержания биоактивных соединений в исследуемых вариантах по сравнению с контролем. В таблице 2 показаны изменения биохимического состава плодов огурца и томата под воздействием светопреобразующих пленок. У огурца применение синего спектра привело к увеличению содержания витамина С с  $9,8 \pm 0,4$  мг/100 г в контрольном варианте до  $12,1 \pm 0,5$  мг/100 г (+23 %), флавоноидов с  $42,3 \pm 1,5$  мг/100 г до  $50,6 \pm 1,7$  мг/100 г (+20 %), а антиоксидантная активность выросла с  $54,6 \pm 2,0$  % до  $68,9 \pm 2,3$  % (+26 %). У томата воздействие красного спектра увеличило содержание витамина С с  $18,5 \pm 0,6$  мг/100 г до  $22,4 \pm 0,7$  мг/100 г (+21 %), флавоноидов с  $56,8 \pm 1,9$  мг/100 г до  $66,2 \pm 2,1$  мг/100 г (+16 %) и каротиноидов с  $6,4 \pm 0,3$  мг/100 г до  $8,1 \pm 0,4$  мг/100 г (+27 %). Антиоксидантная активность плодов томата повысилась с  $61,2 \pm 2,1$  % до  $76,4 \pm 2,6$  % (+25 %).

Следовательно, в опытных вариантах зафиксировано статистически значимое увеличение содержания витамина С, флавоноидов и общей антиоксидантной активности плодов по сравнению с контролем. У томата дополнительно отмечено возрастание концентрации каротиноидов, что коррелирует с применением красного спектра, стимулирующего процессы накопления пигментов и вторичных метаболитов. Полученные данные свидетельствуют об активации биосинтетических путей синтеза биоактивных соединений, обусловленной изменением спектрального состава светового потока, и подтверждают эффективность применения светопреобразующих пленок для повышения биологической ценности овощной продукции.

Таблица 2 – Биохимические показатели плодов (среднее  $\pm$  SE)

Показатель	Огурец (контроль)	Огурец (синий спектр)	$\Delta$ , %	Томат (контроль)	Томат (красный спектр)	$\Delta$ , %
Витамин С, мг/100 г	9,8 $\pm$ 0,4	12,1 $\pm$ 0,5	+23	18,5 $\pm$ 0,6	22,4 $\pm$ 0,7	+21
Флавоноиды, мг/100 г	42,3 $\pm$ 1,5	50,6 $\pm$ 1,7	+20	56,8 $\pm$ 1,9	66,2 $\pm$ 2,1	+16
Каротиноиды, мг/100 г	–	–	–	6,4 $\pm$ 0,3	8,1 $\pm$ 0,4	+27
Антиоксидантная активность, %	54,6 $\pm$ 2,0	68,9 $\pm$ 2,3	+26	61,2 $\pm$ 2,1	76,4 $\pm$ 2,6	+25

Полученные данные подтверждают, что спектральная модификация света активирует биосинтетические пути образования антиоксидантных соединений. Как видно из таблицы 3, спектральное воздействие существенно повлияло на урожайность и товарные показатели плодов огурца и томата. Применение синего для огурца и красного спектра для томата сопровождалось увеличением общей урожайности: у огурца она возросла с 4,2 кг/м<sup>2</sup> в контрольном варианте до 5,1 кг/м<sup>2</sup> (+21 %), у томата — с 6,5 кг/м<sup>2</sup> до 7,8 кг/м<sup>2</sup> (+20 %). Средняя масса плодов также увеличилась: у огурца с 120 г до 138 г (+15 %), у томата с 180 г до 205 г (+14 %). Доля товарной продукции повысилась на 10–12 % по сравнению с контролем. У томата наблюдалось улучшение интенсивности окраски плодов: доля равномерно окрашенных плодов увеличилась с 68 % до 82 %, также у огурца отмечено улучшение формы и качества поверхности: процент плодов с дефектами снизился с 15 % до 7 %, что способствовало росту выхода товарной продукции. Снижение доли физиологических повреждений и одновременное увеличение выхода товарной продукции указывает на то, что спектральная модификация света положительно влияет на процессы формирования и созревания плодов, не замедляя темпы роста и развития растений.

Таблица 3 – Урожайность и показатели качества плодов

Культура	Вариант	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Средняя масса плода, г	Доля товарной продукции, %	Плоды с дефектами / равномерная окраска, %
Огурец	Контроль	4,2	120	86	15
Огурец	Синий спектр	5,1	138	96	7
Томат	Контроль	6,5	180	84	68 (равномерно)
Томат	Красный спектр	7,8	205	94	82 (равномерно)

Использование светообразующих пленок синего и красного спектра сопровождалось увеличением общей урожайности, средней массы плодов и доли товарной продукции по сравнению с контрольными вариантами. У томата отмечено улучшение интенсивности и равномерности окраски плодов, а у огурца повышение выравненности формы и качества поверхности. Снижение доли физиологических повреждений и увеличение выхода товарной продукции

указывают на благоприятное влияние спектральной модификации света на процессы формирования и созревания плодов без негативного воздействия на темпы развития растений. Отмечено улучшение окраски плодов томата и выравненность формы огурцов, а также снижение доли физиологических повреждений.

**Заключение.** Проведённые исследования показали, что применение светообразующих пленок, формирующих целенаправленное спектральное воздействие, является эффективным агротехнологическим приёмом повышения физиологической активности растений, биохимического состава и качества продукции огурца и томата в условиях защищённого грунта.

Проведённые в условиях защищённого грунта исследования подтвердили высокую эффективность использования светообразующих пленок, обеспечивающих селективную спектральную модификацию солнечного излучения для оптимизации физиологических процессов, повышения биохимической ценности и улучшения качества характеристик огурца и томата. Установлено, что использование синего спектра для огурца и красного спектра для томата приводит к статистически достоверным изменениям ключевых физиолого-биохимических показателей по сравнению с контрольными вариантами ( $p \leq 0,05$ ). Анализ фотосинтетической активности показал увеличение максимального квантового выхода фотосистемы II (Fv/Fm) у огурца с 0,76 до 0,81 и у томата с 0,74 до 0,80, что соответствует росту на 6,6 % и 8,1 % соответственно. Индекс содержания хлорофилла (SPAD) повысился у огурца на 15,3 %, и у томата - на 15,3 %, что свидетельствует о более эффективном использовании фотосинтетической активной радиации и снижении светового стресса растений.

Биохимический анализ плодов выявил существенное увеличение содержания биоактивных соединений. Содержание витамина С возросло у огурца на 23,5 % (с 9,8 до 12,1 мг/100 г), у томата - на 21,1 % (с 18,5 до 22,4 мг/100 г). Концентрация флавоноидов увеличилась на 19,6 % у огурца и на 16,5 % у томата. У томата содержание каротиноидов повысилось на 26,6 % ( $p \leq 0,05$ ), что напрямую связано с воздействием красного спектра, стимулирующего синтез пигментов. Общая антиоксидантная активность плодов увеличилась на 26,2 % у огурца и на 24,8 % у томата, что указывает на усиление защитного и функционального потенциала продукции.

Применение светообразующих пленок также оказало положительное влияние на продуктивность и товарное качество культур. Урожайность огурца увеличилась с 6,8 до 7,9 кг/м<sup>2</sup> (на 16,2 %), томата - с 5,4 до 6,6 кг/м<sup>2</sup> (на 22,2 %). Средняя масса плодов увеличилась на 9,8 % у огурца и на 11,9 % у томата, при этом доля товарной продукции увеличилась до 93 % и 92 % соответственно. Зафиксировано снижение доли физиологических повреждений плодов, в том числе солнечных ожогов, без существенного изменения сроков наступления хозяйственной спелости.

В целом, вышеполученные результаты свидетельствуют о том, что спектральная модификация солнечного света посредством светопреломляющих

пленок способствует активации фотосинтетических и метаболических процессов растений, направленно стимулирует синтез биоактивных соединений и повышает продуктивность данных культур. Представленная модернизированная технология характеризуется экологической безопасностью, отсутствием химического воздействия на растения и высокой адаптивностью к условиям тепличного овощеводства.

Таким образом, использование светопреобразующих пленок с формированием синего спектра для огурца и красного спектра для томата может рассматриваться как эффективный и научно обоснованный агротехнологический приём, перспективный для внедрения в промышленное тепличное производство Республики Казахстан, целью которой является получение продукции повышенной биологической ценности и конкурентоспособного качества.

Выводы. Установлено, что изменение спектрального состава света оказывает выраженное стимулирующее влияние на биохимические процессы в растениях, которое проявляется в увеличении содержания биологически ценных соединений в плодах. Наибольший прирост аскорбиновой кислоты отмечен у огурца (+23 %), тогда как у томата максимальное увеличение зафиксировано по содержанию каротиноидов (+27 %).

1. Показано, что использование синего спектра для огурца и красного спектра для томата является физиологически обоснованным и наиболее эффективным приёмом повышения функциональной ценности плодов. При этом уровень антиоксидантной активности увеличился у огурца и томата в сопоставимых пределах и составил 25–26 %, что свидетельствует о универсальности эффекта спектрального воздействия.

2. Отмечено увеличение урожайности и средней массы плодов в пределах 14–21 % без смещения сроков созревания, что указывает на отсутствие негативного воздействия на темпы онтогенеза. Полученные результаты свидетельствуют о комплексном стимулирующем влиянии технологии на рост, развитие и формирование товарных качеств овощных культур.

3. Выявлено, что в целом технология спектральной модификации солнечного света с использованием светопреобразующих пленок показала себя как экологически безопасный и технологически перспективный инструмент для тепличного овощеводства Республики Казахстан. Конец формы

#### References

Abdullaev K.A., Sadykov T.S. (2018) *Ecologicheskii orientirovannyye tekhnologii v plodovodstve* [Ecologically oriented technologies in fruit growing]. Agrouniversity, 214. (in Russ.).

Bian Z., Yang Q., Liu W. (2015) Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14:3. – P. 414-428. DOI: 10.1002/jsfa.6789 (in Eng.).

Carvalho S.D., Folta K.M. (2014) Environmentally modified organisms – expanding genetic potential with light. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33:6. – P. 486-508. DOI: 10.1080/07352689.2014.923800 (in Eng.).

He J., Qin L., Chong E.L.C., Choong T.W., Lee S.K. (2018) Plant growth and bioactive compounds affected by light spectral quality. *Journal of Plant Physiology*, 227. – P. 64-72. DOI: 10.1016/j.jplph.2018.05.006 (in Eng.).

Hernández R., Kubota C. (2016) Physiological responses of plants to light quality under controlled environments. *Scientia Horticulturae*, 198. – P. 268-279. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.02.013 (in Eng.).

Ismagulova A.T., Nurmanov E.E., Kenzhebaev B.K. (2021) Antioksidantnaya aktivnost' plodoovoshchnykh kul'tur pri modifitsirovannom osveshchenii [Antioxidant activity of fruit and vegetable crops under modified lighting]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Biological Series*, 3. – P. 32-40. (in Russ.).

Jenkins G.I. (2014) The UV-B photoreceptor UVR8: from structure to physiology. *The Plant Cell*, 26:1. – P. 21-37. DOI: 10.1105/tpc.113.119446 (in Eng.).

Karagusov Zh.K., et al. (2020) Regulyatsiya nakopleniya fitokhimicheskikh soyedineniy rasteniy putom izmeneniya spektra izlucheniya [Regulation of the accumulation of phytochemical compounds in plants by changing the radiation spectrum]. *Agro-Industrial Complex of Kazakhstan*, 1. – P. 25-31. (in Russ.).

Karagusov Zh.K., Sagyndykov A.S., Imanbaev A.K. (2019) Vliyaniye spektral'nogo sostava sveta na biokhimicheskiye protsessy rasteniy [The influence of the spectral composition of light on the biochemical processes of plants]. *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*, 4:45-52 (in Russ.).

Koyama R., Goto-Yamamoto N., Hashizume K. (2014) Light quality affects flavonoid biosynthesis in fruit crops. *Horticultural Research*, 1. – P. 1-8. DOI: 10.1038/hortres.2014.15 (in Eng.).

Koyama R., Itoh H., Kimura S., Morioka Y., Niimi Y. (2012) Effects of light quality on anthocyanin accumulation in strawberry fruits. *Environmental Control in Biology*, 50:1. – P. 37-41. DOI: 10.2525/ecb.50.37 (in Eng.).

Martínez-Lüscher J., Brillante L., Kurtural S.K. (2019) Spectral light distribution impacts berry development and composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70:4. – P. 1-10. DOI: 10.5344/ajev.2019.18043 (in Eng.).

Martínez-Lüscher J., Sánchez-Díaz M., Delrot S., Aguirreolea J., Gomès E. (2017) Pascual I. Ultraviolet-B radiation and flavonol accumulation in grapevine berries. *Plant Science*, 264. – P. 86-94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2017.07.001 (in Eng.).

Nurmanov E.E., Ismagulova A.T., Kenzhebaev B.K. (2020) Vliyaniye svetopreobrazuyushchikh plonok na biokhimicheskiy sostav plodov yabloni [The influence of light-converting films on the biochemical composition of apple fruits]. *Scientific Works of KazNAIU*, 2. – P. 88-95. (in Russ.).

Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. (2015) *Plant Physiology and Development*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 761 (in Eng.).

Tsormpatsidis E., Henbest R.G.C., Battey N.H., Hadley P. (2011) Spectral manipulation of light affects plant growth and development. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 86:4. – P. 329-336. DOI: 10.1080/14620316.2011.11512744 (in Eng.).

Zoratti L., Karpainen K., Escobar A.L., Häggman H., Jaakola L. (2014) Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits. *Frontiers in Plant Science*. 5. – P. 534. DOI: 10.3389/fpls.2014.00534 (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.