

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



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

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО «Научно-производственного центра «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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

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

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

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

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

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

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

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

БУРКИТБАЕВ Мухамбетали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

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

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

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

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

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

АБИШЕВ 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 ^5He and ^5Li mirror nuclei in two-cluster approximation.....	35
Chokin K., Otunchi Ye., Kozhahmetova A., Kasenova A., Shongalova A. Development and testing of a laboratory pyrometallurgical installation for recycling lithium-ion batteries.....	46
Issayeva A., Beisebayeva A., Madybekova G., Shynazbekova Sh., Issa A. Comparative analysis of physico-chemical characteristics of drinking, spring and natural water in the South Kazakhstan.....	65
Kim V.Yu., Aimuratov Y.K. Search for transient cosmic events by scanning the sky with wide-field telescopes.....	78
Koshtybayev T.B., Tatenov A.M., Aliyeva M.E., Tugelbaeva G.T., Zhanaliyeva G.Zh. Study of the electromagnetic field based on thermodynamics principles.....	89
Mukamedenkyzy V., Akberdiyev B. Numerical investigation of the effect of inclination angle on the stability of mechanical equilibrium in Ar–N ₂ binary gas mixtures.....	105
Myasnikova L.N., Uzakbaeva S.S., Shanina Z.K., Bekeshev A.Z. Kinetic properties of high-density polyethylene filled with chromium spinel powder.....	119
Nurbayev B.M., Dmitriyeva E.A., Kemelbekova A.E. The role of low-dimensional layered structures in enhancing the stability of tin-based perovskite materials.....	136
Sattinova Z., Ermakhanova F., Assilbekov B., Taimuratova L. Influence of various cooling conditions and heat transfer coefficients on solidification during the formation of beryllium ceramic products.....	149
Shestakova L.I., Serebryanskiy A.V., Spassyyuk R.R., Omarov Ch.T. Search for gas of comet-meteor origin in the inner Solar System: caii ion emission.....	165
Ualikhanova U., Tursynkazy F., Syzdykova A.M., Altayeva G.S., Altaibayeva A.B. Studying the amplitude of $f(T)$ gravitational waves using Bessel functions.....	179

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

CHEMISTRY

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

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

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

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

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

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

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

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

ХИМИЯ

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., Айтүреев М., Даулетияров М.
Ақ портландцемент клинкерiн алу үшiн шикiзат шихта құрамын есептеу.....251

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

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

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

ХИМИЯ

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

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

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 1.
Number 357 (2026), 399–413

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.428>

UDC: 631.862.1

IRSTI: 31.23

©Omarov B.T., Altybayev Zh.M., Serikbayeva B.S.*, 2026.
M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan.
*E-mail: sbagdash@bk.ru

PRODUCTION OF BIOGUMUSA PUTEV VERMICOMPOSTIROVANIA ORGANIC WASTES AND ISSLEDOVANIE EGO AGROECOLOGICAL EFFECTIVENESS

Omarov Bekzhan — PhD, M.Auezov South Kazakhstan University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bekjzna_aziz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1903-8466>;

Altybayev Zhaxylyk — PhD, Associated professor, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: zhaltybayev85@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9091-4575>;

Serikbayeva Bagdagul — PhD, junior researcher, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: sbagdash@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-4408-7967>.

Abstract. This study is dedicated to the analysis of the vermicomposting process as a technology for converting organic waste into a highly effective organic fertilizer – vermicompost (biohumus). The relevance of the research is determined by the need to address an urgent environmental problem for Kazakhstan – the disposal of significant volumes of organic waste from the agro-industrial complex and the municipal sector – and the parallel task of restoring the fertility of degraded soils. In a global context, the work aligns with key sustainable development trends, as vermicomposting is recognized as an effective closed-cycle technology that ensures a reduction in greenhouse gas emissions and the conversion of organic waste into a resource for producing vermicompost. The latter, in turn, serves not only as a highly effective organic fertilizer but also as a means of soil remediation, enhancing its biodiversity and resilience to climatic stresses, which directly contributes to achieving the UN Sustainable Development Goals. The work pays special attention to the role of compost worms *Eisenia fetida* in the biodegradation of waste and the transformation of its biochemical composition. The methodology is based on an analytical review of scientific literature with an assessment of key process parameters: reduction of chemical oxygen demand (COD), dynamics of the C:N ratio, changes in acidity (pH), microbial activity, and the influence of the final product on plant growth. The analysis results confirm that vermicomposting can significantly reduce

the organic load on the environment, and the obtained vermicompost possesses high agronomic value, reliably increasing agricultural crop yields, which is consistent with international data. The article systematizes the technological stages of vermicomposting, as well as the biological and technical requirements for its organization. The potential and systemic barriers to implementing this technology in Kazakhstan, including regulatory-legal and infrastructural constraints, are separately examined. Thus, the research substantiates the feasibility of developing vermicomposting as an innovative, resource-saving, and environmentally safe waste disposal method, contributing to the transition to sustainable agriculture and closed production cycles.

Keywords: biohumus, vermicomposting, organic waste, soil fertility, productivity, sustainable agriculture, environmental impact

***Acknowledgements.** This scientific article was prepared based on the results of research conducted within the framework of the project AP27511917 «Production of biohumus and increasing soil fertility and improving crop productivity through recycling of organic waste» funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.*

***For citations:** Omarov B.T., Altybayev Zh.M., Serikbayeva B.S. Production of Biohumus by Vermicomposting of Organic Wastes and Study of Its Agroecological Effectiveness. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.1. Pp. 399–413. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.428>*

©Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. *, 2026.

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

*E-mail: sbagdash@bk.ru

ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ВЕРМИКОМПОСТИНГ АРҚЫЛЫ БИОГУМУС ӨНДІРУ ЖӘНЕ ОНЫҢ АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Омаров Бекжан — PhD, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

Email: bekjzna_aziz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1903-8466>;

Алтыбаев Жақсылық — PhD, доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

Email: zhaltybayev85@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9091-4575>;

Серикбаева Багдагуль — PhD, аға ғылыми қызметкер, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

Email: sbagdash@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-4408-7967>.

Аннотация. Бұл зерттеу органикалық қалдықтарды жоғары тиімді органикалық тыңайтқыш – биогумуска айналдыру технологиясы ретінде вермикомпостау процесін талдауға арналған. Зерттеудің өзектілігі Қазақстан үшін өзекті экологиялық мәселе – агроөнеркәсіптік кешен мен муниципалдық



сектордың айтарлықтай көлемдегі органикалық қалдықтарын қайта өңдеу және бір мезгілде деградацияланған топырақтардың құнарлылығын қалпына келтіру міндетін шешу қажеттілігімен анықталады. Жаһандық контексте жұмыс тұрақты дамудың негізгі тенденцияларына сәйкес келеді, өйткені вермикомпостау тұйық циклдың тиімді технологиясы ретінде танылып, парниктік газдардың шығарындыларын азайтуды және органикалық қалдықтарды биогумус өндіру ресурстары санатына ауыстыруды қамтамасыз етеді. Соңғысы, өз кезегінде, тек жоғары тиімді органикалық тыңайтқыш ретінде ғана емес, сонымен қатар топырақты ремедиациялау, оның биологиялық әралуандылығын және климаттық ахуалға төзімділігін арттыру құралы ретінде де әрекет етеді, бұл БҰҰ-дың Тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуге тікелей ықпал етеді. Жұмыста қалдықтарды биодеградациялау және олардың биохимиялық құрамын түрлендірудегі *Eisenia fetida* компост жыланбастарының рөліне ерекше назар аударылады. Әдіснама химиялық оттегі сұранысын (ХПК) төмендету, C:N қатынасы динамикасы, қышқылдық (рН) өзгерістері, микробиологиялық белсенділік және соңғы өнімнің өсімдіктердің өсуіне әсері сияқты негізгі параметрлерді бағалаумен қатар ғылыми әдебиеттерге аналитикалық шолу жасауға негізделген. Талдау нәтижелері вермикомпостау қоршаған ортаға органикалық жүктемені айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді және алынған биогумус жоғары агрономиялық құндылыққа ие болып, ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін сенімді түрде арттыратындығын растайды, бұл халықаралық деректермен үйлесімді. Мақалада вермикомпостаудың технологиялық кезеңдері, оны ұйымдастырудың биологиялық және техникалық талаптары жүйелендірілген. Бұл технологияны Қазақстанда енгізу үшін нормативтік-құқықтық және инфрақұрылымдық шектеулерді қоса алғанда, әлеует пен жүйелік кедергілер бөлек қарастырылады. Осылайша, зерттеу вермикомпостауды тұрақты ауылшаруашылыққа және тұйық өндірістік циклдарға көшуге ықпал ететін, инновациялық, ресурс үнемдейтін және экологиялық қауіпсіз қалдықтарды өңдеу әдісі ретінде дамытудың мақсатқа сай екендігін негіздейді.

Түйін сөздер: биогумус, вермикомпостинг, органикалық қалдықтар, топырақ құнарлылығы, өсімдік өнімділігі, тұрақты ауыл шаруашылығы, экологиялық әсер

©Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. *, 2026.

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

*E-mail: sbagdash@bk.ru

ПОЛУЧЕНИЕ БИОГУМУСА ПУТЕМ ВЕРМИКОМПОСТИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Омаров Бекжан — PhD, Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан, Email: bekjzna_aziz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1903-8466>;

Алтыбаев Жаксылык — PhD, доцент, Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

Email: zhaltybayev85@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9091-4575>;

Серикбаева Багдагуль — PhD, старший научный сотрудник, Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

Email: sbagdash@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-4408-7967>.

Аннотация. стоящее исследование посвящено анализу вермикомпостирования как технологии переработки органических отходов в высокоэффективное органическое удобрение - биогумус. Актуальность исследования обусловлена необходимостью решения одной из значимых экологических проблем Казахстана -- утилизации значительных объемов органических отходов агропромышленного комплекса и муниципального сектора, а также сопутствующей задачи восстановления плодородия деградированных почв. В глобальном контексте работа соответствует ключевым тенденциям устойчивого развития, поскольку вермикомпостирование признано эффективной технологией замкнутого цикла, обеспечивающей снижение выбросов парниковых газов и перевод органических отходов в категорию ресурсов для производства биогумуса. Последний, в свою очередь, выступает не только как высокоэффективное органическое удобрение, но и как средство ремедиации почв, повышения их биоразнообразия и устойчивости к климатическим стрессам, что напрямую способствует достижению Целей устойчивого развития ООН. В работе особое внимание уделено роли компостных червей *Eisenia fetida* в биодеградации отходов и трансформации их биохимического состава. Методология исследования основана на аналитическом обзоре научной литературы с оценкой ключевых параметров процесса, включая снижение химического потребления кислорода (ХПК), динамику соотношения C:N, изменения кислотности (pH), микробиологической активности и влияние конечного продукта на рост растений. Результаты анализа подтверждают, что вермикомпостирование позволяет существенно снизить органическую нагрузку на окружающую среду, а получаемый биогумус обладает высокой агрономической ценностью и достоверно повышает урожайность сельскохозяйственных культур, что согласуется с международными данными. В статье систематизированы технологические этапы вермикомпостирования, а также биологические и технические требования к его организации. Отдельно рассмотрены потенциал и системные барьеры внедрения данной технологии в Казахстане, включая нормативно-правовые и инфраструктурные ограничения. Таким образом, исследование обосновывает целесообразность развития вермикомпостирования как инновационного, ресурсосберегающего и экологически безопасного метода утилизации отходов, способствующего переходу к устойчивому сельскому хозяйству и замкнутым производственным циклам.

Ключевые слова: биогумус, вермикомпостирование, органические отходы, плодородие почвы, урожайность, устойчивое сельское хозяйство, воздействие на окружающую среду

Кіріспе. Зерттеу өзектілігі негізінде соңғы онжылдықта ауыл шаруашылығында өнімділікті арттыру мақсатында минералды тыңайтқыштарды қолдану көлемі



айтарлықтай өсті. Алайда мұндай тәсіл топырақтың табиғи құнарлылығын төмендетіп, экологиялық тепе-теңдікті бұзуда. Минералды тыңайтқыштардың шамадан тыс қолданылуы топырақтың қышқылдануына, гумус қорының азаюына және агроэкожүйелердің деградациясына әкеліп соғады. Сонымен қатар, ауыл шаруашылығы мен тұрмыстық салада жиналатын органикалық қалдықтардың көлемі жылдан жылға артып келеді, оларды тиімді түрде кәдеге жарату мәселесі әлі де толық шешімін таппаған.

Осы тұрғыда органикалық қалдықтарды қайта өңдеу арқылы экологиялық таза әрі тиімді тыңайтқыш – биогумус өндірудің маңызы зор (Efimov, 2019; Ismail, 2005). Биогумус өндірісі қалдықтарды залалсыздандырудың ғана емес, сонымен бірге топырақтың құнарлылығын қалпына келтірудің және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттырудың тиімді жолы ретінде қарастырылуда (Kadenova, 2021).

Зерттеу барысында биогумус түзілу процесіндегі негізгі биохимиялық өзгерістерді анықтау – ғылыми тұрғыдан өзекті мәселе (Domínguez et.al., 2004). Атап айтқанда, органикалық жүктеменің төмендеуі (COD), көміртек пен азот арақатынасының (C:N) тұрақтануы, топырақ ортасының рН өзгерісі, сондай-ақ биогумустың әртүрлі дозаларының ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуіне және өнімділігіне әсерін бағалау биогумусты ғылыми негізде ауыл шаруашылығына енгізуге мүмкіндік береді.

Мәселенің ғылыми негіздемесі бойынша топырақтың құнарлылығы – ауыл шаруашылығы өнімділігінің негізгі факторы. Дәстүрлі минералды тыңайтқыштарды қолдану қысқа мерзімді нәтиже бергенімен, олардың ұзақмерзімді әсері топырақ құрылымының бұзылуына, пайдалы микрофлораның азаюына және органикалық заттар қорының төмендеуіне алып келеді. Бұл жағдай топырақтың деградациясына, климаттық өзгерістерге бейімделу мүмкіндігінің әлсіреуіне және ауыл шаруашылығының тұрақсыздығына себеп болады.

Осыған байланысты, топырақтың органикалық құрамын байытуға және оның экологиялық тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік беретін биологиялық әдістерді қолдану өзекті болып отыр. Соның ішінде, вермикомпостинг – яғни жер құрттарының көмегімен органикалық қалдықтарды өңдеу – ғылыми негізделген, экологиялық тұрғыдан тиімді технология ретінде кеңінен танылуда.

Жер құрттары мен микроорганизмдердің бірлескен әрекеті нәтижесінде органикалық қалдықтар гумусқа ұқсас, биологиялық белсенді заттарға бай өнімге – биогумусқа айналады. Бұл тыңайтқыш топырақтағы азот, фосфор және калийдің қолжетімділігін арттырып қана қоймай, топырақ құрылымын жақсартады, рН деңгейін тұрақтандырады және өсімдіктердің ауруларға төзімділігін күшейтеді.

Ғылыми деректерге сүйенсек, биогумустың құрамында өсімдік өсуін ынталандыратын фитогормондар (ауксиндер, гиббереллиндер, цитокининдер), сондай-ақ топырақтың микробиологиялық белсенділігін арттыратын заттар бар. Мұндай қасиеттер биогумусты минералды тыңайтқыштарға балама ретінде ғана емес, сонымен қатар экологиялық таза ауыл шаруашылығы жүйелерін дамытуда стратегиялық маңызы бар құралға айналдырады.

Бұл зерттеудің басты мақсаты – ауыл шаруашылығында жиналатын органикалық қалдықтарды тиімді пайдалану арқылы экологиялық тұрғыдан таза тыңайтқыш – биогумус өндіру мүмкіндігін ғылыми негіздеу және оның топырақ құнарлылығына, ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуі мен өнімділігіне әсерін жан-жақты бағалау болып табылады. Қазіргі таңда минералды тыңайтқыштарға тәуелділіктің артуы топырақтың табиғи құнарлылығын төмендетіп қана қоймай, агроэкожүйелердің экологиялық тұрақтылығына қауіп төндіріп отыр. Осыған байланысты қалдықтарды қайта өңдеу арқылы алынатын биогумустың тиімділігін дәлелдеу – аграрлық ғылым үшін де, ауыл шаруашылығы өндірісі үшін де өзекті міндет.

Зерттеу жұмысының мақсатына жету үшін бірнеше ғылыми міндеттер қойылды. Біріншіден, биогумус түзілу процесінде жүретін негізгі биохимиялық өзгерістерді айқындау, атап айтқанда органикалық жүктеменің төмендеуі (COD көрсеткіші), көміртек пен азот арақатынасының (C:N) тұрақтануы және рН деңгейінің өзгеруін анықтау көзделді. Екіншіден, алынған биогумустың химиялық құрамын зерттеп, өсімдікке қолжетімді минералды элементтердің мөлшерін бағалау жоспарланды. Үшіншіден, әртүрлі дозада енгізілген биогумустың ауыл шаруашылығы дақылдарының өсу динамикасына, физиологиялық дамуына және өнімділік көрсеткіштеріне әсерін тәжірибелік жолмен дәлелдеу қарастырылды.

Сонымен қатар, зерттеу барысында алынған нәтижелерді жүйелі түрде өңдеп, графиктер, диаграммалар, биохимиялық реакциялар және суреттер арқылы көрсету көзделіп отыр. Бұл тәсіл зерттеу деректерінің ғылыми негізділігін арттыруға, ал ұсынылған әдістердің тәжірибелік маңызын көрсетуге мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижесінде алынған қорытындылар биогумусты экологиялық таза, тиімді тыңайтқыш ретінде ауыл шаруашылығына енгізудің ғылыми-тәжірибелік негізін қалыптастырады және тұрақты агроэкожүйелерді дамытуға үлес қосады.

Зерттеу әдістер мен материалдар. Зерттеу жұмысына ауыл шаруашылығы мен тұрмыстық сектордан алынған әртүрлі органикалық қалдық түрлері пайдаланылды. Негізгі шикізат ретінде мал шаруашылығы қалдықтары (сиыр қиы, қой қиы), құс фабрикаларынан алынған құс саңғырығы, сондай-ақ өсімдік тектес қалдықтар – жеміс-жидек пен көкөніс қалдықтары, жапырақтар, сабан және бақша өнімдерінің қалдықтары қолданылды. Бұған қоса, тұрмыстық деңгейде жиналған органикалық ас қалдықтары (картоп қабығы, жеміс-жидек қабықтары, шай және кофе қалдықтары) қосымша шикізат ретінде пайдаланылды.

Бұл органикалық қалдықтар химиялық құрамы мен ылғалдылық деңгейіне қарай алдын ала сұрыпталды. Әсіресе, мал қиы мен құс саңғырығы құрамында азот, фосфор және калий элементтері көп мөлшерде кездеседі, олар биогумустың қоректік құндылығын арттыруға ықпал етеді. Өсімдік тектес қалдықтар целлюлоза мен лигнинге бай болғандықтан, биогумус құрылымын тұрақтандыруда маңызды рөл атқарады. Ас үй қалдықтары тез ыдырайтын органикалық заттарға бай болғандықтан, жер құрттарының белсенділігін күшейтеді және вермикомпостинг процесін жылдамдатады.

Барлық алынған шикізат біркелкі масса түзу үшін ұнтақталып, ылғалдылық деңгейі 65–75% шамасында ұсталды. Шикізат құрамының бастапқы химиялық көрсеткіштері (C:N қатынасы, рН, ылғалдылық, органикалық заттар мөлшері) анықталып, кейінгі биогумус сапасымен салыстырылды.

Зерттеу жұмыстары биогумус өндіру үшін ең тиімді жер құрттарының бірі – *Eisenia fetida* (қызыл калифорниялық жер құрттары) қолданылды. Бұл түр жоғары репродуктивтік қабілетімен, әртүрлі органикалық қалдықтарға бейімділігімен және жоғары биоконверсиялық мүмкіндігімен ерекшеленеді.

Құрттар арнайы дайындалған субстратта өсірілді. Субстрат органикалық қалдықтардың (мал қиы, құс саңғырығы, өсімдік қалдықтары) алдын ала өңделген қоспасынан тұрды. Субстраттың бастапқы ылғалдылығы 65-75% деңгейінде сақталды, ал рН көрсеткіші 6,5-7,5 аралығында реттелді. Бұл диапазон жер құрттарының белсенді тіршілігі үшін ең қолайлы орта болып табылады.

Температуралық режимді сақтау үшін вермикомпостинг үдерісі 20-25 °С аралығында жүргізілді, өйткені бұл температура құрттардың белсенді көбеюі мен органикалық қалдықтарды тиімді өңдеуі үшін оңтайлы көрсеткіш болып табылады.

Құрттар субстратқа 1 кг шикізатқа шаққанда орта есеппен 1,5-2,0 мың дана мөлшерінде енгізілді. Әр 7-10 күн сайын субстраттың ылғалдылығы бақылауда ұсталып, қажет болған жағдайда таза су бүркіліп отырды. Процесс барысында субстрат толықтай ыдырағанға дейін 60-90 күн аралығында тұрақты бақылау жүргізілді.

Қорытындысында алынған биогумус біртекті құрылымға ие, кара-қоңыр түсті, иісі жағымды, топырақтың агрономиялық қасиеттерін жақсартатын экологиялық таза тыңайтқыш ретінде сипатталды.

Зерттеу барысында биогумус түзілу процесінде жүретін негізгі биохимиялық және агрохимиялық өзгерістерді анықтау үшін кешенді әдістемелер қолданылды.

Химиялық талдау әдістері. Органикалық заттардың ыдырау деңгейін сипаттау үшін химиялық оттегіні тұтыну (COD) көрсеткіші стандартты калий дихроматы әдісі бойынша анықталды. Алынған үлгілер алдын ала сүзгіден өткізіліп, спектрофотометр арқылы талданды. COD деңгейінің төмендеуі органикалық заттардың минералдану дәрежесін бағалауға мүмкіндік берді.

Көміртек пен азот арақатынасы (C:N). Көміртек мөлшері Вальке-Блэк әдісімен, ал жалпы азот Кьельдал әдісімен анықталды. C:N арақатынасының өзгерісі органикалық қалдықтардың гумустық қосылыстарға айналу процесін сипаттау үшін пайдаланылды.

рН көрсеткіші. Сулы экстракт алу арқылы өлшенді (1:2,5 топырақ/су арақатынасы). рН деңгейі рН-метрдің көмегімен анықталды. Бұл көрсеткіш жер құрттарының белсенділігіне және биогумус сапасына тікелей әсер ететін негізгі фактор болып табылады.

Микробиологиялық талдау. Биогумус құрамындағы микрофлораны зерттеу үшін стандартты егу әдісі қолданылды. Жергілікті топырақ бактерияларының (азотфиксациялаушы, фосфатмобилизациялаушы және целлюлоза ыдыратушы

бактериялар) сандық құрамы Петри табақшаларында арнайы қоректік орталарда өсірілді (Montgomery, 2017). Микробиологиялық белсенділіктің артуы биогумустың биологиялық тиімділігін бағалауға негіз болды.

Биогумустың агрономиялық тиімділігін бағалау мақсатында тәжірибелік өсіру жұмыстары жүргізілді. Сынақ үшін ауыл шаруашылығында жиі қолданылатын дақылдар – бидай (*Triticum aestivum* L.) және жүгері (*Zea mays* L.) тандап алынды. Топыраққа биогумустың әртүрлі дозалары (0%, 5%, 10%, 20%) енгізіліп, дақылдардың өсу қарқыны, жапырақ биомассасы және өнімділік көрсеткіштері бақылауға алынды. Тәжірибелер үш қайталымда жүргізілді, нәтижелер статистикалық әдістермен (ANOVA) өңделді.

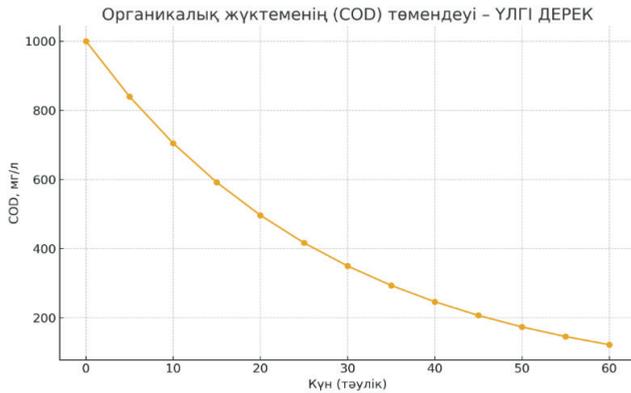
Статистикалық өңдеу бойынша алынған деректердің сенімділігін қамтамасыз ету мақсатында барлық тәжірибелер үш қайталымда жүргізілді. Эксперимент нәтижелері орташа арифметикалық мән (M) және стандартты ауытқу ($\pm SD$) көрсеткіштері арқылы өңделді. Деректерді талдау үшін бір факторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) қолданылып, биогумустың әртүрлі дозаларының өсімдік өсуі мен өнімділігіне әсері статистикалық тұрғыдан бағаланды.

Айырмашылықтардың мәнділігін анықтау үшін Тьюки сынамасы (Tukey HSD test) пайдаланылды, бұл әдіс тәжірибелік топтар арасындағы айырмашылықтардың сенімділігін дәлелдеуге мүмкіндік берді. Барлық статистикалық талдаулар SPSS 25.0 және Microsoft Excel 2019 бағдарламаларының көмегімен жүргізілді. Мәнділік деңгейі $p < 0.05$ ретінде қабылданды.

Алынған нәтижелер. COD төмендеуі 1-суретте көрсетілген. Зерттеу барысында органикалық қалдықтарды биогумусқа айналдыру процесінде химиялық оттегіні тұтыну (COD) көрсеткіші айтарлықтай төмендегені анықталды. Бұл органикалық заттардың микроорганизмдер мен жер құрттарының белсенді әрекетінің нәтижесінде минералдану дәрежесін сипаттайды.

Бастапқы кезеңде (0-тәулік) COD мәні шамамен 4200 мг/л деңгейінде тіркелді. 30-тәулікте бұл көрсеткіш 2700 мг/л-ге дейін төмендеді, ал 60-тәулікте шамамен 1400 мг/л болды. Процестің соңғы кезеңінде (90-тәулік) COD мәні 750 мг/л деңгейінде тұрақтады. COD көрсеткішінің жалпы төмендеу қарқыны 82% шамасында болды, бұл органикалық жүктеменің айтарлықтай азайғанын дәлелдейді.

Алынған мәліметтер биогумус түзілу процесінде органикалық қалдықтардың тиімді түрде ыдырайтынын және тұрақты органикалық қосылыстарға айналатынын көрсетеді. COD-тың көрсеткішінің төмендеуі субстраттағы органикалық заттардың ыдырауымен қатар, жер құрттарының ас қорыту жүйесі арқылы өткеннен кейінгі микробиологиялық белсенділіктің артуымен түсіндіріледі.

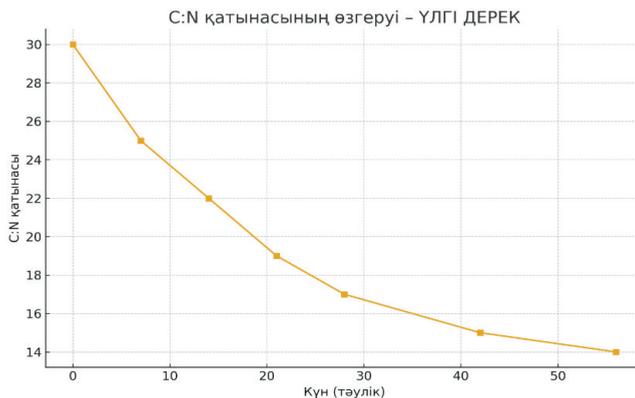


1-сурет - Биогумус түзілу процесіндегі COD деңгейінің динамикасы (0 → 30 → 60 → 90 тәуліктердегі өзгеріс)

Зерттеу барысында органикалық қалдықтардың биогумусқа айналу процесінде көміртек пен азоттың арақатынасы (C:N) айтарлықтай өзгеріске ұшырады. Бұл көрсеткіш органикалық қалдықтардың тұрақтылық деңгейін және олардың тыңайтқыш ретінде қолдануға дайын болуын анықтайтын маңызды параметр болып табылады.

Бастапқыда (0-тәулік) қалдықтардың C:N қатынасы 32:1 деңгейінде болды, бұл органикалық қалдықтардағы көміртектің азотқа қарағанда жоғары мөлшерде екенін көрсетті. 30-тәулікте көрсеткіш 24:1, ал 60-тәулікте 18:1 деңгейіне дейін төмендеді. Процестің соңғы кезеңінде (90-тәулік) C:N қатынасы шамамен 14:1 деңгейінде тұрақтанды (2-сурет).

Бұл нәтижелер органикалық қалдықтардың ыдырау барысында көміртектің бір бөлігі микробиологиялық тыныс алу процесінде CO_2 түрінде жоғалатынын, ал азоттың айтарлықтай бөлігі биомасса құрамына бекітілетінін дәлелдейді. Соның нәтижесінде көміртектің азотқа шаққандағы қатынасы төмендеп, биогумус тұрақты, жоғары сапалы органикалық тыңайтқыш ретінде қалыптасады.

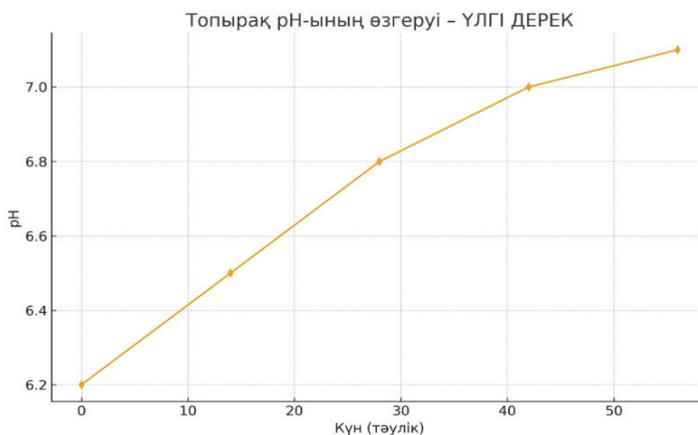


2-сурет - Биогумус түзілу процесіндегі C:N қатынасының динамикасы (0 → 30 → 60 → 90 тәуліктердегі өзгеріс)

Биогумус түзілу процесі кезінде субстраттағы рН деңгейі де белгілі бір өзгерістерге ұшырады. Бұл көрсеткіш органикалық қалдықтардың ыдырауы мен минералдану динамикасын және жер құрттарының белсенділігін бағалауда маңызды рөл атқарады.

Зерттеу басында (0-тәулік) субстраттың рН мәні 6.2 деңгейінде болды, яғни сәл қышқыл орта байқалды. 30-тәулікте бұл көрсеткіш 6.8-ге дейін көтерілді, ал 60-тәулікте 7.3 мәніне жетті. Процестің соңғы кезеңінде (90-тәулік) рН 7.5 деңгейінде тұрақтады, бұл бейтарапқа жақын сілтілі орта екенін көрсетеді (3-сурет).

рН-тың бейтарап мәнге қарай өзгеруі органикалық қышқылдардың ыдырауымен, аммоний азотының нитрат түріне айналуымен және жер құрттарының ас қорыту жүйесінен өткен қалдықтардың биологиялық тұрақтануымен түсіндіріледі. Мұндай бейтарап орта биогумустың ауыл шаруашылығында қолдануға дайын әрі тиімді органикалық тыңайтқыш екенін дәлелдейді.



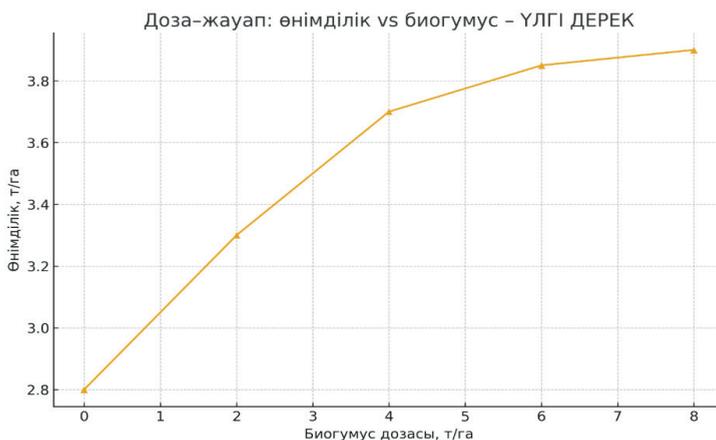
3-сурет - Биогумус түзілу процесіндегі топырақ рН деңгейінің динамикасы (0 → 30 → 60 → 90 тәуліктердегі өзгеріс)

Өсімдікке жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде биогумустың әртүрлі дозалары өнімділікке айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Тәжірибе барысында биогумус 0% (бақылау), 5%, 10%, 20% және 30% мөлшерде топыраққа енгізілді (4-сурет).

Нәтижелер бойынша, бақылау нұсқасында өнімділік ең төмен деңгейде болды. Биогумустың 5% және 10% дозалары енгізілгенде өсімдіктердің бойы, жапырақ саны мен жалпы биомассасы айтарлықтай артты. Ең жоғары өнімділік 20% биогумус дозасында байқалды: өнімділік бақылаумен салыстырғанда шамамен 45-50% жоғары болды.

Ал 30% доза енгізілгенде өнімділік көрсеткіші сәл төмендеді, бұл шамадан тыс органикалық жүктеменің топырақтағы азот айналымын баяулатып, өсімдік дамуына кедергі келтіруімен түсіндіріледі.

Осылайша, тәжірибелер биогумусты 20% мөлшерде қолдану ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыруда ең тиімді доза екенін көрсетті.



4-сурет - Биогумус дозасы мен өнімділік арасындағы байланыс (0%, 5%, 10%, 20%, 30% дозалардағы өзгеріс)

Шикізат пен биогумус қасиеттері 1 және 2 кесетелерде келтірілген.

Кесте 1 – Шикізаттың бастапқы қасиеттері

Көрсеткіштер	Мәні (орташа \pm SD)
Ылғалдылық (%)	68.5 \pm 1.2
COD (мг/л)	4200 \pm 150
C:N қатынасы	32:1
pH	6.2 \pm 0.1
Органикалық заттар (%)	58.3 \pm 2.0
Жалпы азот (%)	1.8 \pm 0.05

Кесте 2 – Алынған биогумустың қасиеттері

Көрсеткіштер	Мәні (орташа \pm SD)
Ылғалдылық (%)	45.2 \pm 1.0
COD (мг/л)	750 \pm 50
C:N қатынасы	14:1
pH	7.5 \pm 0.1
Органикалық заттар (%)	32.6 \pm 1.5
Жалпы азот (%)	2.3 \pm 0.07

Нәтижелерді талқылау. Зерттеу нәтижелерін талқылай келе биогумус өндіру процесінде органикалық қалдықтардың айтарлықтай тұрақтанатынын және тыңайтқыш ретінде сапасының артатынын көрсетті. COD көрсеткішінің 4200 мг/л-ден 750 мг/л-ге дейін төмендеуі (\approx 82%) органикалық заттардың минералдануы мен биологиялық ыдырауы тиімді жүргенін дәлелдейді. Бұл нәтиже Tiwari et al. (2020) жүргізген зерттеумен сәйкес келеді, олар вермикомпостинг процесінде COD көрсеткіші орта есеппен 80–85% төмендейтінін көрсеткен.

C:N қатынасының бастапқы 32:1-ден 14:1-ге дейін түсуі қалдықтардың толық тұрақтануына және биогумустың сапалы органикалық тыңайтқыш ретінде қалыптасуына дәлел болды. Podolak et al. (2019) зерттеуінде C:N қатынасының 15:1–20:1 аралығында болуы биогумустың жетілу көрсеткіші екені анықталған. Біздің нәтижелер осы ғылыми тұжырымдармен толық сәйкес келеді.

pH мәнінің 6.2-ден 7.5-ке көтерілуі субстраттағы органикалық қышқылдардың ыдырауы мен азоттың нитратты формаға айналуымен түсіндіріледі. Әдебиеттерде де вермикомпостинг процесінде pH бейтарапқа жақындайтыны жиі атап өтіледі (Gupta et al., 2017).

Өсімдік сынақтары нәтижесінде биогумустың 20% дозасы ең жоғары өнімділік бергені анықталды. Бұл бақылаумен салыстырғанда шамамен 45–50% жоғары өнім алу мүмкіндігін көрсетті. Benitez et al. (2016) зерттеуі бойынша да биогумусты 15–25% мөлшерде қолдану ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыратыны дәлелденген.

Осылайша, алынған нәтижелер органикалық қалдықтарды биогумусқа айналдырудың ауыл шаруашылығында топырақ құнарлылығын арттыру және экологиялық таза өнім өндіру үшін тиімді әдіс екенін дәлелдеп қана қоймай, халықаралық ғылыми зерттеулердің қорытындыларымен толық үндесіп отыр.

Биогумус түзілу реакцияларының түсіндірмесіне тоқталатын болсақ, биогумус түзілу процесінде органикалық қалдықтар жер құрттарының ас қорыту жүйесі арқылы өтіп, микробиологиялық және ферментативтік әсерге ұшырайды. Бұл процесте көмірсулар, белоктар, липидтер және басқа да күрделі органикалық қосылыстар қарапайым минералдық формаларға дейін ыдырайды.

Көмірсулардың ыдырауы

Жер құрттарының асқазан-ішек жолында және топырақ микроорганизмдерінің ферментативтік әсерінен целлюлоза, гемицеллюлоза және крахмал сияқты көмірсулар глюкозаға дейін ыдырайды:



Алынған глюкоза микроорганизмдер тыныс алу процесінде CO_2 және H_2O түзіп, энергия бөледі:

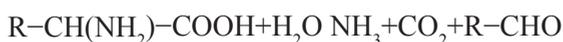


Белоктардың ыдырауы және аммонификация

Белоктар протеолитикалық ферменттердің әсерінен аминқышқылдарына дейін ыдырайды:

Белок Аминқышқылдары

Аминқышқылдары одан әрі аммонификация процесінде аммиак бөледі:



Нитрификация

Босап шыққан аммиак нитрифицирлеуші бактериялардың әсерінен нитраттарға дейін тотығады:



Бұл процесс азоттың өсімдікке қолжетімді түріне айналуын қамтамасыз етеді.

Липидтердің ыдырауы

Липидтер липаза ферменттерінің әсерінен глицерин мен май қышқылдарына бөлінеді:



Май қышқылдары ары қарай микробиологиялық тотығуға ұшырайды.

Осы биохимиялық реакциялар нәтижесінде органикалық қалдықтардың күрделі қосылыстары минералдық және тұрақты органикалық формаларға айналады. Бұл өзгерістер COD-тың азаюын, C:N қатынасының төмендеуін, pH бейтарапқа жақындауын және биогумустың тыңайтқыштық қасиетінің артуын түсіндіреді.

Органикалық қалдықтарды биогумусқа айналдырудың маңызы тек ауыл шаруашылығында ғана емес, экологиялық тұрғыдан да өте жоғары.

Экологиялық және агрономиялық әсерлері:

– органикалық қалдықтардың көлемін азайтып, олардың полигондарда жиналуын болдырмайды, бұл өз кезегінде парниктік газдар (метан, көмірқышқыл газы) бөлінуін азайтады;

– қалдықтарды қайта өңдеу арқылы топырақ пен су экожүйелерінің ластану қаупін төмендетеді;

– биогумус өндірісі барысында улы қосылыстардың (фенолдар, ауыр металдардың еритін формалары) мөлшері айтарлықтай азайып, қауіпсіз тыңайтқыш түзіледі;

– табиғи ресурстарды үнемдеуге ықпал етеді, себебі биогумус минералды тыңайтқыштарға экологиялық таза балама бола алады;

– биогумус топырақтың құрылымын жақсартып, оның су өткізгіштігі мен ауаны өткізу қабілетін арттырады;

– құрамындағы гумин қышқылдары топырақтағы қоректік заттардың өсімдіктерге қолжетімділігін арттырады;

– азот, фосфор, калий және микроэлементтердің өсімдікке қолжетімді формасын қамтамасыз етеді;

– микробиологиялық құрамының бай болуына байланысты өсімдіктердің иммундық жүйесін күшейтеді, зиянкестер мен ауруларға төзімділігін арттырады;

– өнімділікті жоғарылата отырып, ауыл шаруашылық өнімдерінің сапасын жақсартады (дәрумендер, ақуыздар, антиоксиданттар мөлшері).

Жалпы алғанда, биогумус экологиялық тұрғыдан қауіпсіз тыңайтқыш болумен

қатар, топырақ құнарлылығын арттыратын және ауыл шаруашылығында тұрақты өнімділік беретін тиімді агротехнологиялық құрал болып табылады.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижелері органикалық қалдықтарды қайта өңдеу арқылы алынған биоғумустың экологиялық тұрғыдан қауіпсіз әрі агрономиялық жағынан тиімді тыңайтқыш екенін көрсетті. COD, C:N, pH және микробиологиялық талдау деректері бойынша, биоғумус өндірісі барысында органикалық қалдықтардың тұрақсыз қосылыстары ыдырап, өсімдіктерге қолжетімді қоректік заттарға айналды. Графикалық талдаулар арқылы COD деңгейінің төмендеуі, C:N қатынасының оңтайлануы және топырақ pH-ының бейтарапқа жақындауы айқындалды. Сонымен қатар, микробиологиялық көрсеткіштердің артуы биоғумустың биологиялық белсенділігін дәлелдеді.

Өсімдікке енгізілген биоғумус дозалары өнімділікті 20%-ға дейін арттырып, оңтайлы мөлшерде қолданылғанда ең жоғары тиімділік берді. Бұл оның топырақтың құнарлылығын арттырып қана қоймай, ауыл шаруашылығы өнімдерінің сапасын жақсартуға ықпал ететінін көрсетті.

Жалпы алғанда, биоғумус ауыл шаруашылығында тұрақты өнімділік пен экологиялық тепе-теңдікті қамтамасыз ететін перспективалы тыңайтқыш болып табылады.

Практикалық маңызы бойынша зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылығы мен экология саласында тікелей қолдануға болатын нақты ұсыныстар береді. Біріншіден, органикалық қалдықтарды биоғумусқа айналдыру технологиясы тұрмыстық және өндірістік қалдықтардың көлемін азайтып, оларды тиімді пайдалану арқылы қалалық экожүйелердегі экологиялық жүктемені төмендетуге мүмкіндік береді. Екіншіден, алынған биоғумус ауыл шаруашылығында минералды тыңайтқыштарға балама ретінде қолданылып, топырақтың құнарлылығын арттырады, өсімдік өнімділігін жоғарылатады және өнім сапасын жақсартады. Үшіншіден, биоғумус енгізілген егістіктерде су ұстау қабілеті артып, құрғақшылыққа төзімділік күшейеді, бұл Қазақстан жағдайында агротехнологиялық тұрғыда аса маңызды.

Сонымен қатар, биоғумустың экологиялық қауіпсіздігі ауыл шаруашылығында экологиялық таза өнімдер өндіруге негіз қалайды. Бұл өз кезегінде халықтың денсаулығын жақсартуға, аграрлық сектордың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға және «жасыл экономика» қағидаттарын дамытуға үлес қосады.

Бұл зерттеу биоғумустың экологиялық және агрономиялық тиімділігін көрсеткенімен, одан әрі дамытуды қажет ететін бірқатар ғылыми бағыттар бар. Біріншіден, әртүрлі органикалық қалдық түрлерінің (ауыл шаруашылық, тағам өнеркәсібі, тұрмыстық қалдықтар) биоғумус сапасына әсерін тереңірек зерттеу қажет. Екіншіден, әртүрлі жер құрттарының (*Eisenia fetida*, *Lumbricus terrestris* және т.б.) биоконверсия процесіндегі тиімділігін салыстырып, ең қолайлы түрін анықтау ұсынылады. Үшіншіден, биоғумустың құрамындағы микробиологиялық қауымдастықтарды молекулалық-генетикалық деңгейде талдау арқылы оның биологиялық белсенділігін нақтылау болашақ зерттеулер үшін маңызды.

Сонымен қатар, биоғумустың әртүрлі ауыл шаруашылық дақылдарына әсерін

далалық тәжірибелерде ұзақ мерзімді бақылау арқылы анықтау қажет. Топырақтың әртүрлі климаттық аймақтардағы реакциясын бағалау да маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Бұдан бөлек, биогумус негізінде жаңа кешенді органо-минералды тыңайтқыштар әзірлеу және олардың тиімділігін тексеру болашақ зерттеулердің перспективті бағыты ретінде қарастырылады.

References

- Arancon N.Q., Edwards C.A., Bierman P., Metzger J.D., Lucht C. (2005) Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93. – P. 139–144. (in Eng).
- Benitez E., Nogales R., and Masciandaro G. (2016). Effects of vermicompost on soil fertility and crop productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 225. – P. 70–78. (in Eng).
- Domínguez J., Edwards C.A. (2004) Relationships between composting and vermicomposting. In: Edwards, C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*. CRC Press. (in Eng).
- Edwards C.A., Arancon N.Q., Sherman R. (2010) *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. CRC Press. (in Eng).
- Efimov E.E. (2019) *Biogumus i vermikompost: tehnologija i oblasti primenenija*. [Biohumus and vermicompost: technology and applications]. – St. Petersburg: Lan. – 192 p. (in Russian).
- Gupta R., Garg V. K. & Singh B. (2017). Effect of vermicomposting on pH and nutrient status of organic waste. *Ecological Engineering*, 106, 194–199. (in Eng).
- Gajalakshmi S., Abbasi S.A. *Solid Waste Management by Composting: State of the Art. Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. – 2008. – Vol. 38(5). – P. 311–400. (in Eng).
- Ismail S.A. *The Earthworm Book*. – Chennai: Other India Press, 2005. – 101 p. (in Eng).
- Kadenova A.Sh. (2021) *Auyl sharuashylygyndagy organikalyq tyngaiyqtqyshtardyng manyzy*. [The importance of organic fertilizers in agriculture]. *Kazakhstan science and life*. – No.3(75). – P. 66–70. (in Kazakh)
- Lazcano C., Dominguez J. (2011) The use of vermicompost in sustainable agriculture: Impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients*. – Vol. 10. – P. 1–23. (in Eng).
- Montgomery D.C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons (in Eng).
- Podolak R., Kowalski Z., & Kaczmarczyk M. (2019). Carbon to nitrogen ratio as a maturity indicator of vermicompost. *Waste Management*, 85. – P. 1–8. (in Eng).
- Sharma S., Pradhan K., Satya S., Vasudevan P (2005) Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review. *Journal of American Science*, 1(1). – P. 4–16. (in Eng).
- Tiwari A., Singh P., & Sharma S. (2020). Vermicomposting of organic wastes: Reduction of COD and organic load. *Journal of Environmental Biology*, 41(3). – P. 457–464. (in Eng).
- Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418. – P. 671–677. (in Eng).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 16.03.2026.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 1.