

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS

1 (353)

JANUARY – MARCH 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

МҮТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙҒҮНЧЕКОВ Жүмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Әлімхан, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония)), ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОГМАН Мохаммед, PhD, Информатика, Коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебұланқызы, техника ғылымдарының докторы, доцент, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025** ж. берген №**KZ20VPY00113741** Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

Қазіргі уақытта: *«ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимканр Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Саппаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

КЕЙЛАН Алимхан, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

ХАЙРОВА Нина, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

ОТМАН Мохамед, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

НЫСАНБАЕВА Сауле Еркебулановна, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

БИЯШЕВ Рустам Гакашевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

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/38481396>

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

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>

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ20VPU00113741**. Дата выдачи **28.02.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящая время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКРНВО МНВО РК по направлению «информационно-коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раза в год.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CHIEF EDITOR:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich, (Academic Secretary), PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

WOICIK Waldemar, Doctor of Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

SMOLARJ Andrej, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

KEILAN Alimkhan, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

KHAIROVA Nina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

OTMAN Mohamed, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

BIYASHEV Rustam Gakashevich, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

KAPALOVA Nursulu Aldazharovna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cybersecurity, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

KOVALYOV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences 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/38481396>

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

TIGHINEANU 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>

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of Physics and Mathematics

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

Certificate No. **KZ20VPY00113741** on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on **28.02.2025** by the Republican State Institution «Information Committee» of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Subject area: *information and communication technologies.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MSHE RK in the direction of «Information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 1. Number 353 (2025). 49–65

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1726.324>

MPHTИ: 28.23.29

УДК: 004.8

A.A. Aitkazina^{1*}, N.O. Zhumazhan², 2025.

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Joldasbekov Institute of Mechanics and Engineering, Almaty, Kazakhstan.

E-mail:aitkazina.aseel@gmail.com

DEVELOPMENT OF A BIOTECHNICAL SYSTEM FOR LASER TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS

Aitkazina Assel – postgraduate student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, aitkazina.aseel@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-0100-9490>;

Zhumazhan Nurdaulet – junior researcher, U. Joldasbekov Institute of Mechanics and Engineering, Almaty, Kazakhstan, nurdaulet.jj02@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0008-2153-7620>.

Abstract. This study examines the application of laser optical radiation for pre-sowing treatment of sunflower seeds to enhance their sowing qualities. Optimizing pre-sowing seed stimulation is a crucial task in agricultural production, as the quality of seed material significantly affects future yields. Various stimulation methods, including chemical, thermal, and electrophysical treatments, have their own advantages and disadvantages. Laser irradiation is one of the most promising methods, as it promotes the activation of biochemical processes in seeds without negatively affecting their structure. The study analyzes the mechanisms of laser radiation effects on oilseed crops and determines key parameters influencing germination energy and seed viability. The experimental research focused on identifying optimal laser irradiation modes that ensure maximum stimulation effect with minimal energy consumption. First-generation reproduction seeds were used in the study, and the artificial aging method was employed to obtain samples with reduced sowing qualities, enabling the selection of optimal irradiation parameters. The sowing qualities were assessed before and after laser treatment, with an additional exposure period of 6–7 days. Germination was determined using standard methods at 20–30°C, applying the “on paper” method. A full factorial experiment was conducted to identify the optimal laser irradiation parameters. A biotechnical system for sunflower seed treatment was developed, allowing adaptation of laser irradiation parameters based on seed material quality. A correlation was established between laser treatment characteristics and parameters such as germination rate,

germination energy, and plant productivity. The use of this system improves seed quality and increases sunflower yield, making laser treatment a promising technology for agricultural applications.

Keywords: laser radiation, biotechnical system, sowing qualities of seeds, management system, pre-sowing treatment.

Ә.А. Айтқазина^{1*}, Н.Ө. Жұмажан², 2025.

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Академик Ә.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail:aitkazina.aseel@gmail.com

КҮНБАҒЫС ТҰҚЫМДАРЫН ЛАЗЕРМЕН ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН БИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ДАМУ

Айтқазина Әсел Алдиярханқызы – докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, aitkazina.aseel@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-0100-9490>;

Жұмажан Нұрдаулет Өркенұлы – кіші ғылыми қызметкер, Академик Ә.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан, nurdaulet.jj02@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0008-2153-7620>.

Аннотация. Бұл жұмыста күнбағыс тұқымдарының себу сапасын арттыру мақсатында лазерлік оптикалық сәулеленуді қолдану зерттелді. Тұқымдарды себу алдындағы өндеуді оңтайландыру ауыл шаруашылығы өндірісінде маңызды міндет болып табылады, өйткені тұқымдық материалдың сапасы болашақ өнімділікке айтарлықтай әсер етеді. Ынталандырудың әртүрлі әдістерінің, соның ішінде химиялық, термиялық және электрофизикалық әсерлердің өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Лазерлік сәулелену – перспективалы әдістердің бірі, өйткені ол тұқымның құрылымына теріс әсер етпестен биохимиялық процестерді белсендіруге ықпал етеді. Зерттеу барысында майлы дақыл тұқымдарына лазерлік сәулеленудің әсер ету механизмдері қарастырылып, өну энергиясы мен өнгіштікке әсер ететін негізгі параметрлер анықталды. Эксперименттік зерттеулер лазерлік сәулеленудің оңтайлы режимдерін белгілеуге бағытталған, олар ең аз энергия шығынымен максималды ынталандыру әсерін қамтамасыз етеді. Зерттеу үшін бірінші репродукция тұқымдары қолданылды, ал жасанды қартаю әдісі сапасы төмендетілген үлгілерді алуға мүмкіндік берді, бұл оңтайлы өндеу параметрлерін таңдауға мүмкіндік берді. Себу сапасы лазерлік өндеуге дейін және кейін, қосымша 6–7 күндік экспозициядан кейін бағаланды. Өнгіштік стандартты әдістер бойынша 20–30°C температурада «қағазда» әдісімен анықталды. Толық факторлы эксперимент жүргізіліп, лазерлік өндеудің оңтайлы режимдері анықталды. Күнбағыс тұқымдарын өндеуге арналған биотехникалық жүйе әзірленді, ол лазерлік сәулелену

параметрлерін тұқымдық материал сапасына қарай реттеуге мүмкіндік береді. Лазерлік өңдеу сипаттамалары мен өнгіштік, өну энергиясы және өсімдіктің өнімділігі сияқты параметрлер арасындағы тәуелділік анықталды. Бұл жүйені қолдану тұқымдық материалдың сапасын арттырып, күнбағыс өнімділігін жоғарылатуға ықпал етеді, сондықтан лазерлік өңдеу әдісі ауыл шаруашылығында қолдануға перспективалы болып табылады.

Түйін сөздер: лазерлік сәулелену, биотехникалық жүйе, тұқымның себу сапасы, басқару жүйесі, себу алдындағы өңдеу.

А.А. Айтказина^{1*}, Н.О. Жумажан², 2025.

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Казахстан;

²Институт механики и машиноведения им. академика
У.А. Джолдасбекова, Алматы, Казахстан.
E-mail: aitzazina.aseel@gmail.com

РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

Айтказина Асель Алдиярханқызы – докторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, E-mail: aitzazina.aseel@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-0100-9490>;

Жумажан Нурдаулет Оркенулы – младший научный сотрудник, Институт механики и машиноведения им. академика У.А. Джолдасбекова, Алматы, Казахстан, E-mail: nurdaulet.jj02@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0008-2153-7620>.

Аннотация. В данной работе исследуется применение лазерного оптического излучения для предпосевной обработки семян подсолнечника с целью повышения их посевных качеств. Оптимизация предпосевной стимуляции семян является важной задачей сельскохозяйственного производства, так как качество семенного материала во многом определяет будущую урожайность. Различные методы стимуляции, включая химические, термические и электрофизические воздействия, имеют свои преимущества и недостатки. Лазерное облучение является одним из наиболее перспективных способов, так как оно способствует активизации биохимических процессов в семенах без негативного воздействия на их структуру. В ходе исследования были рассмотрены механизмы влияния лазерного излучения на семена масличных культур, а также определены основные параметры, влияющие на всхожесть и энергию прорастания. Экспериментальная часть работы была направлена на установление оптимальных режимов лазерного облучения, обеспечивающих максимальный стимулирующий эффект при минимальных затратах энергии. Для исследования использовались семена первой репродукции, а метод искусственного старения позволил получить образцы с пониженными посевными характеристиками, что дало возможность

подобрать оптимальные параметры воздействия. Оценка посевных качеств проводилась до и после лазерной обработки, с дополнительной выдержкой семян в течение 6–7 дней. Всхожесть определялась стандартными методами при температуре 20–30°C, используя метод «на бумаге». В ходе полнофакторного эксперимента были определены оптимальные режимы лазерного воздействия. Разработана биотехническая система для обработки семян подсолнечника, которая позволяет адаптировать параметры лазерного облучения в зависимости от качества семенного материала. Установлена зависимость между характеристиками лазерного воздействия и такими параметрами, как всхожесть, энергия прорастания и продуктивность растений. Применение данной системы способствует повышению качества посевного материала и увеличению урожайности подсолнечника, что делает метод лазерной обработки перспективным для использования в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: лазерное излучение, биотехническая система, посевные качества семян, система управления, предпосевная обработка.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (№ АР 19677201).

Введение. Современное сельское хозяйство Казахстана, как и других стран с развитой агропромышленностью, сталкивается с необходимостью внедрения инновационных технологий, направленных на повышение продуктивности растениеводства. Анализ тенденций развития агропромышленного производства показывает, что рост затрат на энергию и материалы, необходимые для производства сельскохозяйственной продукции, опережает рост её продуктивности. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на разработку новейших энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий, которые позволяют не только повысить урожайность, но и сократить затраты на производство.

Одним из важнейших факторов, определяющих успешность сельскохозяйственного производства, является качество семенного материала. Посевные качества семян определяют их энергию прорастания, всхожесть и равномерность всходов, что напрямую влияет на урожайность. Однако при хранении и транспортировке семена могут подвергаться различным неблагоприятным воздействиям, таким как перепады влажности, поражение микроорганизмами, окислительные процессы, что приводит к снижению их посевных характеристик. В результате аграрные хозяйства вынуждены использовать семена с пониженными качественными показателями, что ведёт к нерациональному использованию посевных площадей, увеличению затрат на выращивание культур и снижению продуктивности (Sayler, et al., 2004: 270).

В сложившихся условиях особую значимость приобретают методы предпосевной обработки семян, направленные на восстановление или улучшение их посевных характеристик. Среди различных методов стимуляции

семян наибольший интерес представляют электрофизические методы, в частности лазерное облучение. Лазерное излучение в оптическом диапазоне оказывает выраженное положительное воздействие на семена, активируя их физиологические и биохимические процессы, что способствует ускорению прорастания, повышению устойчивости к неблагоприятным условиям и улучшению последующего роста растений.

Актуальность исследования методов улучшения посевных качеств семян обусловлена тем, что при длительном хранении или в результате неблагоприятных условий транспортировки семена теряют свою энергию прорастания, что негативно сказывается на их всхожести (Горабев, 2015: 87). В отсутствие эффективной системы контроля качества семенного материала возникает необходимость в использовании технологий, способствующих повышению всхожести и улучшению физиологических характеристик семян. В этом контексте одним из перспективных методов является лазерная обработка семян, которая позволяет активировать ростовые процессы, не вызывая при этом негативного воздействия на структуру семенного материала.

Исследования показывают, что предпосевная обработка семян с использованием лазерного излучения может существенно увеличить скорость их прорастания, улучшить физиологические процессы на ранних этапах роста и повысить устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Кроме того, лазерная обработка семян может способствовать улучшению обменных процессов, что в конечном итоге приводит к увеличению урожайности. В ряде исследований установлено, что лазерное воздействие на семена способствует их фотостимуляции, активируя фитохромную систему, которая играет важную роль в регуляции роста растений. Это позволяет ускорить начальные фазы развития растений, что особенно важно в условиях ограниченного вегетационного периода (Kganyago, et al., 2024: 108730).

Лазерная стимуляция семян оказывает комплексное воздействие, улучшая обмен веществ, усиливая процессы дыхания и синтеза белка, активируя антиоксидантную систему, что защищает клетки от повреждения свободными радикалами. Это способствует усилению энергии роста проростков и развитию корневой системы, что в дальнейшем сказывается на повышенной продуктивности растений. Установлено, что различные режимы лазерного облучения по-разному влияют на семена, и подбор оптимальных параметров воздействия является важной задачей для сельскохозяйственных исследований.

Существует множество методов предпосевной стимуляции семян, которые направлены на улучшение их посевных характеристик. Традиционные методы, такие как химическая обработка, позволяют защитить семена от патогенов и стимулировать их прорастание, но имеют ряд недостатков, включая риск накопления токсичных соединений в почве и растениях (Диордиев, 2002: 28). Термическая обработка семян применяется для уничтожения патогенной

микрофлоры, однако может вызывать повреждение семенного материала при неправильном подборе режимов воздействия. Магнитная обработка влияет на биоэлектрические процессы в семенах, но требует высокой точности в настройке параметров воздействия. Ионизирующее облучение может оказывать стимулирующий эффект, однако связано с риском возникновения мутаций и требует строгого контроля дозировки.

На фоне вышеупомянутых методов лазерное облучение выглядит наиболее перспективным, поскольку оно оказывает направленное воздействие на семена, стимулируя их внутренние процессы без разрушения клеточных структур. В ходе многочисленных исследований было установлено, что воздействие лазерного излучения приводит к активации фитохромной системы семян, которая играет ключевую роль в регуляции роста и развития растений. Под влиянием лазерного облучения усиливается проницаемость клеточных мембран, что способствует улучшенному поглощению воды и питательных веществ, ускоряя процесс набухания семян и их последующее прорастание (Bellvert, et al., 2021: 320).

Лазерная обработка семян является одним из наиболее перспективных направлений в современной аграрной науке, поскольку она позволяет добиться значительного увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур без использования химических веществ. Внедрение этой технологии в аграрный сектор способствует улучшению качества посевного материала, повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям и снижению затрат на производство. В Казахстане и других странах, где условия выращивания сельскохозяйственных культур характеризуются нестабильным климатом, применение лазерного облучения может сыграть ключевую роль в повышении урожайности.

Кроме того, исследования в этой области могут способствовать разработке новых методов интегрированной стимуляции растений, объединяющих лазерную обработку с другими методами воздействия, такими как ультразвуковая обработка или применение электромагнитных полей (Макрушин, 2000: 116). Это позволит расширить спектр применения лазерных технологий и повысить их эффективность для различных сельскохозяйственных культур.

Таким образом, дальнейшее изучение лазерной обработки семян и её внедрение в агропромышленное производство может стать важным шагом в развитии устойчивого сельского хозяйства и обеспечении продовольственной безопасности. Внедрение подобных технологий требует разработки стандартов и методических рекомендаций, что также является перспективным направлением будущих исследований. Кроме того, следует учитывать экономическую эффективность лазерной обработки и возможность её широкомасштабного внедрения в аграрное производство, что позволит значительно сократить затраты на выращивание сельскохозяйственных культур и повысить их продуктивность (Dzakovich, et al., 2015: 1500).

Материалы и методы. Рассматривая широкий спектр методов воздейст-

вия на семена масличных культур, целесообразно провести аналитическое сравнение преимуществ и недостатков отдельных методов, чтобы определить наиболее перспективные из них для использования в практике сельскохозяйственного производства.

Поэтому важно рассмотреть основные характеристики методов, которые могут применяться для масличных культур, и определить наиболее эффективные из них для дальнейшего использования и исследования. Анализ проводился преимущественно для физических методов воздействия, поскольку изучение химических методов выходит за рамки данной работы, и поэтому для сравнения были приведены только наиболее перспективные из них.

Теоретический анализ проводился по таким показателям, как: стоимость материалов и энергии; сложность оборудования и необходимость в высококвалифицированном персонале; продолжительность обработки; необходимость точного дозирования из-за возможного отрицательного эффекта передозировки; вероятность повреждения семян в процессе обработки; наличие вредного воздействия на обслуживающий персонал; выявление биологических механизмов, лежащих в основе действия этого метода; пригодность метода для автоматизации и степень изученности процесса (Червинский, и др., 2018: 120).

В число показателей входит, в частности, такой фактор, как ясность механизма действия, что позволяет осознанно выбирать режимы обработки, а не только эмпирически. Эмпирический выбор режимов в некоторых случаях может быть случайным, не обладать воспроизводимостью и быть далеким от оптимального.

Необходимо учитывать, что семена растений, особенно в процессе роста и прорастания, представляют собой сложную систему, на которую стимулирующий фактор оказывает всегда сложное и комплексное воздействие (Мамугбаев, et al., 2023). Выявление механизмов влияния имеет большое научное и практическое значение. В этом отношении ключевые механизмы активации всхожести для ряда факторов, в частности при использовании магнитных полей, тока, гамма-излучения и других, еще не были полностью определены, что, в частности, сдерживает их широкое применение на практике (Готра, и др., 2017: 145).

Как видно из анализа, наиболее перспективными являются методы обработки, направленные на стимуляцию всхожести с помощью электромагнитных полей, особенно с использованием источников лазерного излучения и электромагнитных полей микроволнового диапазона (Horobets, 2015: 250). Кроме того, следует учитывать, что для лазерного излучения, в отличие, например, от гамма-излучения, форма кривой «доза – эффект (т.е. всхожесть семян) – доза» имеет вид кривой с насыщением, что исключает опасность передозировки, в отличие, например, от гамма-излучения, для которого эта кривая имеет колоколообразную форму, как показано на рисунке 1.

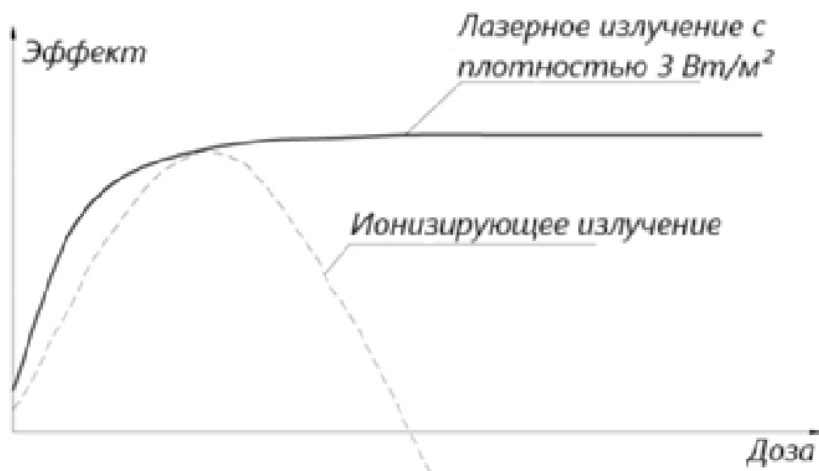


Рис. 1. Вид кривой «доза – эффект – доза» для различных типов воздействия на семена

Учитывая тот факт, что при использовании данных методов стимуляции на стационарных установках эти установки будут работать только в ограниченный период года (перед посевом семян в почву), более рациональным будет использование лазерного оборудования, которое обладает большей универсальностью и может применяться для других хозяйственных целей, что в конечном итоге также удешевляет обработку семян.

При создании недорогих специализированных устройств с низкой производительностью для приусадебных участков и малых фермерских хозяйств применение лазерного излучения также обладает преимуществами, обеспечивая безопасность для людей и меньшую стоимость при использовании маломощных лазерных излучателей, выпускаемых промышленностью (Синецкий и Бессаратов, 1994: 100).

Разработка лазерного устройства для предпосевной обработки семян. Поскольку предпосевная обработка семян наиболее необходима для сельскохозяйственных предприятий, а потребность в предпосевном облучении семян существует преимущественно в относительно короткий период времени, целесообразно реализовать устройство для выполнения найденных режимов облучения в виде максимально простых насадок к стационарным лазерным установкам промышленного производства.

Как известно, наибольшее распространение получили различные конструкции сканирования луча по плоскости, на которой размещены обрабатываемые семена (Yang et al., 2009: 15642). Однако все устройства с применением сканирования характеризуются сложностью конструкции, низкой надежностью и высокой стоимостью. Поэтому более целесообразным будет использование конструкций типа волоконно-оптического преобразователя «точка-линия» с прерывающимся устройством типа обтюлятора с постоянной

скоростью вращения, при этом относительное движение преобразователя и обрабатываемого материала может осуществляться в одном направлении, что значительно упрощает конструкцию и повышает ее надежность.

На основе этого решения была разработана конструкция устройства для обработки семян, которая представлена на Рисунке 2.

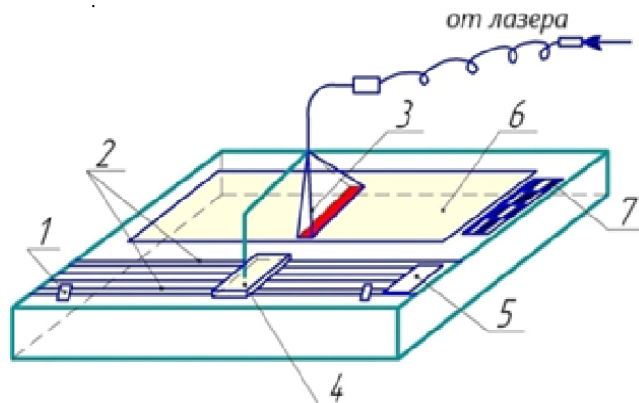


Рис. 2. Лазерное устройство: 1 - концевой выключатель; 2 - направляющие; 3 - волоконно-оптический преобразователь; 4 - подвижная платформа; 5 - шаговый двигатель; 6 - контейнер для семян; 7 - панель управления.

Устройство включает в себя волоконно-оптический преобразователь, соединенный с подвижной платформой, которая перемещается по направляющим и приводится в движение шаговым двигателем (Тур и Камалотдинова, 1990: 203). Выбор шагового двигателя в качестве привода обусловлен следующими его свойствами:

- угол поворота ротора определяется количеством импульсов, подаваемых на двигатель;
- двигатель обеспечивает полный крутящий момент в режиме остановки (при подаче питания на обмотки);
- точное позиционирование и повторяемость, высокая точность (3-5% от величины шага), при этом ошибка не накапливается от шага к шагу;
- возможность быстрого запуска / остановки / реверса;
- высокая надежность, связанная с отсутствием щеток, срок службы шагового двигателя фактически определяется сроком службы подшипников;
- однозначная зависимость положения от входных импульсов, что обеспечивает позиционирование без обратной связи;
- возможность получения очень низких скоростей вращения для нагрузки, подключенной непосредственно к валу двигателя, без промежуточного редуктора;
- широкий диапазон рабочих скоростей, так как скорость вращения пропорциональна частоте входных импульсов.

Для оценки зависимости ПЯН от параметров импульсных предпосевных режимов облучения в форме уравнения регрессии целесообразно провести полный факторный эксперимент второго порядка с использованием теории планирования эксперимента на следующих этапах (Nishihama, et al., 2015: 408):

1. Определение контролируемых и неконтролируемых факторов;
2. Определение оптимального типа плана эксперимента;
3. Построение плана эксперимента с определением границ варьирования факторов;
4. Проведение экспериментальных исследований;
5. Расчет коэффициентов уравнений регрессии;
6. Определение значимых коэффициентов в уравнениях регрессии;
7. Проверка адекватности полученной модели.

В результате эксперимента были выбраны следующие факторы:

X_1 - количество дней от момента облучения до начала определения ПН, сут.;

X_2 - количество импульсов, шт.;

X_3 - плотность энергии, мВт/см².

Определение ПЯН проводилось на основе лабораторных показателей всхожести семян в процентах (Седова, 1982: 115). Для каждого фактора было выполнено кодирование в заданных интервалах варьирования и установлены нулевые уровни.

$$x_i = \frac{x'_i - x_{i0}}{\Delta_i} \quad (1)$$

где x_i — кодированное значение фактора (1, -1, 0);

x'_i — натуральное значение фактора на некотором уровне;

x_{i0} — натуральное значение фактора на нулевом уровне;

Δ_i — интервал варьирования.

Каждый фактор изменяется на двух уровнях: верхнем (+) и нижнем (-).

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Фактор	Единица измерения	Уровни варьирования факторов				Обозначение
		-1	0	+1	Δ_i	
Количество дней от момента облучения до начала определения ПЯН	дни	3	9	15	6	X1
Количество импульсов	тыс. шт.	2	5	8	3	X2
Плотность энергии	мВт/см ²	0.5	3.25	6	2.75	X3

Модель второго порядка определяется выражением:

$$\bar{y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{j,i=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2; \quad (2)$$

Коэффициенты регрессии каждого фактора на основе проведенных экспериментов рассчитываются по формулам:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N y_u}{N}; \text{ or } B = , \quad (3)$$

Ошибка эксперимента рассчитывается по формуле:

$$s_{b_i}^2 = \frac{s_0^2}{\sum x_{iu}^2}, \quad (4)$$

где s_0^2 – ошибка эксперимента, которая равна:

$$s_0^2 = \frac{1}{N_0 - 1} \sum_{k=1}^{N_0}; \quad (5)$$

N_0 – количество экспериментов в центре плана.

Дисперсии коэффициентов регрессии:

$$s_{b_0}^2 = \frac{s_0^2}{N}; s_{b_{ij}}^2 = \frac{s_0^2}{\sum (x_{iu} x_{ju})^2}; s_{b_{ii}}^2 = \frac{s_0^2}{\sum (x'_{iu})^2}; s_{b_i}^2 = \frac{s_0^2}{\sum x_{iu}^2}; \quad (6)$$

Расчетные значения критерия Стьюдента определяются по формулам:

$$t_{i_p} = \frac{|b_i|}{s_{b_i}} \quad t_{ij_p} = \frac{|b_{ij}|}{s_{b_{ij}}} \quad t_{ii_p} = \frac{|b_{ii}|}{s_{b_{ii}}}, \quad (7)$$

при условии значимости коэффициентов $t_{i_p}, t_{ij_p}, t_{ii_p} > t_T(q, \alpha = 0,05)$.

Дисперсия адекватности для критерия Фишера:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N-l} \sum_{u=1}^N (y_u - \hat{y}_u)^2. \quad (8)$$

Оценочное значение критерия Фишера определяется по формуле:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{s_0^2}, \quad (9)$$

при условии адекватности $F_p < F_T(q, f_{ад}, f_0)$.

Для математической модели вида:

$$y_i = B_0 + B_1 z_1 + B_2 z_2 + B_3 z_3 + B_{12} z_1 z_2 + B_{13} z_1 z_3 + B_{23} z_2 z_3 + B_{11} z_1^2 + B_{22} z_2^2 + B_{33} z_3^2 \quad (10)$$

Зависимости от каждого фактора представлены на рисунках 3, 4, 5.

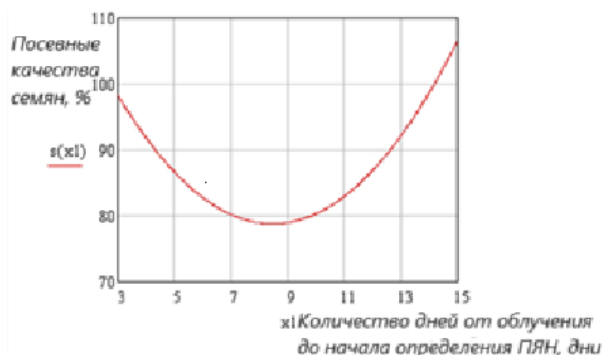


Рис. 3. График зависимости x_1 . Зависимость ПЯН, % от количества дней с момента облучения до начала определения ПЯН.

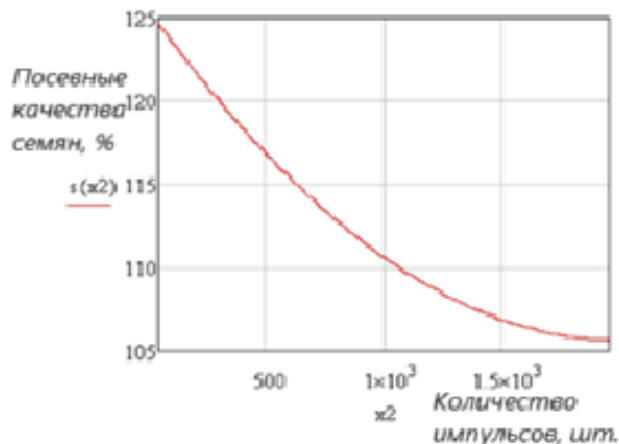


Рис. 4. График зависимости x_2 . Зависимость ПЯН, % от количества импульсов, шт.

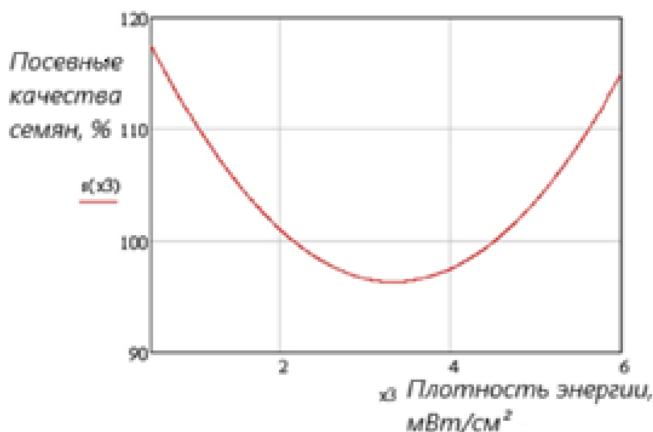


Рис. 5. График зависимости x_3 . Зависимость ПЯН, % от плотности энергии, мВт/см².

В результате проведения полного факторного эксперимента были найдены оптимальные значения параметров (Buhler, 1997: 498):

- количество дней с момента облучения до начала определения ПЯН – 8,47 суток;
- количество импульсов – 1931 шт.;
- плотность энергии – 3,25 мВт/см².

Были получены графики зависимости изменения ПЯН от плотности энергии, количества импульсов и количества дней с момента облучения до начала определения ПЯН.

Результаты исследований и их обсуждение. Целью экспериментальных исследований было определение параметров режимов предпосевного лазерного облучения семян подсолнечника, которые обеспечивают максимальный стимулирующий эффект на качество семян при минимальном

энергопотреблении и максимальной возможной производительности (Серегина, и др., 1977: 512). Исследования проводились на семенах масличных культур, занимающих наибольшие площади на территории Казахстана (сорт «Гибрид»). Семена соответствовали первой репродукции по посевным качествам.

Для получения семян с пониженными посевными качествами использовался известный метод искусственного старения, с целью нахождения для них оптимальных режимов предпосевого облучения. Определение посевных качеств семян проводилось для экспериментальных партий до облучения, а также после облучения с последующей экспозицией 6-7 дней. Во всех случаях определение посевных качеств выполнялось по стандартной методике, при этом проращивание семян всех культур осуществлялось при температуре 20-30°C на свету по методу «на бумаге». Использовались бумажные салфетки, проверенные на соответствие показателям капиллярного подъема, кислотности и зольности. В каждом случае отбирались пробы в 2 партии по 30 семян (Igamberdiev et al., 2014: 295).

Применялась лабораторная установка типа волоконно-оптического преобразователя «точка-линия» с прерывающим устройством типа обтюлятора с постоянной скоростью вращения. Относительное перемещение преобразователя и обрабатываемого материала осуществлялось в одном направлении, что значительно упрощало конструкцию и повышало ее надежность. Основой данного устройства является микроконтроллер типа Atmel AT90S2313.

Для оценки зависимости посевных качеств семян (ПЯН) от параметров импульсного предпосевого облучения был проведен полный факторный эксперимент (Лыхацкий и Бургарт, 1994: 320).

Выбраны факторы варьирования:

X_1 - количество дней от момента облучения до начала определения посевных качеств семян, суток; X_2 - количество импульсов, шт.; X_3 - плотность энергии, мВт/см².

Была построена матрица плана для полученного уравнения регрессии:

$$y_i = B_0 + B_1z_1 + B_2z_2 + B_3z_3 + B_{12}z_1z_2 + \\ + B_{13}z_1z_3 + B_{23}z_2z_3 + B_{11}z_1^2 + B_{22}z_2^2 + B_{33}z_3^2$$

После определения коэффициентов полиномиальной регрессии по критерию Стьюдента было получено уравнение поверхности второго порядка:

$$y_i = 31,462 + 4,137z_1 + 1,969z_2 + 1,125z_3 + \\ + 23,505z_1^2 + 19,237z_2^2 + 19,914z_3^2$$

Адекватность модели была проверена с помощью критерия Фишера.

Расшифрованная нелинейная модель имеет следующий вид:

$$y_i = 125,63 - 11,063x_1 - 0,02x_2 - 17,54x_3 + 0,00021x_2x_3 + 0,653x_1^2 + 0,000005x_2^2 + 2,63x_3^2$$

В результате проведения полного факторного эксперимента были найдены оптимальные значения параметров:

- Количество дней от облучения до начала определения ПЯН – 8,47 суток;
- Количество импульсов – 1931 шт.;
- Плотность энергии – 3,25 мВт/см².

Были получены графики зависимости изменения ПЯН от плотности энергии, количества импульсов и количества дней с момента облучения до начала определения ПЯН.

Заключение. В работе предложено решение научной проблемы повышения эффективности предпосевного импульсного лазерного облучения семян подсолнечника. На основе проведенных экспериментальных и теоретических исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. Для увеличения урожайности подсолнечника целесообразно применять предпосевную стимуляцию его семян. Наиболее перспективным методом такой стимуляции является импульсное лазерное облучение в красном световом диапазоне с длиной волны 630-680 нм, которое через фитохромную систему семени оказывает стимулирующее воздействие на его посевные качества.

2. В результате проведения полного факторного эксперимента были определены оптимальные значения параметров:

- количество дней от момента облучения до начала определения ПЯН – 8,47 суток;
- количество импульсов – 1931 шт.;
- плотность энергии – 3,25 мВт/см².

Были построены графики, позволяющие определить зависимость изменения ПЯН от плотности энергии, количества импульсов и дней от момента облучения до начала определения ПЯН.

3. Применение указанных режимов облучения позволяет увеличить ПЯН до уровня 1-й репродукции для семян, соответствующих 2-му уровню репродукции по исходному ПЯН, а также повысить ПЯН до уровня 2-го класса для семян, чей исходный ПЯН ниже уровня 2-й репродукции на 15-20% по ЛВ.

4. Установлено, что для реализации указанных режимов облучения наиболее целесообразно создание устройства в виде лазерного волоконно-оптического преобразователя с прерывающим устройством обтюраторного типа с постоянной скоростью вращения.

5. Предложена конструкция лазерного устройства и разработана система управления импульсами на основе шагового двигателя ДШИ-200-1 с

микропроцессорным управлением, обеспечивающая точность перемещения излучателя с погрешностью не более 4% от величины шага без ее накопления и позволяющая реализовать ранее обоснованные режимы предпосевного облучения семян.

6. Экспериментальные испытания разработанного устройства подтвердили его эффективность для повышения ПЯН, при этом урожайность полученных растений увеличивается на 6-9%, что позволяет рекомендовать снижение норм высева обработанных семян на 4-8%.

Перспективным направлением является использование разработанной системы для определения оптимальных методов обработки семян различных сельскохозяйственных культур.

Литература

Bellvert J., Mata M., Vallverdú X., Paris C., Marsal J. (2021) Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. *Precis. Agric.*, 22, 319–341. (in English)

Buhler D.D. (1997) Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. *Weed Technol.*, 11, 496–501. (in English)

Dzakovich M.P., Gomez C., Mitchell C.A. (2015) Tomatoes grown with light-emitting diodes or high-pressure sodium supplemental lights have similar fruit-quality attributes. *HortScience*, 50, 1498–1502. (in English)

Диордиев В.Т. (2002) Сравнение основных методов предпосевной стимуляции семян овощных культур. Труды Таврийской государственной аграрно-технической академии, 5, 25–29. (in Russian)

Gorabets V.G. (2015) Heat engineering and use of heat in agriculture. CPU Comprint, Kyiv, Ukraine, 389 p. (in English)

Готра З.Ю., Павлов С.В., Мыктык З.М. и др. (2017) Лазерные медицинские технологии: учебное пособие. Винница: ВНТУ, 158 с. (in Russian)

Horobets V.G. (2015) Heat engineering and use of heat in agriculture. CPU Comprint, Kyiv, Ukraine, 389 p. (in English)

Igamberdiev A.U., Eprintsev A.T., Fedorin D.N., Popov V.N. (2014) Phytochrome-mediated regulation of plant respiration and photorespiration. *Plant Cell Environ.*, 37, 290–299. (in English)

Kganyago M., Adjorlolo C., Mhangar P., Tsoeleng L. (2024) Optical remote sensing of crop biophysical and biochemical parameters: An overview of advances in sensor technologies and machine learning algorithms for precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, 218, 108730. (in English)

Лихацкий В.И., Бургарт Ю.Е. (1994) Овощеводство: практикум. Киев: Высшая школа, 366 с. (in Russian)

Mamyrbayev O., Wojcik W., Titova N., Pavlov S., Oralbekova D., Aitkazina A., Zhumazhan N. (2023) Development of a thermodynamic model for optimization of processes in crop production. *East.-Eur. J. Enterp. Technol.*, 6, 25–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290294> (in English)

Макрушин Н.М.. (2000) Философская и биологическая сущность качества семян. Научные труды КГУ, 66, 115–122. (in Russian)

Nishihama R., Ishizaki K., Hosaka M., Matsuda Y., Kubota A., Kohchi T. (2015) Phytochrome-mediated regulation of cell division and growth during regeneration and sporeling development in the liverwort *Marchantia polymorpha*. *J. Plant Res.*, 128, 407–21. <https://doi.org/10.1007/s10265-015-0724-9> (in English)

Sayler G.S., Simpson M.L., Cox C.D. (2004) Emerging foundations: nano-engineering and bio-microelectronics for environmental biotechnology. *Curr. Opin. Microbiol.*, 7, 267–273. (in English)

Седова Т.Е. (1982) Эффективность гамма-облучения семян. Селекция и семеноводство, 84, 112–125. (in Russian)

Серегина Н.Г., Орлов В.В., Батыгин Н.Ф. (1977) Устойчивость воспроизведения стимулирующего эффекта при предпосевном облучении семян сельскохозяйственных растений. Радиобиология, 14, 511–518. (in Russian)

Синецкий В.Г., Бессаратов В.И. (1994) Предпосевная электромагнитная обработка семян. Вестник аграрной науки, 7, 96–103. (in Russian)

Туров А.А., Камалетдинова Р.Н. (1990) Электрообработка семян. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 102, 198–208. (in Russian)

Yang X., Kuk J., Moffat K. (2009) Crystal structure of *P. aeruginosa* bacteriaphytochrome PaBphP photosensory core domain mutant. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA J.*, 106, 15639–15644. (in English)

Червинский Л.С., Пашковская Н.И. (2018) Исследование влияния инфракрасного излучения на посевные качества и показатели роста озимой пшеницы. Вестник ХНТУСГ, 195, 119–112. (in Russian)

References

Saylor G.S., Simpson M.L., Cox C.D. (2004) Emerging foundations: nano-engineering and bio-microelectronics for environmental biotechnology. *Curr. Opin. Microbiol.*, 7, 267–273. (in English)

Gorabets V.G. (2015) *Teplotekhnika i ispolzovanie tepla v selskom khozyaistve* [Heat engineering and use of heat in agriculture]. Kyiv: TsPU “Komprint”, 389 p. (in Russian)

Kganyago M., Adjorlolo C., Mhangar P., Tsoeleng L. (2024) Optical remote sensing of crop biophysical and biochemical parameters: An overview of advances in sensor technologies and machine learning algorithms for precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, 218, 108730. (in English)

Diordiev V.T. (2002) *Sravnenie osnovnykh metodov predposevnoy stimulyatsii semyan ovoschnykh kultur* [Comparison of the main methods of pre-sowing seed stimulation of vegetable crops]. *Trudy Tavriyskoy gosudarstvennoy agrarno-tekhnicheskoy akademii*, 5, 25–29. (in Russian)

Bellvert J., Mata M., Vallverdú X., Paris C., Marsal J. (2021) Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. *Precis. Agric.*, 22, 319–341. (in English)

Makrushin N.M. (2000) *Filosofskaya i biologicheskaya sushchnost kachestva semyan* [Philosophical and biological essence of seed quality]. *Nauch. tr. KGU*, 66, 115–122. (in Russian)

Dzakovich M.P., Gomez C., Mitchell C.A. (2015) Tomatoes grown with light-emitting diodes or high-pressure sodium supplemental lights have similar fruit-quality attributes. *HortScience*, 50, 1498–1502. (in English)

Chervinsky L.S., Pashkovskaya N.I. (2018) *Issledovanie vliyaniya infrakrasnogo izlucheniya na posevnye kachestva i pokazateli rosta ozimoy pshenitsy* [Investigation of infrared radiation influence on sowing quality and growth indices of winter wheat]. *Vestnik KhNTUSG*, 195, 119–112. (in Russian)

Mamyrbayev O., Wojcik W., Titova N., Pavlov S., Oralbekova D., Aitkazina A., Zhumazhan N. (2023) Development of a thermodynamic model for optimization of processes in crop production. *East.-Eur. J. Enterp. Technol.*, 6, 25–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290294> (in English)

Gotra Z.Yu., Pavlov S.V., Mykytyuk Z.M., et al. (2017) *Lazernye meditsinskie tekhnologii: uchebnoe posobie* [Laser medical technologies: educational manual]. Vinnytsia: VNTU, 158 p. (in Russian)

Horobets V.G. (2015) Heat engineering and use of heat in agriculture. *CPU Comprint*, Kyiv, Ukraine, 389 p. (in English)

Synetsky V.G., Bessaratov V.I. (1994) *Predposevnaya elektromagnitnaya obrabotka semyan* [Pre-sowing electromagnetic treatment of seeds]. *Vestnik agrarnoy nauki*, 7, 96–103. (in Russian)

Yang X., Kuk J., Moffat K. (2009) Crystal structure of *P. aeruginosa* bacteriaphytochrome PaBphP photosensory core domain mutant. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA J.*, 106, 15639–15644. (in English)

Tur A.A., Kamalotdinova R.N. (1990) *Elektroobrabotka semyan* [Electroprocessing of seeds]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaistva*, 102, 198–208. (in Russian)

Nishihama R., Ishizaki K., Hosaka M., Matsuda Y., Kubota A., Kohchi T. (2015) Phytochrome-mediated regulation of cell division and growth during regeneration and sporeling development in the liverwort *Marchantia polymorpha*. *J. Plant Res.*, 128, 407–21. <https://doi.org/10.1007/s10265-015-0724-9> (in English)

Sedova T.E. (1982) Effektivnost gamma-oblucheniya semyan [Effectiveness of gamma irradiation of seeds]. *Selektsiya i semenovodstvo*, 84, 112–125. (in Russian)

Buhler D.D. (1997) Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. *Weed Technol.*, 11, 496–501. (in English)

Seregina N.G., Orlov V.V., Batygin N.F. (1977) Ustoichivost vosproizvedeniya stimuliruyushchego effekta pri predposevnom obluchenii semyan selskokhozyaystvennykh rasteniy [Stability of the reproduction of the stimulation effect during pre-sowing irradiation of agricultural plant seeds]. *Radiobiology*, 14, 511–518. (in Russian)

Igamberdiev A.U., Eprintsev A.T., Fedorin D.N., Popov V.N. (2014) Phytochrome-mediated regulation of plant respiration and photorespiration. *Plant Cell Environ.*, 37, 290–299. (in English)

Lykhatsky V.I., Burgart Yu.E. (1994) Ovoshevodstvo: praktikum [Vegetable growing: workshop]. Kyiv: Vysshaya shkola, 366 p. (in Russian)

CONTENTS

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A.Abdiraman, L.Aldasheva, A.Zakirova, B.Mukhametzhanova, I.Orman GLOBAL ANALYSIS OF MOBILE BROADBAND NETWORK PERFORMANCE: INSIGHTS INTO 5G DEPLOYMENT AND FUTURE 6G CHALLENGES.....	5
R. Abdualiyeva, L. Smagulova, A. Yelepbergenova THE EFFECTIVENESS OF USING CHATGPT IN PROGRAMMING.....	17
A.B. Aben, N.M. Zhunissov, G.N. Kazbekova, A.N. Amanov, A.A. Abibullayeva DEEPPFAKE ARTIFICIAL VOICE DETECTION. COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF THE LSTM AND CNN MODELS.....	32
A.A. Aitkazina, N.O. Zhumazhan DEVELOPMENT OF A BIOTECHNICAL SYSTEM FOR LASER TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS.....	49
G. Aksholak, A. Bedelbayev, R. Magazov SECURING KUBERNETES: AN ANALYSIS OF VULNERABILITIES, TOOLS, AND FUTURE DIRECTIONS.....	66
A.T. Akynbekova, A.A. Mukhanova, Salah Al-Majeed, A.G. Altayeva PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF FUZZY MODELS OF DECISION MAKING IN SOCIAL PROCESSES.....	78
K.M. Aldabergenova, M.A. Kantureyeva, A.B. Kassekeyeva, A. Akhmetova, T.N. Esikova FEATURES AND PROSPECTS FOR THE USE OF DIGITAL PLATFORMS AND INTERNET MARKETING IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION.....	93
A. Yerimbetova, M. Sambetbayeva, E. Daiyrbayeva, B. Sakenov, U. Berzhanova CREATING A MODEL FOR RECOGNIZING THE KAZAKH SIGN LANGUAGE USING THE DEEP LEARNING METHOD.....	108
A.N. Zhidebayeva, S.T. Akhmetova, A.O. Aliyeva, B.O. Tastanbekova, G.S. Shaimerdenova REVIEW OF DETECTION AND PREVENTION OF OFFENSIVE LANGUAGE VIA SOCIAL MEDIA DATA MINING.....	124

K.S. Ivanov, D.T. Tulekenova

ENSURING THE DETERMINABILITY OF MOTION OF AN ADAPTIVE SPACECRAFT DRIVE BY INTRODUCING AN ADDITIONAL VELOCITY CONSTRAINT FORCE.....136

M.N. Kalimoldayev, Z.D. Ormansha, K.B. Begaliev, A.S. Ainagulova, A.O. Aukenova

A BLOCKCHAIN MODEL FOR AGRICULTURAL PRODUCT TRACKING THAT SUPPORTS FEDERAL TRAINING.....151

I. Massyrova, O. Joldasbayev, S. Joldasbayev, A. Bolysbek, S. Mambetov
AUTOMATION OF THE SYSTEM FOR INDUSTRIAL PRACTICE AND INTERNSHIPS FOR STUDENTS IN ORGANIZATIONS OUTSIDE OF THE UNIVERSITY.....168

A.B. Mimenbayeva, G.O. Issakova, G.K. Bekmagambetova, A.B. Aruova, E.K. Darikulova

DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING MODELS FOR FIRE SOURCES PREDICTION.....185

K. Momynzhanova, S.Pavlov, Sh. Zhumagulova

MATHEMATICAL MODELS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF AN OPTICAL-ELECTRONIC EXPERT SYSTEM FOR GLAUCOMA DETECTION.....202

B.O. Mukhametzhanova, L.N. Kulbaeva, Z.B. Saimanova, E.K. Seipisheva, B.M. Sadanova

OPTIMIZATION AND INTEGRATION OF DOCKER TECHNOLOGY IN MODERN INFORMATION SYSTEMS.....218

A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, A.K. Shaikhanova, G.B. Bekeshova, A.D. Galymova

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING DYNAMIC CHANGES IN BIOMEDICAL IMAGES OF BREAST CANCER TUMORS.....227

D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Akhmediyarova, D. Kassymova
USING KAZAKH NER DATASETS FOR MULTICLASS CLASSIFICATION IN THE LEGAL DOMAIN: A COMPARATIVE STUDY OF BERT, GPT, AND LSTM MODELS.....242

A. Ospanov, A.J. Pedro, T. Turymbetov, K. Dyussekeyev, A. Zhumadillayeva
ADVANCEMENTS IN ERP SYSTEMS THROUGH EMERGING

TECHNOLOGIES, MACHINE LEARNING AND HYBRID OPTIMIZATION
TECHNIQUES.....259

**K. Rabbany, A. Bekarystankyzy, A. Shoiynbek, D. Kuanyshbay,
A. Mukhametzhano**
DETECTION OF SUICIDAL TENDENCIES IN REDDIT POSTS
USING MACHINE LEARNING.....270

A. Taukenova
PERSONALIZED ARCHITECTURE: CREATING UNIQUE SPACES
WITH DIGITAL TECHNOLOGIES.....283

МАЗМҰНЫ

**АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ
ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

Ә. Әбдіраман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман МОБИЛЬДІ КЕН ЖОЛАҚТЫ ЖЕЛІЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ ЖАҒАНДЫҚ ТАЛДАУ: 5G ЕНГІЗУ ЖӘНЕ 6G БОЛАШАҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	5
Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова БАҒДАРЛАМАЛАУДА СНАТGPT ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ.....	17
А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева DEEPFAKE ЖАСАНДЫ ДАУЫСТЫ АНЫҚТАУ. LSTM ЖӘНЕ CNN МОДЕЛЬДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ САЛЫСТЫРУ.....	32
Ә.А. Айтқазина, Н.Ө. Жұмажан КҮНБАҒЫС ТҰҚЫМДАРЫН ЛАЗЕРМЕН ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН БИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ДАМЫТУ.....	49
Г.И. Ақшолақ, А.А. Бедельбаев, Р.С. Мағазов KUBERNETES-ТІ ҚОРҒАУ: ОСАЛДЫҚТАРДЫ, ҚҰРАЛДАРДЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҚ БАҒЫТТАРДЫ ТАЛДАУ.....	66
А.Т. Ақынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева ӘЛЕУМЕТТІК ПРОЦЕСТЕРДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ БҰЛДЫР МОДЕЛЬДЕРІН ЕНГІЗУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	78
К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНДІРІСІН ДАМЫТУДА ЦИФРЛЫҚ ПЛАТФОРМАЛАР МЕН ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГТІ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	93
А.С. Еримбетова, М.А. Сәмбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сәкенов, У.Г. Бержанова ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰМ ТІЛІН ТАНУҒА АРНАЛҒАН МОДЕЛЬ ҚҰРУ.....	108

- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова,
Г.С. Шаймерденова**
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕН DATA MINING АРҚЫЛЫ БЕЙӘДЕП
СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АЛДЫН АЛУҒА ШОЛУ.....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулекенова**
ЖЫЛДАМДЫҚ БАЙЛАНЫСЫНЫҢ ҚОСЫМША КҮШІН ЕНГІЗУ
АРҚЫЛЫ ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕК
ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ АЙҚЫНДЫЛЫҒЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова,
А.О. Аукенова**
ФЕДЕРАТИВТІ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАЙТЫН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ
ӨНІМДЕРІН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН БЛОКЧЕЙН МОДЕЛІ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек,
С.Т. Мамбетов**
УНИВЕРСИТЕТТЕН ТЫС ҰЙЫМДАРДА СТУДЕНТТЕРДІҢ
ӨНДІРІСТІК ПРАКТИКАСЫ МЕН ТАҒЫЛЫМДАМАСЫН
АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ.....168
- А.Б. Мименбаева, Г.О. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, Ә.Б. Аруова,
Е.Қ. Дәрікүлова**
ӨРТ КӨЗДЕРІН БОЛЖАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН
ӘЗІРЛЕУ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жұмағұлова, М.Т. Тұңғышбаев**
ГЛАУКОМАНЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ-
ЭЛЕКТРОНДЫҚ САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ
МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Құлбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева,
Б.М. Саданова**
ЗАМАНАУИ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ DOCKER
ТЕХНОЛОГИЯСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова,
Ә.Д. Ғалымова**
СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІ КЕЗІНДЕ БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ
КЕСКІНДЕРІНДЕГІ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ БАҒАЛАУҒА
АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС САРАПТАМА ЖҮЙЕСІ.....227

Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Қасымова ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ NER ДЕРЕКТЕР ЖИНАҒЫН ҚҰҚЫҚТЫҚ САЛАДА КӨПСАНАТТЫ ЖІКТЕУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ: BERT, GPT ЖӘНЕ LSTM МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУІ.....	242
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Тұрымбетов, К. Дүйсекеев, А. Жұмаділлаева ERP ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖЕТІЛДІРІЛУІ: ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР, МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖӘНЕ ГИБРИДТІ ОПТИМИЗАЦИЯ ӘДІСТЕРІ.....	259
К. Раббани, А. Бекарыстанқызы, Д. Қуанышбай, А. Шойынбек, А. Мұхаметжанов МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ REDDIT ПОСТТАРЫНДАҒЫ СУИЦИДТІК ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫН АНЫҚТАУ.....	270
Ә. Таукенова ЖЕКЕЛЕНДІРІЛГЕН АРХИТЕКТУРА: ДИДЖИТАЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРМЕН ЕРЕКШЕ КЕҢІСТІКТЕР ЖАРАТУ.....	283

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

А. Абдираман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман ГЛОБАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ: ВНЕДРЕНИЕ 5G И БУДУЩИЕ ЗАДАЧИ 6G.....	5
Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SNATGPT В ПРОГРАММИРОВАНИИ.....	17
А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева ОБНАРУЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ГОЛОСА DEEPFAKE. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ LSTM И CNN.....	32
А.А. Айтказина, Н.О. Жумажан РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА.....	49
Г.И. Акшолок, А.А. Бедельбаев, Р.С. Магазов ЗАЩИТА KUBERNETES: АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ, ИНСТРУМЕНТОВ И НАПРАВЛЕНИЙ НА БУДУЩЕЕ.....	66
А.Т. Акынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	78
К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	93
А.С. Еримбетова, М.А. Самбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сакенов, У.Г. Бержанова СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	108

А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова, Г.С. Шаймерденова ОБЗОР ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСКОРБИТЕЛЬНОЙ ЛЕКСИКИ С ПОМОЩЬЮ DATA MINING В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ....	124
К.С. Иванов, Д.Т. Тулеkenова ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛИМОСТИ ДВИЖЕНИЯ АДАПТИВНОГО ПРИВОДА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ВВЕДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИЛЫ СКОРОСТНОЙ СВЯЗИ.....	136
М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова, А.О. Аукенова БЛОКЧЕЙН-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОДДЕРЖКОЙ ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ.....	151
И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек, С.Т. Мамбетов АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ И СТАЖИРОВКИ СТУДЕНТОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ВНЕ ВУЗА.....	168
А. Мименбаева, Г. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, А.Б. Аруова, Е.К. Дарикулова РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЖАРОВ.....	185
К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жумагулова, М.Т. Тунгушбаев МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЛАУКОМЫ.....	202
Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Кулбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева, Б.М. Саданова ОПТИМИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	218
А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова, А.Д. Галымова НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОПУХОЛЕЙ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....	227

Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Касымова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРОВ ДАННЫХ NER НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ МУЛЬТИКЛАССИФИКАЦИИ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ BERT, GPT И LSTM.....	242
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Турымбетов, К. Дюсекеев, А. Жумадилаева ПРОДВИЖЕНИЕ ERP СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ.....	259
К. Раббани, А. Бекарыстанкызы, Д. Куанышбай, А. Шойынбек, А. Мухаметжанов ОБНАРУЖЕНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ПУБЛИКАЦИЯХ НА REDDIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	270
А. Таукенова ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА: СОЗДАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	283

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 20.03.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

20,0 п.л. Заказ 1.