

ISSN 2305-9397

*Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық
университетінің ғылыми-практикалық журналы*

*Научно-практический журнал Западно-Казахстанского
аграрно-технического университета имени Жангир хана*

*Scientific and practical journal of Zhangir Khan West Kazakhstan
Agrarian-Technical University*

2005 жылдан бастап әр тоқсан сайын шығады

Издается ежеквартально с 2005 года

Published kuarterly since 2005

ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ
Наука и образование
Science and education
2-бөлім

№ 3-2 (76) 2024

Бас редактор – Главный редактор - Chief Editor

Наметов А.М., в.ғ.д., проф.,
Баскарма төрағасы-ректор

доктор вет.наук, проф.
Председатель
правления-ректор

Nametov A.M., Doctor of Veterinary Sciences,
Professor Chairman of the board-rector

Редакция алқасы – Редакционная коллегия - Editorial team

Шәмшідін Ә.С., а.-ш.ғ.д. канд.

канд. с.-х. наук

Shamshidin A.S., Candidate of Agricultural Sciences

Brem Gottfried, Doctor Medicinae Veterinariae, Professor

доктор мед.наук,
проф.

Brem Gottfried, Doctor Medicinae Veterinariae, Professor

Saljnikov Elmira, Ph.D

Ph.D

Saljnikov E., Ph.D

Баймуканов Д.А., а.-ш.ғ.д.,
проф., ҚР ҰҒА корреспондент
мүшесі

доктор с.-х. наук,
проф. член-корр.
НАН РК

Baimukanov D.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, corresponding member of NAS of the RK

Насиев Б. Н., а.-ш.ғ.д., проф.,
ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі

доктор с.-х. наук,
проф. член-корр.
НАН РК

Nasiyev B.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, corresponding member of NAS of the RK

Рахимғалиева С.Ж., а.-ш.ғ.д.канд.,
доцент

канд.с.-х. наук,
доцент

Rakhimgaliyeva S.Zh., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Косилов В. И., а.-ш.ғ.д., проф.

доктор с.-х. наук,
проф.

Kosilov B.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Бозымов К.К., а.-ш.ғ.д., проф.

доктор с.-х. наук,
проф.

Bozymov K.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Исбеков К.Б., б.ғ.канд.

канд. биол. наук

Isbekov K.B., Candidate of Biological Sciences

Стекольников А.А., в.ғ.д., проф.,
РАШҒА корр. мүшесі

доктор вет.наук,
проф.
член-корр. РАСХН

Stekolnikov A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the RAAS

Radojicic Biljana, Ph.D, Professor

Ph.D, профессор

Radojicic Biljana, Ph.D, Professor

Сапанов М.К., б.ғ.д., проф.

доктор биол. наук,
проф.

Sapanov M.K., Doctor of Biological Sciences, Professor

Краснянский М.Н., т.ғ.д., проф.

доктор техн. наук,
проф.

Krasnyanskiy M.N., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Монтаев С.А., т.ғ.д., проф.

доктор техн. наук,
проф.

Montayev S.A., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Чибилев А.А., географ.ғ.д.,
профессор, РҒА академигі

доктор геогр. наук,
проф., академик
РАН

Chibilev A.A., Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of RAS

Алмагамбетова М. Ж., т.ғ.к.

канд. техн. наук

Almagambetova M.Zh., Candidate of Engineering Sciences

Абдыбекова А.М., в.ғ.д., проф.

доктор вет.наук,
проф.

Abdybekova A.M., Doctor of Veterinary Sciences, Professor

Исхан К.Ж., а.-ш.ғ.д.канд.,
қауымдаст. проф.

канд. с.-х. наук,
ассоц. проф.

Iskhan K.Zh., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Семенов В.Г., б.ғ.д., проф.

доктор биол. наук,
проф.

Semenov V.G., Doctor of Biological Sciences, Professor

Юлдашбаев Ю.А., а.-ш.ғ.д.,
проф.

доктор с.-х. наук,
проф.

Yuldashbaev Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Альпеисов Ш.А., а.-ш.ғ.д., проф.

доктор с.-х. наук,
проф.

Alpeisov Sh.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Бугай Д.Е., т.ғ.д., проф.

доктор техн. наук,
проф.

Bugai D.E., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Исмаков Р.А., т.ғ.д., проф.

доктор техн. наук,
проф.

Ismakov R.A., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Сермягин А.А., а.-ш.ғ.д.канд.

канд. с.-х. наук

Sermyagin A.A. Candidate of Agricultural Sciences

Казамбаева А.М., э.ғ.к.

канд. экон.наук

Kazambaeva A.M., Candidate of Economic Sciences

© Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

2024 ж.

Kenzhebekova R.T., Ph.D student, **the main author**, <https://orcid.org/000-0003-4343-5402>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, rozakenzhebekova344@gmail.com

Pozharskiy A.S., Ph.D student, <https://orcid.org/0000-0002-2581-2860>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, aspozharsky@gmail.com

Kostyukova V.S., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-8922-964>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan,

Gritsenko D.A., Ph.D., Assoc. Prof., <https://orcid.org/0000-0001-6377-3711>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, d.kopytina@gmail.com

HIGH-THROUGHPUT SEQUENCING FOR DETECTION OF POTATO VIRUSES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

ANNOTATION

This study explores the use of high-throughput sequencing (HTS) technologies to identify and analyze potato viruses in Northern Kazakhstan, enhancing our understanding of viral impacts on agriculture. Focusing on viruses like Potato virus X (PVX), Potato virus Y (PVY), Potato virus M (PVM), and Potato virus S (PVS), the research demonstrates HTS's effectiveness in detecting and detailing these pathogens. The study's goal is to apply HTS for a comprehensive examination of viral populations that affect potato crops in Northern Kazakhstan, an area where potato production is crucial but faces challenges from viral diseases.

The research involved collecting leaf samples from symptomatic and asymptomatic potato plants across different regions of Northern Kazakhstan, using a standardized RNA extraction method to ensure high-quality RNA. This RNA was then processed into cDNA and sequenced using the Oxford Nanopore MinION platform, focusing on capturing detailed viral sequences for analysis.

The results detail the identification and genetic analysis of four key potato viruses. The data showed high genomic coverage for all studied viruses, ensuring reliable detection and comprehensive analysis.

The discussion highlights how HTS allows for the detailed characterization of viral infections, including mixed infections. It points out the benefits of this technology over traditional methods, such as its ability to detect low-abundance viruses and to provide rapid, accurate results that can inform crop management strategies.

Concluding, the study reaffirms the value of HTS in modern plant pathology, particularly for its high sensitivity and specificity in detecting plant viruses. The findings advocate for broader use of HTS to improve the management of potato viruses, which is crucial for enhancing crop yields and food security in Kazakhstan and similar regions.

Key words: *high-throughput sequencing, potato viruses, agricultural biotechnology, Northern Kazakhstan, virus detection*

Introduction. High-throughput sequencing (HTS), also known as next-generation sequencing (NGS), has revolutionized the field of plant virology. This powerful technology enables the rapid and accurate detection of viruses, providing comprehensive insights into the viral populations affecting

crops such as potatoes. This article explores the application of HTS in detecting potato viruses, highlighting key studies and methodologies that demonstrate its efficacy.

HTS provides high sensitivity and specificity, comparable to quantitative PCR methods. Studies have shown that platforms like Illumina can detect viruses at very low concentrations, offering greater sensitivity than optimized quantitative PCRs [1]. The general-purpose HTS method has been validated for detecting a broad range of viruses in diverse sample matrices, including both known and unknown viruses. This method has proven its capability in accurately identifying viruses even at low genome copy numbers [2].

Immunocapture of virions using virus-specific antibodies before HTS significantly enhances the specificity of viral sequences. This method simplifies sample preparation and reduces costs while maintaining high coverage of viral genomes, crucial for identifying rare sequence variations [3].

HTS allows the detection and characterization of mixed virus infections in potato plants. Research on tomato and sweet pepper samples from Slovakia revealed the presence of Potato Virus Y (PVY) along with other viruses, demonstrating the complexity of viral infections and the capability of HTS to untangle these complexities [1].

HTS has facilitated the discovery and characterization of previously unknown or forgotten plant viruses. For instance, the Henbane Mosaic Virus, which was first identified in the early 20th century, was recently detected in tomato plants using HTS. This study highlights HTS's ability to uncover obscure viruses and provide detailed genomic information [4].

Potato (*Solanum tuberosum*) is a staple food of global significance, originating from the South American Andes. It was domesticated approximately 7,000–10,000 years ago, and its introduction to Europe in the 16th century marked the beginning of its global spread. Today, it ranks as the fourth-largest food crop in the world after maize, wheat, and rice due to its ability to adapt to diverse climates and soils, high nutritional value, and ability to produce more nutritious food faster on less land than any other crop. Potatoes play a crucial role in global agriculture, food security, and are a key component in combating hunger and poverty [1].

Recent studies have analyzed the landscape of potato cultivation and its productivity, focusing on different regions, varieties, and the impact of diseases. Notably, research indicates that potato cultivation is vital in Kazakhstan, with various factors affecting its stability and productivity. These factors include the level of agronomic practices, storage and logistics losses, and insufficient fertilizer application. It is emphasized that there is a need to develop and implement support programs for potato producers, increase seed production with a focus on high-yielding, drought-resistant, and disease-resistant domestic varieties, as well as additional investments to enhance the level of intensification, improve product quality, and increase competitiveness [2].

Moreover, it has been shown that the introduction of precision farming technologies in seed production significantly increases the yield and quality of potato tubers in Northern Kazakhstan. The study presented data on the yield and quality of virus-free potato varieties, indicating a promising direction for improving seed quality and overall production efficiency [3].

In another study conducted in Northeast Kazakhstan, the development and productivity of potato varieties bred in Kazakhstan were evaluated, identifying varieties suitable for cultivation in the region based on yield characteristics and resistance to diseases and pests [4].

The prevalence of recombinant strains of Potato virus Y (PVY) in the East Kazakhstan region underscores the acute need for research and development of effective strategies to reduce the spread of these strains. This issue highlights the importance of implementing innovative technologies and breeding resistant potato varieties to enhance production resilience [5].

These findings suggest a multifaceted approach to improving potato cultivation in Kazakhstan, including technological advancements, variety selection, and disease control to meet local needs and increase export potential [6].

Viruses represent a serious biological obstacle in potato cultivation. Over the past century, starting with the discovery of the first potato viruses, our understanding of these disease agents has deepened significantly. This knowledge has particularly expanded over the past decade due to advances in high-throughput sequencing technologies in phyto-virology research [7].

Among them, viral infections pose significant challenges, leading to substantial annual losses. Approximately 40 potato viruses have been identified, with the most harmful being PLRV, PVM, PVS, PVX, and PVY [6]. These viruses can be spread by insects such as aphids, leafhoppers,

whiteflies, and nematodes, as well as through mechanical contact and occasionally through pollen and seeds [7-12].

Potato plants can experience primary and secondary viral infections. Primary infection occurs during the growing season when the virus spreads from infected to healthy stems, accumulating in tubers, though some remain uninfected. Secondary infection involves the systematic movement of the virus from the mother tuber to the entire plant, affecting all daughter tubers. Symptoms of viral infection include various mosaic patterns, necrosis, leaf curling, and top rosette. However, these symptoms are not always noticeable or pronounced, making it difficult to accurately identify specific viruses based on external signs [7, 8].

Potato virus Y (PVY) is a significant global pathogen affecting potatoes. It is known for its filamentous, helical shape and single-stranded RNA genome. PVY is primarily transmitted by aphids and can also spread mechanically. It can significantly reduce potato yields, sometimes by up to 40%, and when combined with other viruses, the losses can be even higher. PVY has several strains, each characterized by different biological properties and symptoms [13, 14].

Potato virus S (PVS) is widespread in potato crops, known for its asymptomatic or mildly symptomatic impact, making it difficult to detect. It is a Carlavirus transmitted through vegetative propagation and contact between plants and can contribute to yield reductions, especially in mixed infections [15-17].

Potato virus M (PVM), belonging to the Carlavirus genus, is transmitted vegetatively through tubers and mechanically. Although it usually causes minor yield losses, it can lead to significant reductions in the range of 10 to 40%, especially in mixed infections. PVM causes symptoms such as marbling, mosaic patterns, wrinkling, and leaf curling [18, 19].

Potato leafroll virus (PLRV) causes up to 90% yield losses worldwide. It reduces yields by 20-60% and is more harmful when combined with other viruses. PLRV, with its single-stranded RNA genome, is primarily transmitted by the aphid *Myzus persicae* and can spread through tubers used for planting [20, 21].

Collectively, these viruses present a complex challenge for potato cultivation, requiring comprehensive control strategies to minimize their impact on global and local potato production.

The aim of this study was to diagnose a local potato variety common in the northern Kazakhstan using High-throughput sequencing.

Materials and methods. A total of 477 potato leaf samples were collected from three different regions of Northern Kazakhstan: 219 samples from Astana, 106 samples from Kokshetau, and 152 samples from Pavlodar. Each sample was collected from symptomatic and asymptomatic potato plants to ensure a comprehensive representation of the potential viral presence.

RNA was extracted from the potato leaf samples using the Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) method, which is effective for high-quality RNA recovery from plant tissues. The steps for RNA extraction are as follows: leaf tissues were homogenized in liquid nitrogen using a mortar and pestle. The homogenized tissue was then transferred to a CTAB extraction buffer containing CTAB, β -mercaptoethanol, and polyvinylpyrrolidone (PVP) to denature proteins and polysaccharides and protect RNA from degradation. The mixture was incubated at 65°C for 30 minutes. Following incubation, the samples were mixed with chloroform alcohol (24:1) and centrifuged to separate the phases. The aqueous phase containing RNA was transferred to a new tube and mixed with isopropanol to precipitate the RNA. After centrifugation, the RNA pellet was washed with 70% ethanol, air-dried, and resuspended in RNase-free water.

The quality and quantity of the extracted RNA were assessed using a Nanodrop spectrophotometer and agarose gel electrophoresis. Only high-quality RNA samples with A260/A280 ratios between 1.8 and 2.2 were used for subsequent steps.

cDNA was synthesized from the extracted RNA using random hexamer primers and a reverse transcription kit (SuperScript IV Reverse Transcriptase, Thermo Fisher Scientific). The reaction mixture included RNA template, random hexamer primers, dNTP mix, reverse transcriptase, and RNase inhibitor. The cDNA synthesis was performed according to the manufacturer's protocol, with an initial denaturation step at 65°C for 5 minutes, followed by reverse transcription at 50°C for 50 minutes, and enzyme inactivation at 85°C for 5 minutes [22-25].

The Rapid Barcoding Kit (SQK-RBK004, Oxford Nanopore Technologies) was used for library preparation. This kit allows for quick and efficient barcoding of multiple samples, facilitating high-throughput sequencing. The cDNA was subjected to end-repair and A-tailing to prepare the ends for ligation with barcodes. Unique barcodes were ligated to the cDNA from each sample, enabling multiplexing during sequencing. The barcoded cDNA was purified using AMPure XP beads to remove excess reagents and ensure clean sequencing reads. Sequencing adapters were ligated to the purified, barcoded cDNA. The prepared library was loaded onto a MinION flow cell (FLO-MIN106D, Oxford Nanopore Technologies) for sequencing.

The MinION device was used for sequencing the barcoded libraries. The sequencing run was monitored using MinKNOW software, and basecalling was performed using Guppy (Oxford Nanopore Technologies). The generated reads were demultiplexed based on the barcodes, and quality control was performed using tools such as NanoFilt and NanoPlot.

For sequence analysis and annotation the Geneious software suite was used. This platform provides comprehensive tools for sequence alignment, assembly, and annotation. The reads were imported into Geneious, where quality trimming and adapter removal were conducted. The high-quality reads were then mapped to reference viral genomes, and de novo assembly was performed to identify viral sequences present in the samples. Geneious facilitated the visualization and editing of alignments, making it easier to verify and annotate the assembled viral genomes.

Results and their discussion A total 656 reads were obtained for PVX. The reference genome NC_011620.1 was retrieved from the NCBI database to assess coverage and diversity. The genome coverage is 99.9%, ensuring a comprehensive representation of the viral genome. Pairwise residue comparison with the reference genome showed a percentage similarity of 77.9%. This indicates a low level of genetic variability within the PVX isolates (figure 1).

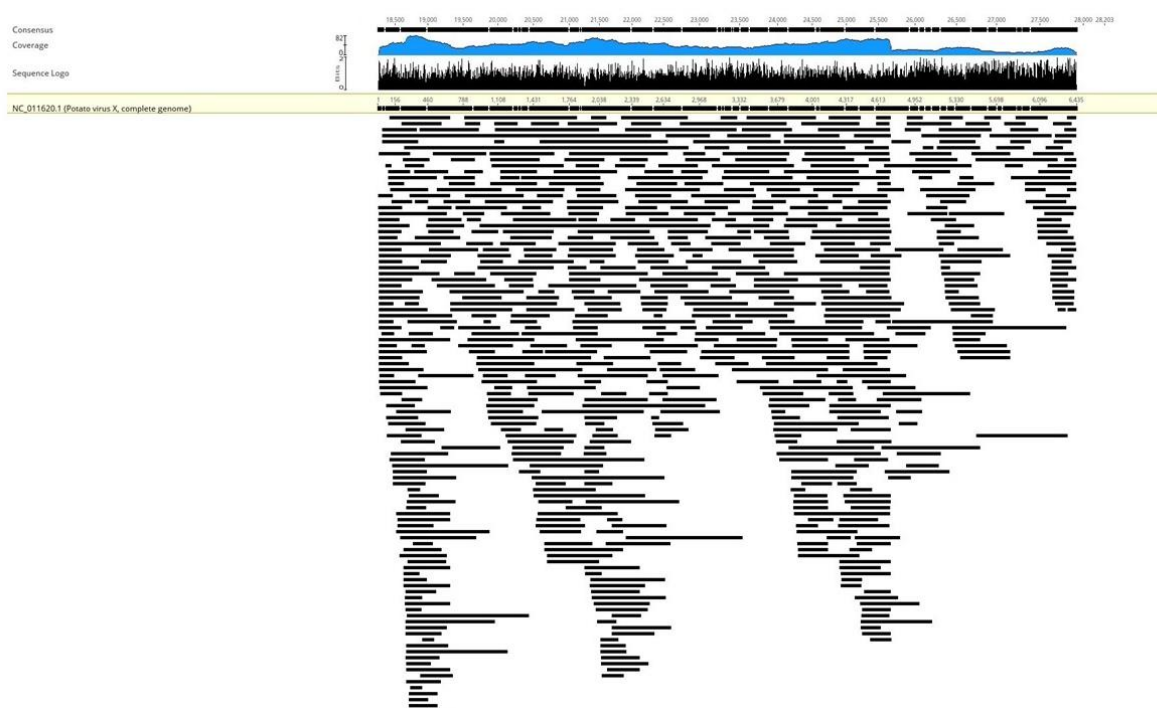


Figure 1 – Genome coverage and sequencing depth visualization for Potato Virus X (PVX)

The number of contigs is 335 for PVY. The analysis of PVY utilized the reference genome NC_001616.1. The maximum genome coverage was 94.3% of the reference genome. The pairwise residues percentage was 79.5%, indicating a high degree of similarity with the reference genome. This suggests some genetic diversity within the PVY isolates (figure 2).

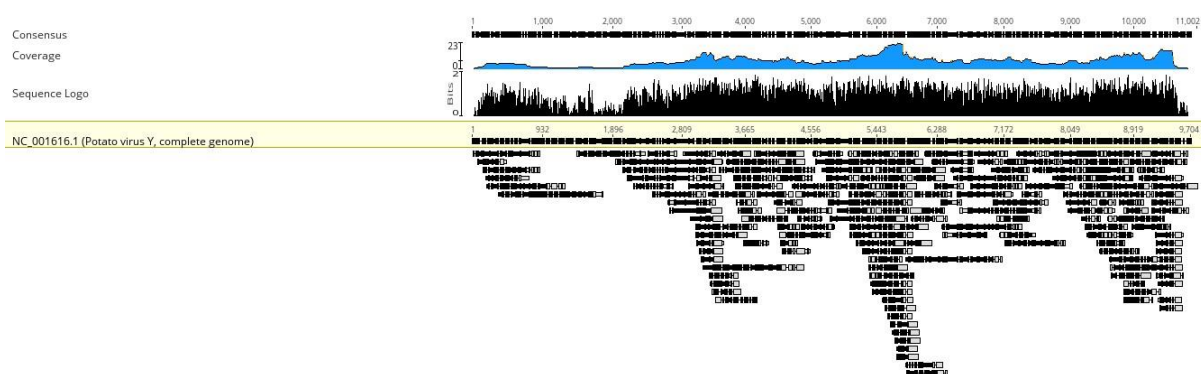


Figure 2 – Genome coverage and sequencing depth visualization for Potato Virus Y (PVY)

The number of contigs is 563 for PVM. For PVM, the reference genome NC_001361.2 was employed for sequence comparison. The genome coverage of 90.9 % of the reference genome. The pairwise residues percentage was 79.8%, reflecting a significant degree of similarity with the reference genome (figure 3).

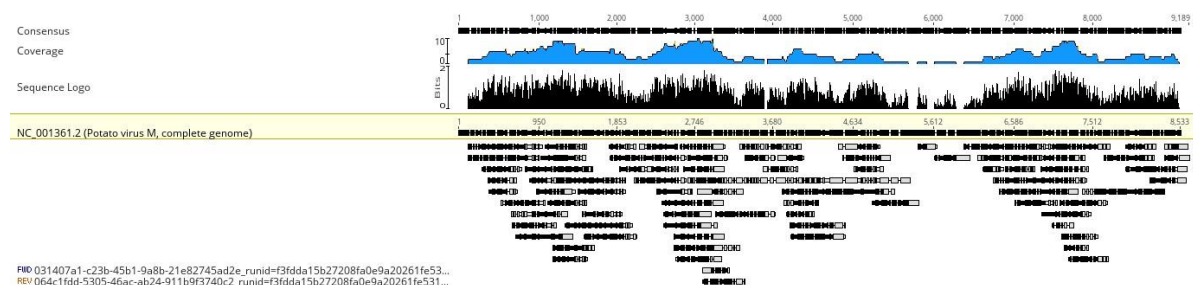


Figure 3 – Genome coverage and sequencing depth visualization for Potato Virus M (PVM)

The number of contigs is 347 for PVS. The analysis of Potato virus S (PVS) revealed the genome coverage was 99% of the reference sequence NC_007289.1, indicating high coverage and high confidence in the sequence data obtained. The pairwise residues percentage was 77.9%. The observed degree of similarity with the reference genome was found to be significant (figure 4).

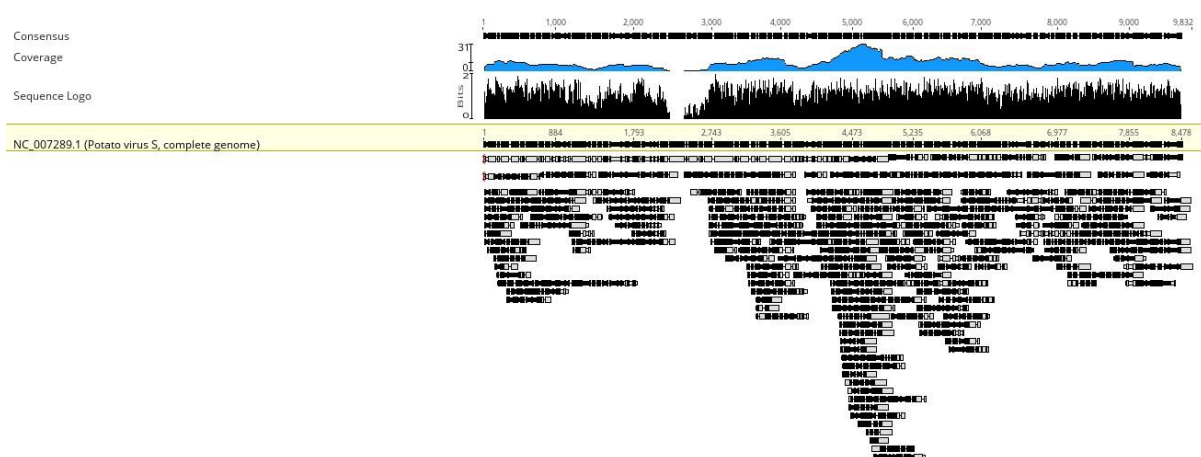


Figure 4 – Genome coverage and sequencing depth visualization for Potato Virus S (PVS)

The analysis of PVX (Potato virus X) isolates provided detailed insights into the genome coverage, as illustrated by the histograms. The histogram of genome coverage level for PVX (Picture 5) displays a bell-shaped distribution with a mean coverage level of approximately 150X. The x-axis

represents the genome coverage level (X), while the y-axis denotes the read quantity. The red dashed line highlights the mean genome coverage level of 150X (figure 5).

Achieving sufficient genome coverage is crucial for accurately detecting PVX in potato plants and minimizing errors. An average coverage level of 150X, coupled with a genome coverage of 99.9%, is more than adequate for reliably identifying PVX. Such high coverage levels not only confirm the presence of the virus but also allow for precise determination of its sequence, identification of potential mutations, and detailed genome analysis.

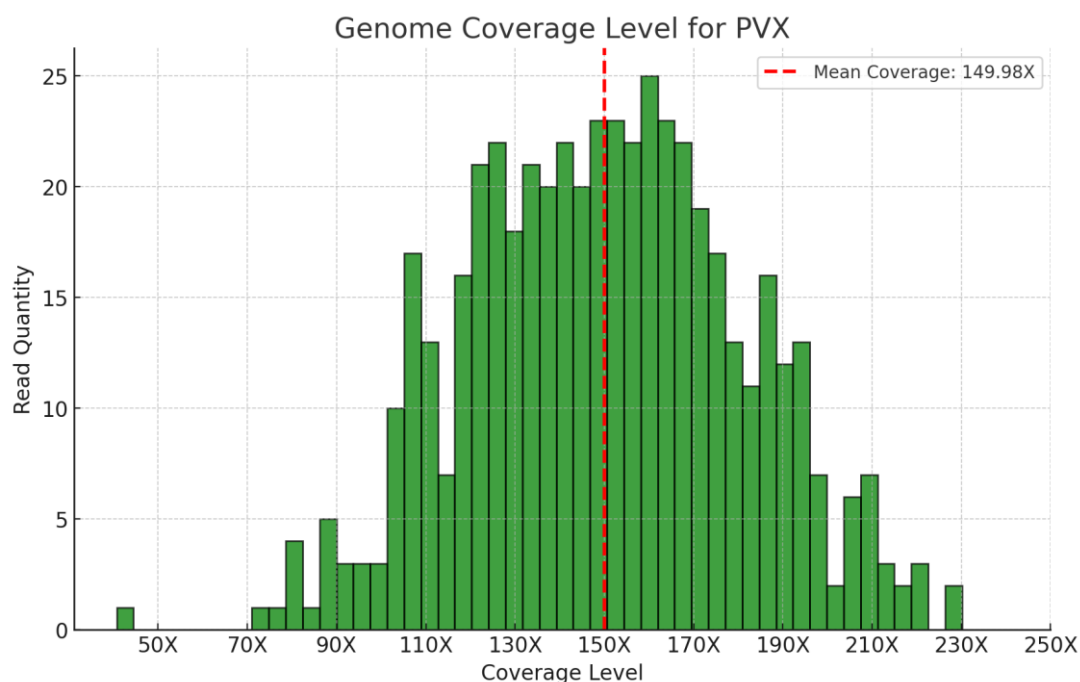


Figure 5 – Genome coverage level for PVX

The histogram shows that most coverage levels range from 120X to 180X, further reinforcing the high reliability of the sequencing data. This tight distribution around the mean indicates a consistent sequencing effort, ensuring that most regions of the PVX genome are well-represented in the sequencing data. High coverage is essential for detecting minor variants and low-frequency mutations that might be missed with lower coverage levels.

Moreover, the robust sequencing depth reduces the likelihood of missing critical regions of the genome, which is vital for comprehensive viral genome assembly. The consistency in coverage also implies that the sequencing process was well-controlled and efficient, minimizing technical biases that could otherwise affect the results.

In conclusion, the histogram underscores the effectiveness of the sequencing effort for PVX, with a high mean coverage level and a narrow distribution around the mean. This level of coverage ensures accurate and reliable detection of PVX, supports detailed genomic analysis, and provides a solid foundation for further research into the virus's genetic variability and evolution.

The analysis of PVY (Potato virus Y) isolates provided information about genome coverage metrics, as depicted by the histogram. The histogram for genome coverage level for PVY demonstrates a mean coverage level of approximately 74.92X. The red also dashed line marks the mean genome coverage level of 74.92X (figure 6).

Attaining sufficient genome coverage is essential for accurately detecting PVY in potato plants and reducing errors. An average coverage level of 74.92X, combined with a high genome coverage percentage, ensures reliable identification of PVY. This high level of coverage is critical not only for confirming the presence of the virus but also for accurately determining its sequence, identifying mutations, and performing detailed genomic analyses.

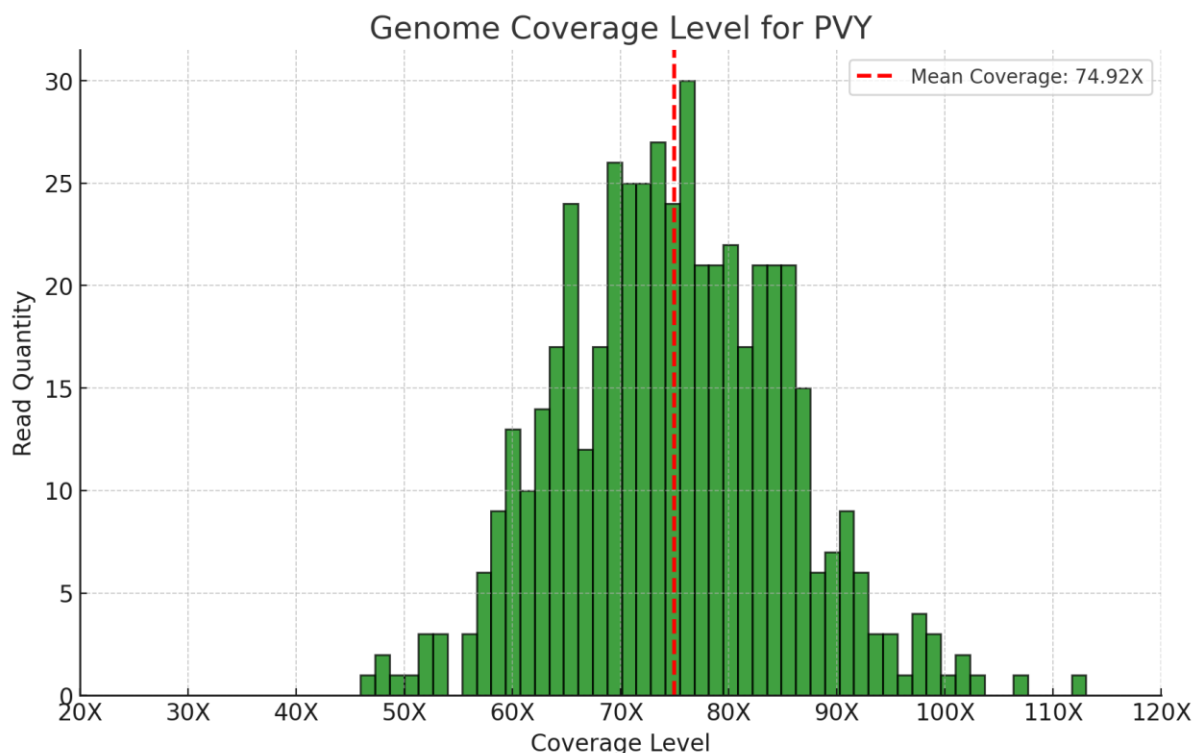


Figure 6 – Genome coverage level for PVY

The histogram indicates that most coverage levels range between 60X and 90X, reinforcing the high reliability of the sequencing data. This narrow distribution around the mean coverage level signifies a consistent sequencing effort, ensuring that most regions of the PVY genome are thoroughly represented in the sequencing data. High coverage is vital for detecting low-frequency mutations and minor variants that might be overlooked with lower coverage levels.

Furthermore, the utilization of a robust sequencing depth serves to mitigate the potential for overlooking critical portions of the genome, a critical aspect in achieving a full assembly of the viral genome. The observed uniformity in coverage levels suggests a meticulously regulated and effective sequencing procedure, hence mitigating potential technical biases that may otherwise impact the outcomes.

The presented histogram highlights the efficacy of the sequencing endeavor for PVY, as seen by a substantial average coverage level and a limited dispersion around the mean. The comprehensive scope of this coverage guarantees precise and dependable identification of PVY, facilitates in-depth genomic examination, and establishes a robust basis for subsequent investigations into the genetic variability and evolutionary patterns of the virus.

The other provided graph (picture 7) illustrates the genome coverage level for Potato virus M (PVM). The mean coverage level, indicated by the red dashed line, is 71.4X.

Average coverage level of 71.41X, combined with a high percentage of genome coverage, guarantees accurate identification of PVM. Having a substantial amount of coverage is crucial not just for verifying the existence of the virus, but also for precisely determining its sequencing, finding mutations, and doing thorough genomic analysis.

The histogram demonstrates that the majority of coverage levels fall within the range of 60X to 90X, which further confirms the strong dependability of the sequencing data. The narrow distribution centered around the average coverage level indicates a consistent and thorough sequencing effort, guaranteeing that the majority of areas in the PVM genome are well-represented in the sequencing data. Having a high level of coverage is crucial in order to identify low-frequency mutations and small variants that may go unnoticed with lesser levels of coverage.

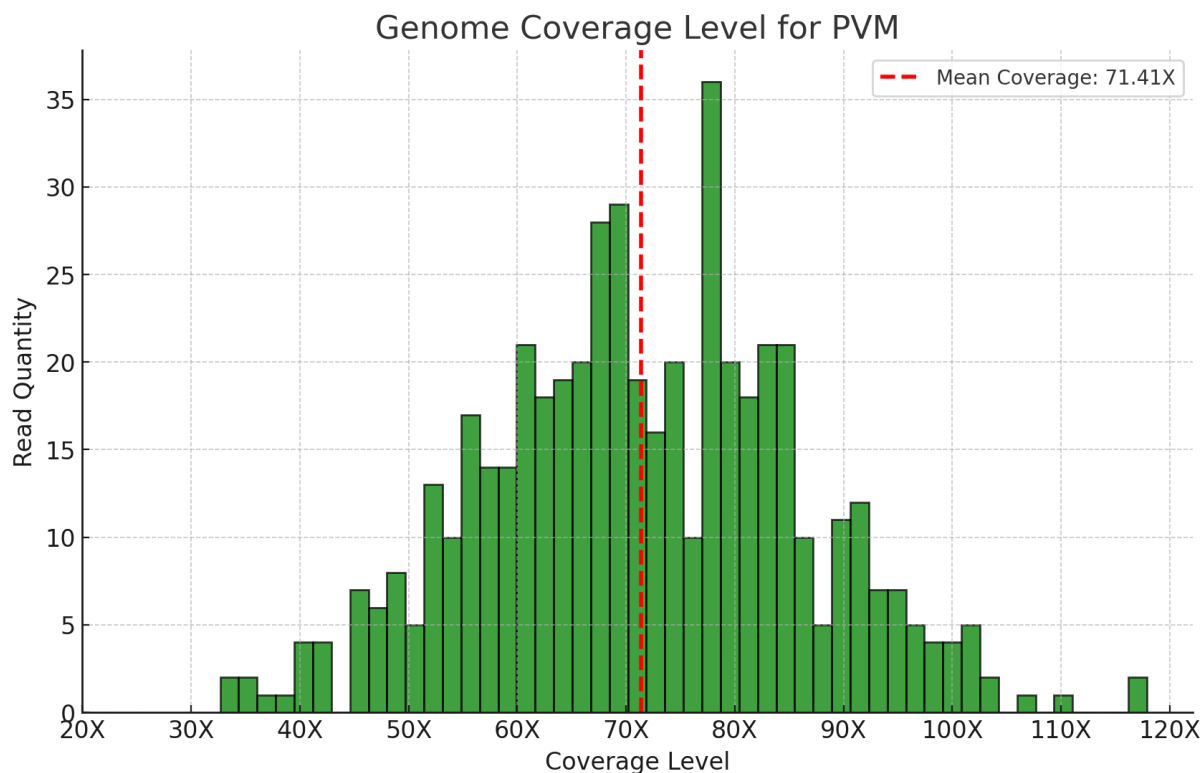


Figure 7 – Genome coverage level for PVM

Furthermore, the substantial sequencing depth reduces the likelihood of overlooking essential sections of the genome, which is critical for achieving a thorough assembly of the viral genome. The presence of consistent coverage levels indicates a tightly regulated and effective sequencing procedure, which minimizes any potential technical biases that could impact the results.

The histogram depicting the coverage level for PVM highlights the efficacy of the sequencing endeavor, as evidenced by a concentrated distribution centered around the mean. This level of coverage guarantees precise and dependable identification of PVM, facilitates comprehensive genomic analysis, and establishes a strong basis for subsequent investigation into the virus's genetic variability and development.

The next graph displays data on the genome coverage of Potato virus S (PVS) (Picture 8). The histogram representing the genome coverage level for PVS has a Gaussian distribution with a mean coverage level of around 67.17X.

It is crucial to have enough genome coverage in order to effectively identify PVS in potato plants and reduce mistakes. Average coverage level of 67.17X, along with a high percentage of genome coverage, ensures accurate diagnosis of PVS. Having a substantial amount of coverage is essential not only for verifying the existence of the virus but also for precisely defining its sequence, finding mutations, and carrying out comprehensive genomic analysis.

The histogram demonstrates that the majority of coverage levels fall within the region of 50X to 80X, hence reinforcing the strong dependability of the sequencing data. The narrow distribution around the average coverage level indicates a consistent sequencing effort, guaranteeing that the majority of areas in the PVS genome are adequately represented in the sequencing data. Having a high level of coverage is crucial in order to identify low-frequency mutations and small variants that may go unnoticed with lesser levels of coverage.

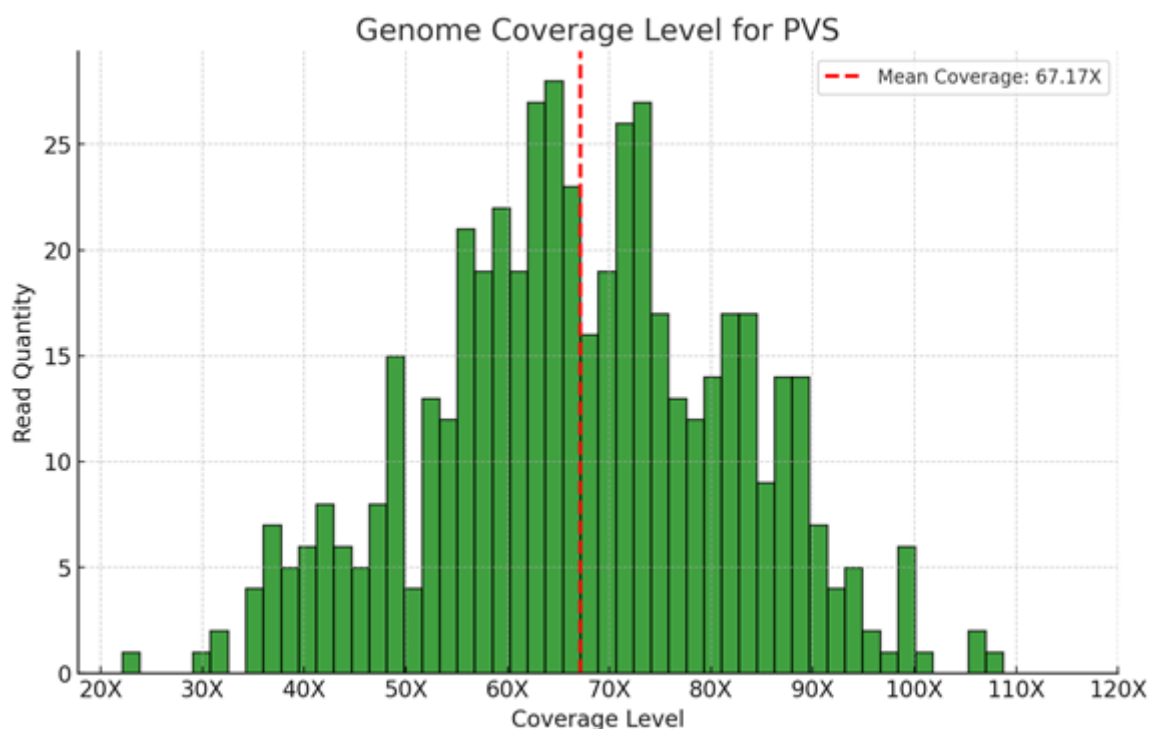


Figure 8 – Genome coverage level for PVS

High-throughput sequencing (HTS) has become a vital tool for the detection and discovery of plant viruses, offering detailed insights into the diversity and dynamics of viral populations in agricultural settings. Studies have shown that HTS is capable of identifying multiple virus and viroid species in a single assay, which includes both known pathogens and previously undetected ones. This method has been particularly effective in revealing the presence of viral co-infections and identifying viruses in asymptomatic plants, which is crucial for managing disease spread and developing resistance strategies [26, 27].

Conclusion. The application of high-throughput sequencing (HTS) technology has proven to be a powerful tool for the detection and characterization of potato viruses in Northern Kazakhstan. Our study focused on the identification and analysis of four key potato viruses: Potato virus X (PVX), Potato virus Y (PVY), Potato virus M (PVM), and Potato virus S (PVS).

The HTS data provided comprehensive genome coverage for each virus, enabling detailed genetic analysis and the identification of polymorphisms within the viral genomes. For PVX, the mean genome coverage was 150X, which is more than sufficient for reliable detection and analysis, allowing for the identification of potential mutations and detailed genome studies. The genome coverage for PVY was predominantly high, with a mean coverage of 76X, ensuring accurate detection despite some regions having lower coverage. PVM analysis showed a mean coverage of 71X, with 60% of the genome having high coverage, providing enough data for confident viral detection and characterization. Lastly, PVS had a mean coverage of 68X with 51% of the genome having high coverage, which was also adequate for reliable virus detection.

These findings underscore the efficacy of HTS in providing high sensitivity and specificity in virus detection, even at low genome copy numbers. The use of HTS allowed for the detection of mixed infections and the discovery of genetic diversity within viral populations, which is crucial for developing effective control strategies.

Our study confirms that HTS is an invaluable tool for plant virology, providing insights that are essential for the management and control of viral diseases in crops. This technology not only enhances our understanding of viral genetics and evolution but also aids in the development of virus-resistant crop varieties, which is critical for ensuring food security and agricultural sustainability in Kazakhstan and beyond.

Acknowledgments. The research was funded by The Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, grant number BR21882269 – «Using genome editing technology to increase the productivity of economically important crop plants»

REFERENCES

- 1 Cheval, J. Evaluation of High-Throughput Sequencing for Identifying Known and Unknown Viruses in Biological Samples [Text] / J. Cheval [and etc.] // Journal of Clinical Microbiology. – 2011. –Vol. 49. –P. 3268-3275. (<https://doi.org/10.1128/JCM.00850-11>).
- 2 Knierim, D. Immunocapture of virions with virus-specific antibodies prior to high-throughput sequencing effectively enriches for virus-specific sequences [Text] / D. Knierim [and etc.] // PLoS ONE. –2019. –Vol. 14. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216713>).
- 3 Charlebois, R. Sensitivity and breadth of detection of high-throughput sequencing for adventitious virus detection [Text] / R. Charlebois [and etc.] // NPJ Vaccines. –2020. –Vol. 5. (<https://doi.org/10.1038/s41541-020-0207-4>).
- 4 Massart, S. Virus Detection by High-Throughput Sequencing of Small RNAs: Large-Scale Performance Testing of Sequence Analysis Strategies [Text] / S. Massart [and etc.] // Phytopathology. –2019. –Vol. 109, No. 3. –P. 488-497. (<https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-18-0067-R>).
- 5 Akhmetova, D., Potato growing in the Akmola region of the Republic of Kazakhstan: situation analysis, priorities [Text] / D. Akhmetova [and etc.] // Problems of AgriMarket. –2023. –Vol. 1. –P. 131–138. (<https://doi.org/10.46666/2023-1.2708-9991.15>).
- 6 Anikina, I. Limited liability partnership "Pavlodar agricultural exper station." Comparative characteristics of the development and productivity of potato varieties of Kazakhstan selection in the conditions of the North-East of Kazakhstan [Text] / I. Anikina, [and etc.] // Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. BioScience Series. –2021. –No. 135. –P. 28–37. (<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2021-135-2-28-37>).
- 7 Birch, R.J.P. Crops that feed the world 8 – Potato: are the trends of increased global production sustainable? [Text] / R.J.P. Birch [and etc.] // Food Security. –2012. –Vol. 4. –P. 477-508.
- 8 Bragard, C. Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates) [Text] / Bragard, C. [and etc.] // EFSA Journal. –2020. –Vol. 18, No. 1. –P. 5855. (<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5855>).
- 9 Bragard, C. Scientific Opinion on the pest categorisation of potato virus M (non-EU isolates) [Text] / Bragard, C. [and etc.] // EFSA Journal. –2020. –Vol. 18, No. 1. –P. 5854. (<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5854>).
- 10 Byarugaba Arinaitwe Abel, Mukasa Settumba B., Barekye Alex, Rubaihayo Patrick R. Interactive effects of Potato virus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda [Text] / Byarugaba Arinaitwe Abel [and etc.] // Open Agriculture. –2020. –Vol. 5, No. 1. –P. 726-739. (<https://doi.org/10.1515/opag-2020-0073>).
- 11 Datasheet on potato virus S [Text] // CABI. (<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/43662>).
- 12 Fulladolsa, A.C. . Potato Plants Grown from Minutubers are Delayed in Maturity and Lower in Yield, but are not at a Higher Risk of Potato virus Y Infection than Plants Grown from Conventional Seed [Text] / A.C. Fulladolsa [and etc.] // Am. J. Potato Res. –2018. –Vol. 95. –P. 45-53.
- 13 Garcia-Ruiz, Hernan, Holste, N.M., LaTourrette, K. Poleroviruses (Luteoviridae) [Text] / Garcia-Ruiz, Hernan [and etc.] // Elsevier Inc., University of Nebraska–Lincoln. –2020.
- 14 Gavrilenko, T.A., Sozdanie ustojchivyh k virusam rastenij kartofelja na osnove tradicionnyh podhodov i metodov biotekhnologii [The creation of plant-resistant potatoes based on traditional approaches and biotechnology methods] [Text] / T.A.Gavrilenko [and etc.] // Identificirovannyj genofond rastenij i selekcija. –2005. –P. 896.
- 15 Hameed, A. Detection of Multiple Potato Viruses in the Field Suggests Synergistic Interactions among Potato Viruses in Pakistan [Text] / A. Hameed [and etc.] // The Plant Pathology Journal. –2014. –Vol. 30, No. 4. –P. 407-415. (<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.OA.05.2014.0039>).

- 16 Hutton, F. A. Distribution and incidence of viruses in Irish seed potato crops [Text] / F. Hutton [and etc.] // Irish Journal of Agricultural and Food Research. –2015. –Vol. 54, No. 2. – P. 98-106.
- 17 Kakabayev, A. B. The yield of elite potato varieties for primary seed production using precision agriculture technologies in the conditions of Northern Kazakhstan [Text] / A. Kakabayev, [and etc.] // E3S Web of Conferences. –2023. –Vol. 386, Art.03001. (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338603001>).
- 18 Karpova, O. . Diagnosis of potato viruses in Kazakhstan: molecular characterisation of isolates [Text] / O. Karpova [and etc.] // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. –2019. –Vol. 1. –P. 1-12. (<https://doi.org/10.11134/btp.1.2019.7>).
- 19 Kim, J . Potato virus Y (PVY) detection in a single aphid by one-step RT-PCR with boiling technique [Text] / Kim, J. [and etc.] // Entomological Research. –2016. –Vol. 46. –P. 278-285.
- 20 Kreuze, J.F. Viral Diseases in Potato [Text] / J.F. Kreuze [and etc.] // The Potato Crop. – 2020. –P. 1-5.
- 21 Mohamad, Chikh-Ali Molecular Characterization of Recombinant Strains of Potato virus Y From Saudi Arabia [Text] / Mohamad Chikh-Ali [and etc.] // Plant Disease. –2016. –Vol. 100, No. 2. –P. 292-297.
- 22 Mohamad Chikh-Ali Improved Multiplex IC-RT-PCR Assay Distinguishes Nine Strains of Potato virus Y [Text] / Mohamad Chikh-Ali [and etc.] // Plant Disease. –2013. –Vol. 97, No. 10. – P. 1370-1374.
- 23 Murphy, J. Six viruses identified in potato plants grown in Alabama, U.S.A. [Text] / Murphy, J. [and etc.] // Canadian Journal of Plant Pathology – Vol. 22. – P. 315-318. (<https://doi.org/10.1080/07060660009500481>).
- 24 Ristić, D. The Incidence and Genetic Diversity of Potato virus S in Serbian Seed Potato Crops [Text] / Ristić, D. [and etc.] // Potato Res. –2019. –Vol. 62. –P. 31-46.
- 25 Santillan, F.W. The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America [Text] / Santillan, F.W. [and etc.] // Plant Disease. –2018. –Vol. 102, No. 5. –P. 869-885.
- 26 Jones, S. Viral Diagnostics in Plants Using Next Generation Sequencing: Computational Analysis in Practice [Text] / Jones, Susan [and etc.] // Frontiers in Plant Science. –2017. –Vol. 8. (<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01770>).
- 27 Maree, Hans J.Thierry. Application of HTS for Routine Plant Virus Diagnostics: State of the Art and Challenges [Text] / Maree, Hans J. [and etc.] // Frontiers in Plant Science. –2018. –Vol. 9. (<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01082>).

ТҮЙІН

Бұл жұмыста Солтүстік Қазақстандағы картоп вирустарын анықтау және талдау үшін жоғары өнімді секвенирлеу (HTS) технологияларын қолдану зерттеледі, бұл вирустардың ауыл шаруашылығына әсері туралы түсініктерімізді кеңейтеді. Картоп вирусы Х (PVX), картоп вирусы Y (PVY), картоп вирусы М (PVM) және картоп вирусы S (PVS) сияқты вирустарға назар аударып, зерттеу осы патогендерді анықтау және егжей-тегжейлі көрсетуде HTS тиімділігін көрсетеді. Зерттеудің мақсаты картоп өндірісі маңызды, бірақ вирустық аурулармен бетпе-бет келетін Солтүстік Қазақстандағы картоп дақылдарын жұқтыратын вирустық популяцияларды жан-жақты зерттеу үшін HTS қолдану болып табылады.

Зерттеу РНҚ-ның жоғары сапасын қамтамасыз ету үшін стандартталған РНҚ экстракция әдісін қолдана отырып, Солтүстік Қазақстанның әртүрлі аймақтарындағы симптоматикалық және симптомсыз картоп өсімдіктерінен жапырақ үлгілерін жинауды қамтыды. Әрі қарай, кДНК РНҚ-дан алынды, содан кейін талдау үшін егжей-тегжейлі вирустық тізбектерді түсіруге негізделген Oxford Nanopore MinION технологиясының көмегімен реттелген.

Зерттеу нәтижелері төрт негізгі картоп вирусының идентификациясы мен генетикалық талдауын сипаттайды. Деректер барлық зерттелген вирустар үшін жоғары геномдық қамтуды көрсетті, бұл сенімді анықтауға және жан-жақты талдауға мүмкіндік береді.

Талқылау HTS вирустық инфекцияларды, соның ішінде аралас инфекцияларды егжей-тегжейлі сипаттауға қалай мүмкіндік беретінін көрсетеді. Ол технологияның дәстүрлі әдістерге қарағанда артықшылықтарын, соның ішінде аз мөлшердегі вирустарды анықтау және картоп өндірісінің стратегияларын акпараттандыру үшін пайдалануға болатын жылдам, дәл нәтижелерді қамтамасыз ету мүмкіндігін көрсетеді.

Қорытындылай келе, зерттеу қазіргі заманғы өсімдіктер патологиясында, әсіресе өсімдік вирустарын анықтауда оның жоғары сезімталдығы мен спецификасы бойынша HTS құндылығын растайды. Нәтижелер картоп вирусын басқаруды жақсарту үшін HTS пайдаланудың артуына қолдау көрсетеді, бұл Қазақстанда және ұқсас аймақтарда өнімділік пен азық-түлік қауіпсіздігін арттыру үшін маңызды.

РЕЗЮМЕ

В данной работе изучается использование технологий высокопроизводительного секвенирования (HTS) для выявления и анализа вирусов картофеля в Северном Казахстане, что расширяет наше понимание воздействия вирусов на сельское хозяйство. Сосредоточившись на таких вирусах, как вирус картофеля X (PVX), вирус картофеля Y (PVY), вирус картофеля M (PVM) и вирус картофеля S (PVS), исследование демонстрирует эффективность HTS в обнаружении и детализации этих патогенов. Целью исследования является применение HTS для всестороннего изучения вирусных популяций, которые поражают картофельные культуры в Северном Казахстане, регионе, где производство картофеля имеет решающее значение, но сталкивается с проблемами вирусных заболеваний.

Исследование включало сбор образцов листьев с симптоматических и бессимптомных растений картофеля в разных регионах Северного Казахстана с использованием стандартизированного метода извлечения РНК для обеспечения высокого качества РНК. Далее, из РНК была получена кДНК, которая затем была просеквенирована с использованием технологии Oxford Nanopore MinION, основанной на захвате подробных вирусных последовательностей для анализа.

Результаты исследования описывают идентификацию и генетический анализ четырех ключевых вирусов картофеля. Данные показали высокий геномный охват для всех изученных вирусов, что обеспечивает надежное обнаружение и всесторонний анализ.

В обсуждении подчеркивается, как HTS позволяет детально характеризовать вирусные инфекции, в том числе и смешанные инфекции. В нем указываются преимущества этой технологии по сравнению с традиционными методами, включающие ее способность обнаруживать вирусы с низкой распространенностью и обеспечивать быстрые, точные результаты, которые могут быть использованы при разработке стратегий картофелеводства.

В заключение следует отметить, что исследование подтверждает ценность HTS в современной фитопатологии, особенно в плане ее высокой чувствительности и специфичности при обнаружении вирусов растений. Результаты свидетельствуют в пользу более широкого использования HTS для улучшения управления вирусами картофеля, что имеет решающее значение для повышения урожайности и продовольственной безопасности в Казахстане и аналогичных регионах.

УДК 632.937.14
МРНТИ 68.03.07; 68.37.13

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-14-27

Әбдүкерім Р. Ж., PhD, старший преподаватель, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-4745-1437>

НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», г. Алматы, пр. Аль-Фараби 71, 050040, Казахстан, rauza91@mail.ru

Абышева Г. Т., PhD, старший преподаватель, <https://orcid.org/0000-0002-6619-2530>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», г. Астана, пр. Женис 62, 010011, Казахстан, gauhartas70@mail.ru

Түменбаева Н. Т., PhD, и.о. ассоц. профессор, <https://orcid.org/0000-0002-7320-0615>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», г. Астана, пр. Женис 62, 010011, Казахстан, nagi_kosi@mail.ru

Есенбекова Г. Т., PhD, и.о. ассоц. профессор, <https://orcid.org/0000-0002-5747-8860>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», г. Астана, пр. Женис 62, 010011, Казахстан, gulzat_es@mail.ru

Момбаева Б.К., PhD, и.о. доцента, <https://orcid.org/0009-0007-5977-1976>

НАО «Таразский региональный университет имени М.Х.Дулати», г.Тараз, пр. Сулейменова 7, 080012, Казахстан, bekzat.mombaeva.79@mail.ru

Abdukerim R. Zh., PhD, senior lecturer, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-4745-1437>

NJSC «Al-Farabi Kazakh national university», Almaty, Al-Farabi 71, 050040, Kazakhstan, rauza91@mail.ru

Abysheva G. T., PhD, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0002-6619-2530>

NJSC «S.Seifullin Kazakh agrotechnical research university», Astana, Zhenis 62, 010011, Kazakhstan, gauhertas70@mail.ru

Tumenbayeva N. T., PhD, acting associate professor, <https://orcid.org/0000-0002-7320-0615>

NJSC «S.Seifullin Kazakh agrotechnical research university», Astana, Zhenis 62, 010011, Kazakhstan, nagi_kosi@mail.ru

Yessenbekova G. T., PhD, acting associate professor, <https://orcid.org/0000-0002-5747-8860>

NJSC «S.Seifullin Kazakh agrotechnical research university», Astana, Zhenis 62, 010011, Kazakhstan, gulzat_es@mail.ru

Mombayeva B. K., PhD, acting associate professor, <https://orcid.org/0009-0007-5977-1976>

NJSC «Taraz Regional University named after M.Kh.Dulaty», Taraz, Suleimenova 7, 080012, Kazakhstan, bekzat.mombaeva.79@mail.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ ИЗ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ISOLATION OF ENTOMOPATHOGENIC MICROMYCETES FROM SOILS OF AGROCENOSSES OF TURKESTAN REGION

Аннотация

В статье приведены результаты работ по выделению и идентификации энтомопатогенных грибов из агроценозов Туркестанской области. Для выделения грибов из почвы использовали метод насекомых-приманок (использовали личинки большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* L)). В результате в чистую культуру выделено 41 изолятов. Первичную идентификацию изолятов проводили по определителям. Анализ видового состава изолированных культур по морфологическим признакам показал, что большая часть изолятов относится к грибам рода *Beauveria*. Установлено, что все выделенные новые изоляты достаточно хорошо развиваются на питательной среде Сабуро. Большинство изолятов имеют морфологию, характерную для рода *Beauveria*, то есть округлые колонии белого или бежевого цвета и с более тёмной окраской в центре. Мицелий пушистый или войлочный, белого цвета. Однако, морфологический анализ не достаточен для выявления криптических видов. Поэтому, для уточнения таксономического статуса природных изолятов был проведен ПЦР-анализ по локусу ITS. Благодаря использованию молекулярно-генетического метода выявили два криптических вида *B. bassiana* и *B. pseudobassiana*. Подавляющее большинство выделенных культур относится к виду *B. bassiana* (85%), на втором месте по встречаемости – *B. pseudobassiana* (15%).

ANNOTATION

The article presents the results of the works on the isolation and identification of entomopathogenic fungi from agrocenoses of the Turkestan region. To isolate fungi from the soil, the insect bait method was used (use larvae of the mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L)). As a result, 41 isolates were isolated in pure culture. Primary identification of isolates was carried out using identifiers. Analysis of the species composition of isolated cultures by morphological features showed that most isolates belong to fungi of the genus *Beauveria*. It was found that all newly isolated isolates develop quite well on Saburo's nutrient medium. Most isolates have a morphology characteristic of the

genus *Beauveria*, that is, round colonies of white or beige color and with a darker color in the center. The mycelium is fluffy or felted, white. However, morphological analysis is not sufficient to identify cryptic species. Therefore, to clarify the taxonomic status of natural isolates, PCR analysis was performed on the ITS locus. Using the molecular genetic method, two cryptic species were identified: *B. bassiana* and *B. pseudobassiana*. The overwhelming majority of isolated cultures belong to the species *B. bassiana* (85%), with *B. pseudobassiana* in second place (15%).

Ключевые слова: биоразнообразие, почвенные образцы, энтомопатогенные грибы, *Beauveria*, насекомые-приманки, агроценозы.

Key words: biodiversity, soil samples, entomopathogenic fungi, *Beauveria*, bait insects, agroecosystems.

Введение. Энтомопатогенные микромицеты во всем мире используются в системе микробиологической борьбы с вредителями в качестве эффективных и безопасных для окружающей среды средств биологического контроля для защиты большого разнообразия сельскохозяйственных культур от насекомых-вредителей. По данным ученых, среди множества существующих в естественной природе грибов до сегодняшнего дня определено больше 700 видов энтомопатогенных грибов [1-3]. Из них наиболее перспективными являются около 15 видов [4-6].

Для разработки микоинсектицидов активно используют штаммы анаморфных грибов. Среди них наиболее известные следующие представители этого рода *Beauveria bassiana* (Bals.) (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Akanthomyces* spp. Lebert (Hypocreales: Cordycipitaceae) и *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Hypocreales: Clavicipitaceae), которые вызывают смертность у широкого спектра насекомых-вредителей и способны колонизировать широкий спектр растений-хозяев вызывая у них устойчивость к вредителям и фитопатогенам [7-9].

Почвенные, эндофитные и энтомопатогенные микромицеты из рода *Beauveria* широко распространены в природе и имеют большое практическое значение как продуценты микоинсектицидов, а также ферментов, фармакологически значимых и токсичных соединений [10-15]. По данным зарубежных ученых, грибы рода *Beauveria* естественным образом растут как эндофит в надземных и подземных вегетативных тканях растений, обычно приобретаемый растением из окружающей среды путем горизонтальной передачи, хотя возможна и вертикальная передача через семена [16]. Кроме того, было установлено, что энтомопатогенные грибы могут быть искусственно введены в растения в качестве эндофита с использованием различных методов инокуляции, таких как инокуляция семян, полив почвы, корневая инокуляция и внекорневая подкормка [17, 18]. В этом взаимодействии растения и микроорганизма происходит взаимовыгодный обмен: гриб получает питательные вещества, а растение-хозяин получает стимуляцию роста за счет увеличения поглощения воды и питательных веществ, что способствует образованию биомассы корней. Кроме того, энтомопатогенные грибы улучшают системную защиту от вредителей и фитопатогенов [19, 20]. На основе исследований зарубежных ученых стало известно, что когда растения колонизируются грибами рода *Beauveria*, они выделяют иную смесь летучих соединений по сравнению с неколонизированными контрольными растениями. Некоторые из этих соединений обладают антимикробными свойствами. Следовательно, эндофитная колонизация грибами рода *Beauveria* может помочь не только непосредственно бороться с насекомыми-вредителями, но и повысить устойчивость растений к фитопатогенам [21]. Поэтому, поиск новых изолятов энтомопатогенных грибов и изучение их биологической активности позволит в значительной мере продвинуться в вопросах, связанных с разработкой новых биологических инсектицидов и является перспективным направлением защиты сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы исследований. Маршрутные обследования проводились во всех агроценозах Туркестанской области. Почвенные образцы отбирались с помощью пробоотборника почвы на глубину 20 см, затем помещались в стерильные пакеты ziplock для дальнейшей работы. Отобранная почва была измельчена механически и просеяна с помощью сита для очистки от посторонних материалов. После чего отправлены на хранение в холодильник при температуре 4°C.

В лабораторных условиях изоляцию энтомопатогенных микромицетов проводили с использованием насекомых-приманок согласно опыту зарубежным ученым [22-23]. Для этого использовали личинки большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* L) на поздней стадии развития. Из каждого образца собранной почвы 250 грамм помещали в пластиковый контейнер. Туда же помещали личинки большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* L) с питанием для предотвращения преждевременной смерти без инфицирования. Хранили контейнеры при комнатной температуре не ниже 20°C. Ежедневно наблюдали за личинками на предмет признаков мускардины для подтверждения инфицирования. Мертвые личинки помещали во влажную камеру (при температуре 25°C на 7 дней) для появления микоза. При появлении признаков микоза собирали конидии с поверхности личинки и переносили на питательную среду Сабуро.

Энтомопатогенные грибы культивировали на питательной среде Сабуро в чашках Петри при температуре 25°C. Состав питательной среды Сабуро: глюкоза – 10 грамм; пептон – 10 грамм; мальтоза – 10 грамм; дрожжевой экстракт – 1 грамм; агар-агар – 16-18 грамм; вода – 1 л.

Видовую идентификацию энтомопатогенных грибов проводили использованием классических световой микроскопии и молекулярно-генетических методов. Для этого изоляты культивировали на питательной среде Сабуро в течении 14 дней. Морфологическую диагностику энтомопатогенных грибов проводили по книге Э.З. Коваль [3]. Для достижения правильной классификации был использован молекулярный метод с использованием маркера внутренний транскрибируемый спейсер (ITS) [24,25]. Полученные результаты сравнивали с депонированными культурами в Генбанке, методом BLAST с помощью встроенной утилиты на сервере NCBI.

Результаты исследований. Для выделения энтомопатогенных микромицетов были отобраны больше 150 почвенных образца с разных точек агроценозов области. В лабораторных условиях в эти почвенные образцы помещали личинки большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* L) в качестве приманки для энтомопатогенных грибов (рисунок 1). Наблюдение проводились в течении 29 дней. В результате из 865 личинок на 29 сутки погибло 647 личинок. Мертвые личинки помещали во влажную камеру (при температуре 25°C на 7 дней) для появления микоза. Из 647 мертвых личинок признаки микозы появились у больше 60 личинок помещенных в разные почвы.



Рисунок 1 – Почвенные образцы с личинками большого мучного хрущака (*Tenebrio molitor* L)

Изоляцию энтомопатогенных грибов в чистую культуру проводили по стандартной методике микробиологии. Небольшой кусок мицелиально-спорового налета грибов с трупика личинки большого мучного хрущака препаровальной иглой переносили в чашку Петри с питательной средой. Затем помещали в термостат для дальнейшего роста. Пересев проводили по мере необходимости для получения чистой культуры энтомопатогенных микромицетов. Первичную идентификацию изолятов проводили по определителям. Анализ видового состава изолированных культур по морфологическим признакам показал, что большая часть изолятов относится к грибам рода *Beauveria*. Во время выделения энтомопатогенных грибов в чистую культуру также были исследованы культурально-морфологические особенности новых изолятов. Установлено, что все выделенные новые изоляты достаточно хорошо развиваются на питательной среде Сабуро. Большинство изолятов имеют морфологию, характерную для рода *Beauveria*, то есть округлые колонии белого или бежевого цвета и с более темной окраской в центре. Мицелий пушистый или войлочный, белого цвета (рисунок 2).

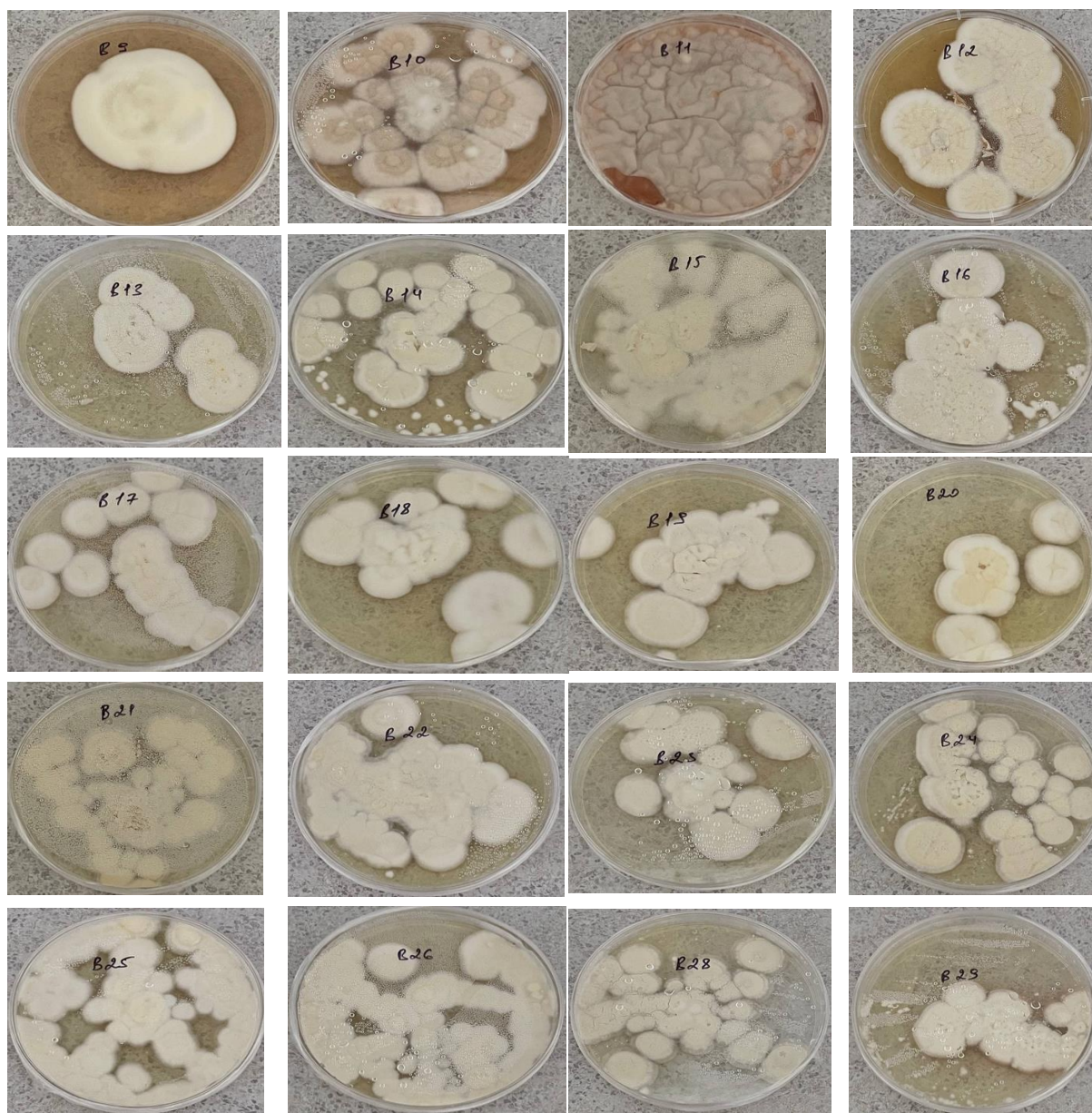
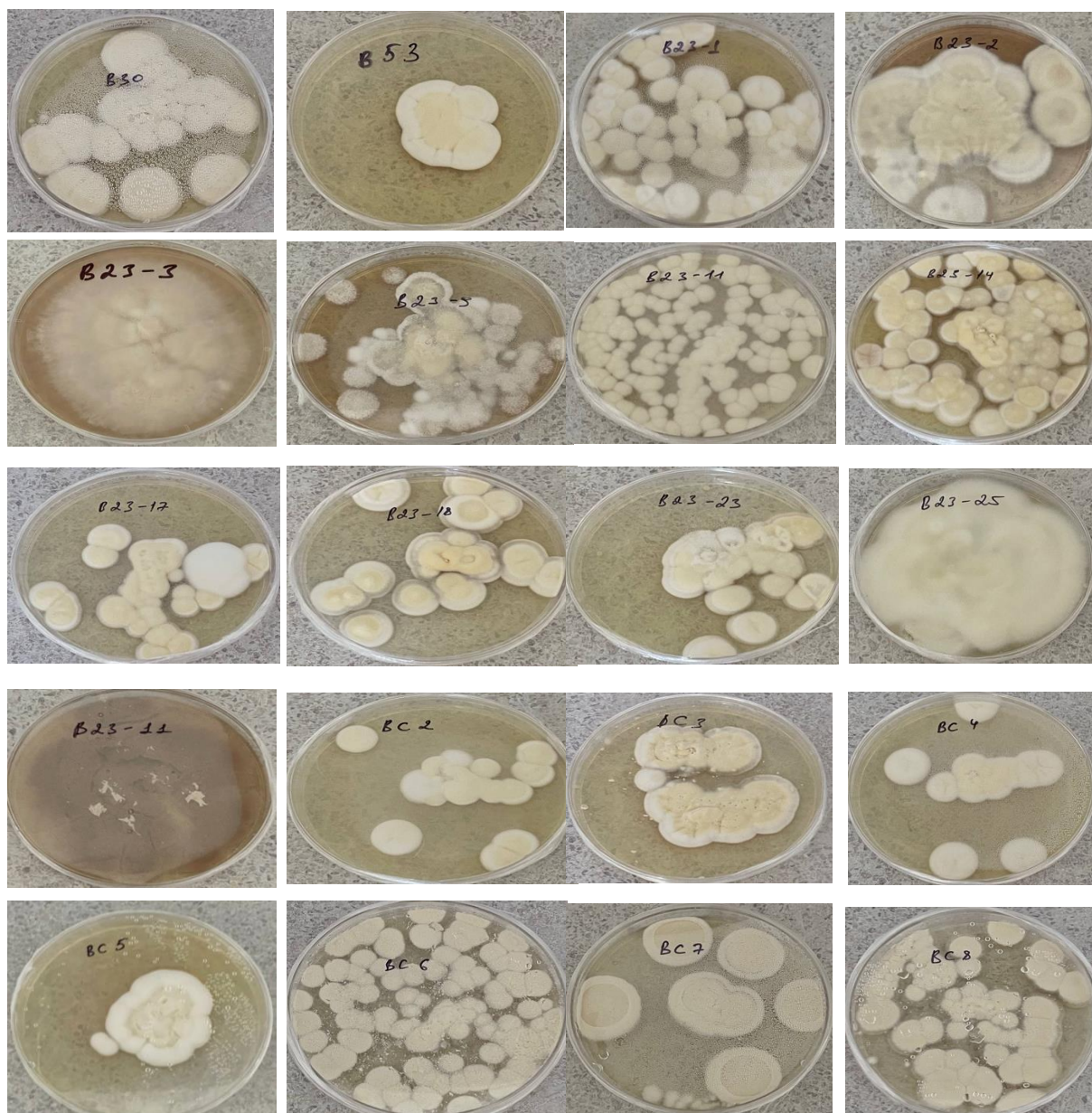


Рисунок 2 – Макроморфология колоний энтомопатогенных микромицетов выделенных из почв агроценозов Туркестанской области на питательной среде Сабуро



Продолжения Рисунка 2 – Макроморфология колоний энтомопатогенных микромицетов выделенных из почв агроценозов Туркестанской области на питательной среде Сабуро

Для выявления криптических видов была проведена оценка размера конидий выделенных изолятов. Однако, существенных различий по размеру спор не выявлено. Поэтому, для уточнения таксономического статуса природных изолятов был проведен ПЦР-анализ по локусу ITS. Таким образом, благодаря использованию молекулярно-генетического маркера выявили два криптических вида *B. bassiana* и *B. pseudobassiana* (таблица 1). Подавляющее большинство выделенных культур относится к виду *B. bassiana* – 85% (35 изолятов), на втором месте по встречаемости – *B. pseudobassiana* – 15% (6 изолятов). Внутривидовое биоразнообразие грибов низкое и представлены всего в двух гаплотипах *B. bassiana* ARSEF 1564 и *B. pseudobassiana* ARSEF 3405. Другие виды грибов не обнаружены. Видимо это связано с тем, что их распространение ограничено конкретными условиями окружающей среды или хозяином.

Таблица 1 – Видовой состав энтомопатогенных грибов выделенных из почв южного Казахстана

№	Изолят	Типовой вид в Генбанке	Количество прочитанных генов	Сходство, %	Другие похожие виды (≥10)
1	2	3	4	5	6
1	B9	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405	614	80.58	<i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
2	B10	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405	940	80.9	<i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria kipukae</i> ARSEF 7032
3	B11	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405	657	71.72	<i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564 <i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598
4	B12	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	352	62.08	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
5	B13	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	588	60.87	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
6	B14	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	701	59.41	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
7	B15	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	465	52.72	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorpha</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
8	B16	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	491	60.77	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
9	B17	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	636	59	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741 <i>Beauveria amorpha</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343

1	2	3	4	5	6
10	B18	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	690	60.31	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741 <i>Gibellula shennongjiaensis</i> GZAC SNJ2012
11	B19	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	343	61.58	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
12	B20	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	314	63.43	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
13	B21	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	646	59	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343 <i>Beauveria amorphae</i> ARSEF 2641
14	B22	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	319	58.11	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
15	B23	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	462	60.39	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
16	B24	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	646	59	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343 <i>Beauveria amorphae</i> ARSEF 2641
17	B25	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	437	60.44	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
18	B26	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	524	62.68	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
19	B28	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	384	54.55	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257
20	B29	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	575	57.1	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorphae</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
21	B30	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	425	59.94	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
22	B53	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	352	62.08	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
23	B23-1	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	472	60.59	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741

1	2	3	4	5	6
24	B23-2	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	296	52.86	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405 <i>Yarrowia lipolytica</i> CBS 6124
25	B23-3	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405	724	82.55	<i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
26	B23-9	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405	574	55.78	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343 <i>Beauveria kipukae</i> ARSEF 7032 <i>Beauveria brongniartii</i> ARSEF 617
27	B23-11	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	266	44.86	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405 <i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Yarrowia lipolytica</i> CBS 6124 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257
28	B23-13	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	394	58.54	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
29	B23-14	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	640	59.04	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
30	B23-17	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	755	58.85	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
31	B23-18	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	846	62.85	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorphae</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
32	B23-23	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	846	62.85	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorphae</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
33	B23-25	<i>Beauveria pseudobassiana</i> ARSEF 3405	882	80.55	<i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria kipukae</i> ARSEF 7032
34	B23-11	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	825	56.39	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorphae</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741 <i>Gibellula shennongjiaensis</i> GZAC SNJ2012 <i>Beauveria caledonica</i> BCRC 32867

1	2	3	4	5	6
35	Bc2	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	432	56.1	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorpha</i> ARSEF 2641
36	Bc3	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	394	58.54	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741
37	Bc4	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	652	58.48	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria lii</i> ARSEF 11741 <i>Beauveria amorpha</i> ARSEF 2641
38	Bc5	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	343	61.58	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
39	Bc6	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	329	60.59	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214
40	Bc7	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	626	58.45	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214 <i>Beauveria amorpha</i> ARSEF 2641 <i>Beauveria malawiensis</i> IMI 228343
41	Bc8	<i>Beauveria bassiana</i> ARSEF 1564	386	57.19	<i>Beauveria australis</i> ARSEF 4598 <i>Beauveria varroae</i> ARSEF 8257 <i>Beauveria majiangensis</i> GZAC GZU1214

Из выделенных культур не один изолят не показал сходство свыше 90% с типовым видом в Генбанке, что показывает необходимость дальнейших исследований с использованием более информативного маркера Tef (фактор элонгации трансляции Efla).

Результаты показывают, что видовое богатство энтомопатогенных грибов в почвах южного Казахстана довольно скромное. Большинство выделенных грибов относятся к роду *Beauveria*, что соответствует мнению ученых о том, что данные грибы широко распространены в природе [26]. Полученные данные на основе морфологического и молекулярного анализа локуса ITS показывает, что в почвах южного Казахстана распространены два вида энтомопатогенных грибов *Beauveria pseudobassiana* и *Beauveria bassiana*, что согласуется с данными ученых Cai и Medo с соавторами о том, что именно эти виды энтомопатогенных грибов часто встречаются в почвах [27,28]. Другие виды грибов рода *Beauveria* не обнаружены. Видимо это связано с тем, что их распространение ограничено конкретными условиями окружающей среды или хозяином. По мнению ученых Казарцева и Леднева вид *Beauveria pseudobassiana* более распространен в лесных экосистемах, а *Beauveria bassiana* чаще встречается в сельскохозяйственных районах [29]. Полученные результаты согласуются с этими данными, поскольку в составе выделенных культур преобладал вид *Beauveria bassiana*. В некоторых работах это связывают с тем, что *Beauveria pseudobassiana* более чувствителен к биотическим и абиотическим факторам в сравнении *Beauveria bassiana* [30,31]. Однако, факторы окружающей среды, которые могут лежать в основе предпочтений среды обитания грибов рода *Beauveria*, недостаточно изучены и требует дополнительных исследований.

Закключение. Благодаря использованию метода насекомых-приманок из почв южного Казахстана выделено 41 изолятов энтомопатогенных грибов. Первичную идентификацию изолятов проводили по определителям. Анализ видового состава изолированных культур по морфологическим признакам показал, что большая часть изолятов относится к грибам рода *Beauveria*. Установлено, что все выделенные новые изоляты достаточно хорошо развиваются на питательной среде Сабуро. Большинство изолятов имеют морфологию, характерную для рода *Beauveria*, то есть округлые колонии белого или бежевого цвета и с более темной окраской в

центре. Мицелий пушистый или войлочный, белого цвета. Однако, морфологический анализ не достаточен для выявления криптических видов. Поэтому, для уточнения таксономического статуса природных изолятов был проведен ПЦР-анализ по локусу ITS. Благодаря использованию молекулярно-генетического маркера выявили два криптических вида *B. bassiana* и *B. pseudobassiana*. Подавляющее большинство выделенных культур относится к виду *B. bassiana* – 85% (35 изолятов), на втором месте по встречаемости – *B. pseudobassiana* – 15% (6 изолятов).

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта: № AP14972820 «Изучение биоразнообразия энтомопатогенных грибов распространенных в агроценозах южного Казахстана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Burge, M. N. The scope of fungi in biological control [Text] / M. N. Burge // Fungi in biological control systems. Manchester - New York: Manchester University Press. – 1988. – P. 1 -18.
- 2 Charnley, A. K. Entomopathogenic fungi and their role in pest control [Text] / A.K. Charnley // The Mycota IV. Environmental and microbial relationships. - Springer - Verlag, Heidelberg, Germany. – 1997. – P. 185 - 201.
- 3 Коваль, Э.З. Определитель энтомофильных грибов СССР [Текст] / Э.З. Коваль // Киев: Наукова Думка. – 1974. – С. 260.
- 4 Павлюшин, В. А. Факторы вирулентности гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. и патогенез мускардиноза насекомых [Текст] / В.А. Павлюшин // Дис. канд. биол. наук. Л. – 1979. – С. 205.
- 5 Zimmermann, G. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent [Text] / G. Zimmermann // Pesticide Sci. – 1993. – V. 37. – P. 375 - 379.
- 6 Gelernter, W. D., Lomer C. J. Success in biological control of above - ground insects by pathogens [Text] / W. D. Gelernter [and etc.] // Measures of Success in Biological Control. G. Gurr and S. Wratten, Eds. – 2000. – P. 127 - 139.
- 7 Vega, F.E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review [Text] / F.E. Vega // Mycologia. – 2018. – V. 110 (1). – P. 4–30.
- 8 González-Mas, N. Colonization by the Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassiana* Affects Plant Volatile Emissions in the Presence or Absence of Chewing and Sap-Sucking Insects [Text] / N. González-Mas [and etc.] // Front. Plant Sci. – 2021. – P. 1-13.
- 9 Qiu-yang, Method for observing *Beauveria bassiana* colonization in plants [Text] / W. Qiu-yang [and etc.] // Methods X. – 2021. – V 8. - P. 1-7.
- 10 Petkova, M., Spasova-Apostolova, V., Masheva, V., Atanasova, D., Tahsin, N. Endophytic colonization of Solanaceae family plants by fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* strain 339 to control Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [Text] / M. Petkova [and etc.] // Bulg. J. Agric. Sci., 27 (Suppl. 1). – 2021. – P. 143–149.
- 11 Tomilova, O.G. Early Physiological Response of Potato Plants to Entomopathogenic Fungi under Hydroponic Conditions [Text] / O.G. Tomilova [and etc.] // Horticulturae. – 2021. – V.7. – P. 217-223.
- 12 Oumi, N. Epiphytic and endophytic colonisation of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* strain GHA [Text] / N. Oumi [and etc.] // Mycology. – 2021. – V. 12:1. – P. 39-47.
- 13 Macuphe, N. Evaluating the Endophytic Activities of *Beauveria bassiana* on the Physiology, Growth, and Antioxidant Activities of Extracts of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) [Text] / N. Macuphe [and etc.] // Plants. 2021. – P. 1-15.
- 14 Gabriel, A. Comparative efficacy of endophytic versus foliar application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against the crucifer diamondback moth larvae for sustainable cabbage protection [Text] / A. Gabriel [and etc.] // Int. J. Biol. Chem. Sci. – 2020. – V. 14(4). – P. 1448-1458.
- 15 Levchenko, M. The effect of endophytic colonization of wheat plants by the fungus *Beauveria bassiana* on the development of the nymphs of the migratory and desert locusts [Text] / M. Levchenko [and etc.] // BIO Web of Conferences. – 2020. – V. 18. – P. 10-18.

- 16 Toffa, J. Endophytic colonization of tomato plants by *Beauveria bassiana* Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) and leaf damage in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae [Text] / J. Toffa [and etc.] // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2021. – no. 1. P. 1-9.
- 17 Abdel-Baky, N.F. Efficacy of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs under laboratory conditions [Text] / N.F. Abdel-Baky [and etc.] // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2021. – 58(2). – P. 743-750.
- 18 Alikhani, M. Effect of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, on demographic fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) [Text] / M. Alikhani [and etc.] // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2019. – no. 1. – P. 1-7.
- 19 Contreras, J. Efficacy of Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* Against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [Text] / J. Contreras [and etc.] // Journal of Economic Entomology. – 2014. – Volume 107. – P. 121–124.
- 20 Erasmus, R. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Pupae to Soil Applied Entomopathogenic Fungal Biopesticides [Text] / R. Erasmus [and etc.] // Insects. – 2021. – 515. – P. 1-12.
- 21 Allegrucci, N. Endophytic colonisation of tomato by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: the use of different inoculation techniques and their effects on the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [Text] / N. Allegrucci [and etc.] // Journal of Plant Protection Research. – 2017. – 57(4). – P. 331-337.
- 22 Polat İ. Efficacy of Local Entomopathogenic Fungi Isolated from Forestlands in Tokat Province (Türkiye) Against the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) [Text] / I. Polat [and etc.] // Turkish Journal of Entomology. – 2022. – 46, no. 2. – P. 159-173.
- 23 Bali, G. K. An insight in proteome profiling of *Tuta absoluta* larvae after entomopathogenic fungal infection [Text] / G. K. Bali [and etc.] // Scientific. – 2022. – no. 1. – P. 1-7.
- 24 Rehner, S.A. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs [Text] / S.A. Rehner [and etc.] // Mycologia. – 2005. – 97(1). – P.84–98.
- 25 Rehner, S.A. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria* [Text] / S.A. Rehner [and etc.] // Mycologia. – 2011. – 103(5). – P.1055–1073.
- 26 Meyling, N.V., Pilz, C., Keller, S., Widmer, F., Enkerli, J. Diversity of *Beauveria* spp. isolates from pollen beetles *Meligethes aeneus* in Switzerland [Text] / N.V. Meyling [and etc.] // Journal Invertebr Pathol. – 2012. – 109. – P. 76–82.
- 27 Cai, Y. Discrimination of Chinese *Beauveria* strains by DGGE genotyping and taxonomic identification by sequence analysis of the Bloc nuclear intergenic region [Text] / Y. Cai [and etc.] // Appl.Entomol.Zool. – 2013. – 48. – P. 255–263.
- 28 Medo, J. Phylogenetic structure and habitat associations of *Beauveria* species isolated from soils in Slovakia [Text] / J. Medo [and etc.] // Journal of Invertebrate Pathology. – 2016. – 140. – P. 46-50.
- 29 Kazartsev, I.A. Distribution and Diversity of *Beauveria* in Boreal Forests of Northern European Russia [Text] / I.A. Kazartsev [and etc.] // Microorganisms. – 2021. – 9. – P. 1409.
- 30 Gebremariam, A. Phenotypic, molecular, and virulence characterization of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin, and *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin from soil samples of Ethiopia for the development of mycoinsecticide [Text] / A. Gebremariam [and etc.] // Heliyon. – 2021. – 7(5). – P. e07091.
- 31 Shah, F.A. Influence of commercial fungicides on the germination, growth and virulence of four species of entomopathogenic fungi [Text] / F.A. Shah [and etc.] // Biocontrol Science and Technology. – 2009. – 19(7). – P. 743–753.

REFERENCES

- 1 Burge, M. N. The scope of fungi in biological control [Text] / M. N. Burge // Fungi in biological control systems. Manchester - New York: Manchester University Press. – 1988. – P. 1 -18.

- 2 Charnley, A. K. Entomopathogenic fungi and their role in pest control [Text] / A. K. Charnley // The Mycota IV. Environmental and microbial relationships. - Springer - Verlag, Heidelberg, Germany. – 1997. – P. 185 - 201.
- 3 Koval', E.Z. Opredelitel' enomofil'nyh gribov SSSR [Tekst] / E.Z. Koval' // Kiev: Naukova Dumka. – 1974. – C. 260.
- 4 Pavlyushin, V. A. Faktory virulentnosti griba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. i patogenez muskardinoza nasekomyh [Tekst] / V.A. Pavlyushin // Dis. kand. biol. nauk. L. – 1979. – C. 205.
- 5 Zimmermann, G. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent [Text] / G. Zimmermann // Pesticide Sci. – 1993. – V. 37. – P. 375 - 379.
- 6 Gelernter, W. D., Lomer C. J. Success in biological control of above - ground insects by pathogens [Text] / W. D. Gelernter [and etc.] // Measures of Success in Biological Control. G. Gurr and S. Wratten, Eds. – 2000. – P. 127 - 139.
- 7 Vega, F.E. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review [Text] / F.E. Vega // Mycologia. – 2018. – V. 110 (1). – P. 4-30.
- 8 González-Mas, N. Colonization by the Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassiana* Affects Plant Volatile Emissions in the Presence or Absence of Chewing and Sap-Sucking Insects [Text] / N. González-Mas [and etc.] // Front. Plant Sci. – 2021. – P. 1-13.
- 9 Qiu-yang, Method for observing *Beauveria bassiana* colonization in plants [Text] / W. Qiu-yang [and etc.] // Methods X. – 2021. – V 8. - P. 1-7.
- 10 Petkova, M., Spasova-Apostolova, V., Masheva, V., Atanasova, D., Tahsin, N. Endophytic colonization of Solanaceae family plants by fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* strain 339 to control Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [Text] / M. Petkova [and etc.] // Bulg. J. Agric. Sci., 27 (Suppl. 1). – 2021. – P. 143–149.
- 11 Tomilova, O.G. Early Physiological Response of Potato Plants to Entomopathogenic Fungi under Hydroponic Conditions [Text] / O.G. Tomilova [and etc.] // Horticulturae. – 2021. – V.7. – P. 217-223.
- 12 Oumi, N. Epiphytic and endophytic colonisation of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* strain GHA [Text] / N. Oumi [and etc.] // Mycology. – 2021. – V. 12:1. – P. 39-47.
- 13 Macuphe, N. Evaluating the Endophytic Activities of *Beauveria bassiana* on the Physiology, Growth, and Antioxidant Activities of Extracts of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) [Text] / N. Macuphe [and etc.] // Plants. 2021. – P. 1-15.
- 14 Gabriel, A. Comparative efficacy of endophytic versus foliar application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against the crucifer diamondback moth larvae for sustainable cabbage protection [Text] / A. Gabriel [and etc.] // Int. J. Biol. Chem. Sci. – 2020. – V. 14(4). – P. 1448-1458.
- 15 Levchenko, M. The effect of endophytic colonization of wheat plants by the fungus *Beauveria bassiana* on the development of the nymphs of the migratory and desert locusts [Text] / M. Levchenko [and etc.] // BIO Web of Conferences. – 2020. – V. 18. – P. 10-18.
- 16 Toffa, J. Endophytic colonization of tomato plants by *Beauveria bassiana* Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) and leaf damage in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae [Text] / J. Toffa [and etc.] // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2021. – no. 1. P. 1-9.
- 17 Abdel-Baky, N.F. Efficacy of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs under laboratory conditions [Text] / N.F. Abdel-Baky [and etc.] // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2021. – 58(2). – P. 743-750.
- 18 Alikhani, M. Effect of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, on demographic fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) [Text] / M. Alikhani [and etc.] // Egyptian Journal of Biological Pest Control. – 2019. – no. 1. – P. 1-7.
- 19 Contreras, J. Efficacy of Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* Against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [Text] / J. Contreras [and etc.] // Journal of Economic Entomology. – 2014. – Volume 107. – P. 121–124.

- 20 Erasmus, R. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Pupae to Soil Applied Entomopathogenic Fungal Biopesticides [Text] / R. Erasmus [and etc.] // Insects. – 2021. – 515. – P. 1-12.
- 21 Allegrucci, N. Endophytic colonisation of tomato by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: the use of different inoculation techniques and their effects on the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [Text] / N. Allegrucci [and etc.] // Journal of Plant Protection Research. – 2017. – 57(4). – P. 331-337.
- 22 Polat İ. Efficacy of Local Entomopathogenic Fungi Isolated from Forestlands in Tokat Province (Türkiye) Against the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) [Text] / I. Polat [and etc.] // Turkish Journal of Entomology. – 2022. – 46, no. 2. – P. 159-173.
- 23 Bali, G. K. An insight in proteome profiling of *Tuta absoluta* larvae after entomopathogenic fungal infection [Text] / G. K. Bali [and etc.] // Scientific. – 2022. – no. 1. – P. 1-7.
- 24 Rehner, S.A. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1- α sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps* teleomorphs [Text] / S.A. Rehner [and etc.] // Mycologia. – 2005. – 97(1). – P.84–98.
- 25 Rehner, S.A. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria* [Text] / S.A. Rehner [and etc.] // Mycologia. – 2011. – 103(5). – P.1055–1073.
- 26 Meyling, N.V., Pilz, C., Keller, S., Widmer, F., Enkerli, J. Diversity of *Beauveria* spp. isolates from pollen beetles *Meligethes aeneus* in Switzerland [Text] / N.V. Meyling [and etc.] // Journal Invertebr Pathol. – 2012. – 109. – P. 76–82.
- 27 Cai, Y. Discrimination of Chinese *Beauveria* strains by DGGE genotyping and taxonomic identification by sequence analysis of the Bloc nuclear intergenic region [Text] / Y. Cai [and etc.] // Appl.Entomol.Zool. – 2013. – 48. – P. 255–263.
- 28 Medo, J. Phylogenetic structure and habitat associations of *Beauveria* species isolated from soils in Slovakia [Text] / J. Medo [and etc.] // Journal of Invertebrate Pathology. – 2016. – 140. – P. 46-50.
- 29 Kazartsev, I.A. Distribution and Diversity of *Beauveria* in Boreal Forests of Northern European Russia [Text] / I.A. Kazartsev [and etc.] // Microorganisms. – 2021. – 9. – P. 1409.
- 30 Gebremariam, A. Phenotypic, molecular, and virulence characterization of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin, and *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin from soil samples of Ethiopia for the development of mycoinsecticide [Text] / A. Gebremariam [and etc.] // Heliyon. – 2021. – 7(5). – P. e07091.
- 31 Shah, F.A. Influence of commercial fungicides on the germination, growth and virulence of four species of entomopathogenic fungi [Text] / F.A. Shah [and etc.] // Biocontrol Science and Technology. – 2009. – 19(7). – P. 743–753.

ТҮЙІН

Мақалада Түркістан облысының агроценоздарынан энтомопатогенді саңырауқұлақтарды бөліп алу және идентификациялау жұмыстарының нәтижелері берілген. Саңырауқұлақтарды топырақтан бөліп алу үшін жемдік жәндіктер әдісін қолдандық (ірі ұн қоңызының дернәсілдері (*Tenebrio molitor* L.) қолданылды). Нәтижесінде 41 изолят таза культураға бөлініп алынды. Изоляттарды бастапқы идентификациялау анықтағыштар арқылы жүзеге асырылды. Морфологиялық белгілері бойынша бөлініп алынған культуралардың түрлік құрамын талдау изоляттардың көпшілігі *Beauveria* тұқымдасының саңырауқұлақтарына жататынын көрсетті. Барлық жаңа изоляттардың Сабуро коректік ортасында жақсы өсетіні анықталды. Изоляттардың көпшілігінде *Beauveria* тұқымдасына тән морфологиясы бар, яғни ақ немесе бежевый түсті дөңгелек колониялар және ортасында қою түсті. Мицелийлары үлпілдек немесе киізді, ақ түсті. Дегенмен, морфологиялық талдау құпия түрлерді анықтау үшін жеткіліксіз. Сондықтан табиғи изоляттардың таксономиялық жағдайын нақтылау үшін ITS локусында ПТР талдауы жүргізілді. Молекулярлық-генетикалық әдісті қолданудың аркасында *B. bassiana* және *B. pseudobassiana* криптикалық екі түрі анықталды. Оқшауланған культуралардың басым көпшілігі *B. bassiana* (85%) түріне жатады, *B. pseudobassiana* (15%) таралуы бойынша екінші орында.

UDC 632.727
IRSTI 68.37.05; 68.37.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-28-38

Amangeldi N., PhD, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-6850-821X>

NJSC «Al-Farabi Kazakh national university», Almaty, Al-Farabi 71, 050040, Kazakhstan, nnurka87@mail.ru

Amangeldikyzy Z., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-8701-6819>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian-Technical University named after Zhangir Khan», Uralsk, st. Zhangir Khan 51, 090009, Kazakhstan, zako_89@mail.ru

Abdukerim R. Zh., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4745-1437>

NJSC «Al-Farabi Kazakh national university», Almaty, Al-Farabi 71, 050040, Kazakhstan, rauza91@mail.ru

Yerezhepova A., <https://orcid.org/0009-0001-1098-9698>

Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Gogol 114, 050000, Kazakhstan, yerezhepova.ainur@gmail.com

SOW THISTLE (SONCHUS OLERACEUS L) PLANTS GROWTH AND CHEMICAL COMPOSITION FROM THE ABOVEGROUND PART IN KAZAKISTAN

ANNOTATION

Kazakhstan's plenty of geographic climates offer an ideal environment for the development and research of thistle medicinal plant species, which are abundant in bioactive chemicals. The identification and measurement of important substances such as amino acids, fatty acids, and vitamins were highlighted in this study, which focuses on the chemical composition of the Sow thistle (*Sonchus Oleraceus* L.) plant in Kazakhstan. Medicinal plants, as is well-known, have long been acknowledged for their therapeutic features, providing a natural substitute for manufactured medications that may have less negative effects. Utilizing advanced physicochemical methodologies and chromatographic techniques, the study effort aims to clarify the possible medicinal uses of this particular plant species. The State Pharmacopoeia of the USSR and previous phytochemical studies established methodologies, standards and underscored the rigor and reliability of the analytical approach. The findings of this study contribute to the growing body of knowledge on the bioactive constituents of Sow thistle medicinal plants in Kazakhstan, highlighting their pharmacological significance and potential for drug discovery. By harnessing the chemical diversity of Kazakhstan's flora, researchers can unlock new opportunities for the development of pharmaceuticals, nutraceuticals, and other health-promoting products derived from natural sources.

Key words: *Sow thistle (Sonchus Oleraceus L), chromatogram, surfactant, spectrophotometry, qualitative analysis, quantitative analysis.*

Introduction. Since ancient times, medicinal plants have been a major source of therapeutic compounds, providing artificial medications with a natural alternative and often more sustainable substitute. These plants are valuable resources for a variety of industries, including food and pharmaceuticals, because of their chemical composition, which is a major factor in their therapeutic qualities. Hendawy et al. (2019) conducted a comprehensive survey of winter weeds affecting medicinal plants in Egypt, identifying key weed species and their impacts on crop yield and quality. The study emphasized the necessity of integrated weed management strategies, including crop rotation, mechanical weeding, and the use of herbicides, to mitigate losses and ensure the sustainable cultivation of medicinal plants in the region. The findings highlighted significant economic and ecological impacts of weed infestations on medicinal plant cultivation, underscoring the need for policy interventions and farmer education programs to adopt integrated weed management practices [1]. Peschken et al. (1983) investigated yield reductions in rapeseed caused by perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*) in Saskatchewan and Manitoba. The study revealed substantial economic losses due to weed competition, emphasizing the importance of effective weed control measures such as timely herbicide applications and improved cultural practices to enhance rapeseed productivity in

Western Canada. The authors called for continued research and extension services to assist farmers in implementing effective weed management strategies [2]. Zollinger (1989) provided a detailed analysis of the distribution, biology, and control strategies for perennial sowthistle in Michigan. The study underscored the necessity of integrated pest management approaches that incorporate cultural, biological, and chemical control methods to manage this invasive weed species effectively in agricultural settings. Zollinger emphasized early detection and consistent monitoring to prevent the spread of perennial sowthistle and recommended developing regional management plans tailored to specific agricultural practices and environmental conditions [3]. Morozova (2023) documented the presence and impacts of archaeophytes in the flora of European Russia, highlighting the ecological implications of invasive plant species. The study called for enhanced monitoring and management efforts to mitigate the negative effects of these species on native biodiversity and ecosystem stability. Morozova's research stressed the importance of understanding ecological interactions between archaeophytes and native species and recommended targeted conservation efforts and public awareness campaigns to protect native flora [4]. Abbasi et al. (2015) explored the ethnobotanical aspects of wild edible vegetables in the Lesser Himalayas, focusing on their nutritional value and cultural significance. The research underscored the importance of these vegetables as traditional food sources and advocated for their sustainable utilization and conservation to support local livelihoods and biodiversity conservation efforts. The authors recommended integrating wild edible vegetables into local diets and agricultural systems to enhance food security and promote sustainable land-use practices [5]. Madanan et al. (2021) assessed the phytoremediation potential of *Chloris barbata* Sw. in roadside environments contaminated with heavy metals. Their findings highlighted the efficacy of *Chloris barbata* Sw. in mitigating environmental pollution and reducing risks associated with heavy metal accumulation in the food chain. The study advocated for the use of *Chloris barbata* Sw. in phytoremediation programs and recommended further research to optimize its application in various environmental contexts, promoting environmental sustainability and public health [6]. Malik et al. (2021) reviewed medicinal plants used for hypertension treatment, emphasizing their pharmacological properties and potential as alternative therapies. The study highlighted the significance of medicinal plants in traditional medicine and suggested their integration into mainstream healthcare systems for managing hypertension and other prevalent health conditions. The authors recommended rigorous clinical trials and standardization of herbal formulations to ensure safety and efficacy, along with policies to support the cultivation and sustainable use of medicinal plants [7]. YI et al. (2015) cataloged major introduced economic plants in China, providing insights into their cultivation, economic importance, and ecological impacts. The research emphasized the role of these introduced species in supporting agricultural productivity and economic development while highlighting the need for sustainable management practices to minimize potential environmental risks. The study suggested implementing best practices for the introduction and management of economic plants, including risk assessments and monitoring programs to prevent invasive species outbreaks [8]. Asaduzzaman et al. (2023) investigated the germination ecology and growth phenology of cowvine (*Ipomoea lonchophylla*), focusing on environmental factors influencing its invasive potential. Their findings provided valuable information for developing effective management strategies to control the spread of cowvine and mitigate its impact on agricultural and natural ecosystems. The study recommended integrated weed management approaches, including mechanical removal, herbicide application, and the use of cover crops to suppress cowvine growth [9]. Littlefield et al. (2000) proposed the introduction of the Chondrilla root moth (*Bradyrrhoa gilveolella*) as a biological control agent for rush skeletonweed in North America. The study advocated for sustainable weed management practices using biological control methods to reduce reliance on chemical herbicides and promote long-term weed control strategies. The authors recommended rigorous ecological assessments and pilot programs to evaluate the effectiveness and potential non-target impacts of biological control agents before widespread implementation [10]. Thill and Lemerle (2001) reviewed global issues related to herbicide resistance in wheat production systems, underscoring the growing challenge of herbicide-resistant weeds. Their analysis emphasized the importance of integrated weed management approaches that combine cultural practices, herbicide rotation, and alternative control methods to sustainably manage weed populations and preserve herbicide efficacy. The study called for international collaboration in

research and policy development to address herbicide resistance and promote sustainable agricultural practices [11]. Kazakhstan, with its diverse territorial zones and rich biodiversity, presents a promising landscape for the cultivation and study of medicinal plants. The study of plant phytochemicals, such as fatty acids, amino acids, tannins, and vitamins, provides valuable insights into the bioactive compounds present in these plants. Research efforts, such as those by Miftakhova and Muzychkina, have focused on phytochemical analyses and the detection of biological activities in plant substances, shedding light on the potential therapeutic benefits of these natural compounds [12]. Methods such as chromatography, as described by Bolotnikov and Schreiber, have been instrumental in identifying and quantifying specific compounds in plant materials. The State Pharmacopoeia of the USSR and other references have provided standardized protocols for the analysis of plant components, ensuring consistency and accuracy in research findings [13]. The chemical composition of medicinal plants, as explored by researchers like Pleshkov and Goryaeva, encompasses a wide range of bioactive molecules with diverse pharmacological properties. From fatty acids to vitamins like ascorbic acid, these compounds contribute to the therapeutic potential of medicinal plants [14, 15]. Furthermore, the presence of alkaloids, phenolic compounds, and other bioactive substances in plants, as studied by researchers like Raffaus and Khazbievich, highlights the complexity and diversity of phytochemical profiles. These compounds not only offer medicinal benefits but also serve as valuable resources for drug discovery and development [13].

In considering this, the current study aims to discover and quantify important chemicals such as amino acids, fatty acids, and vitamins by examining the chemical composition of the *Sonchus Oleraceus* L. plant in Kazakhstan. Through the use of advanced physicochemical techniques, the study seeks to offer insightful information about the possible therapeutic applications of this plant species. When everything is considered, there exists a lot of potential for developing new medications, nutraceuticals, and other health-promoting items from the investigation of the chemical composition of medicinal plants in Kazakhstan. Through the utilization of advanced analytical techniques and the region's abundant biodiversity, scientists may fully explore the potential benefits of these natural resources for human well-being and health.

Materials and methods of research. We used chromatographic specialized technique to look at the chemical composition of the *Sonchus Oleraceus* L. plant in Kazakhstan. The plant's above-ground parts, such as its stems, leaves, and flowers, were chosen as the main focus of the study. Quantitative determinations of the plant raw materials were conducted following state standards. The extraction process involved using 50% alcohol and water solutions to obtain the plant's bioactive compounds. And for qualitative analysis, chromatography methods, including paper chromatography, were utilized to separate amino acids, alkaloids, flavonoids, vitamins, and carbohydrates present in the plant material. Physicochemical methods were then applied for quantitative determinations of these compounds. Amino acids were determined by extracting the plant material in different solutions (acetone, alcohol, boiling water, distilled water) and subjecting the extracts to chromatography. The presence of vitamins B1, B2, C, and other compounds was qualitatively assessed using specific reagents. Furthermore, heavy metal analysis was conducted to ensure the safety of the plant material for human use. The results indicated that the plant contained beneficial compounds such as amino acids, proteins, phenolic acids, fatty acids, and vitamins, with no harmful levels of heavy metals detected.

Sow thistle (Latin: *Sonchus Oleraceus* L.) is an annual herbaceous plant of the Asteraceae family (Asteraceae). Milk thistle (*Sonchus Oleraceus*) is a plant that grows only in the wild, not having the status of a weed. *Sonchus Oleraceus* (milk thistle) is a plant belonging to the thistle family [16]. An organism is considered a weed when it grows in a place where people seem to dislike it because it gets in the way of their needs, wants, or interests. Weeds are plants with nature that make them hazardous, noticeable, difficult to control in controlled environments, or just plain unpleasant in grassy areas, parks, fields, gardens, and apple orchards as well as in residential and commercial areas. Specifically, weeds have evolved to flourish in human environments like that of purposefully planted plants [16, 17]. The group of true weeds includes several biologically interesting plants that are closely related to human cultivated land, gardens and fields. These weeds are closely related to cultivated plants planted by humans. Such plants are identical to their complete disappearance in nature. True weeds grow side

by side with human planted plants and are part of the flora of cultivated plants. These weeds are quite adapted to the specific conditions of the cultivated land; from which they cannot escape separately. As a rule, true weeds die out because they are not adapted to the conditions of the natural phytocenosis [18]. Garden thistle or sow thistle (*Sonchus Oleraceus* L.) translates from Latin as "garden thistle" because it is used for food. An annual plant with a height of (25-100 cm). The stem is often branched. The leaves are serrated, lyre-shaped pinnate, prickly with a large heart-shaped triangular apical lobe significantly exceeding the lateral ones. It has milky juice. The light yellow flowers are collected in inflorescences-baskets. Sow thistle (*Sonchus Oleraceus* L.) blooms from June to September [16, 18]. Sow thistle is a very common weed of the family of compound flowers. It resembles a dandelion in appearance. The plant Siam weed (*Chromolaena odorata*) which is a perennial plant with a long stem, up to 100 cm in height, branched at the top and known for its medicinal properties. The leaves are sessile, narrowed to the base, toothed or lobed. The flowers are tubular, lilac, unisexual, the inflorescences are a basket. Achenes are small, glabrous, with a fly of feathery hairs. The plant is a big problem for crops, as a weed, propagating both by seeds and vegetative [16, 17]. The plant is found everywhere. There are wide range of different species of Sow thistle as shown in (Table 1) such as 70 species known in Africa and Eurasia, and it is ubiquitous as a weevil. In the CIS countries there are 6 species, including 5 weeds. The most harmful of them is the plough thistle (*Sonchus Oleraceus*) (*S. arvensis*). It is considered a pest of grain and cultivated plants. Sow thistle (*Sonchus Oleraceus*) and ragged thistle (*Sonchus Oleraceus*) are good fodder for livestock, especially pigs [19].

Table 1 – Common types of Sow thistle (*Sonchus Oleraceus*) species

Russian name	Latin name	Spreading of roots, cm	Yield, thousand units	Seed growth, years	References
Sow thistle	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	10-12	15-20	4	[5]
Field thistle (yellow)	<i>Sonchus arvensis</i>	50	20	5	[8]
Pink thistle (bodyak)	<i>Cirsium arvense</i>	15-35	36,0	3-4	[8]
Blue thistle (Molokan)	<i>Mulgedium tataricum</i>	100	0,5-2,0	5-4	[4]

Bodyak or yellow thistle is another name for sow thistle. It is also known by a variety of popular names, such as milky tassel, milk thistle, smooth thistle, annual sow thistle, hare's colwort, and soft thistle. *Sonchus oleraceus* is a member of the Cichorieae tribe within the Asteraceae family. These species are native to Western Asia and Europe. Only four species of sow thistle plants are found in our country's forests [13,16].

- Garden (sow thistle), *Sonchus oleraceus* L.
- Seva(field sow thistle), *Sonchus arven*
- Scarlet (bodyak), *Cirsium arvense*
- Hard (sow thistle hard)

The annual herbaceous plant known as garden sow thistle, or *Sonchus oleraceus* L., has a white, juicy, glabrous stem. The hollow, straight stem of this annual plant can reach heights of 30 to 100 centimeters (12 to 39 in). It can withstand most soil types and prefers full sun. The hermaphrodite flowers tend to be fed by flies and bees [1, 5]. Seeds carried by the wind or water help it spread. The flower is yellow; the inflorescences are pediculate. The stem is thinly branched, up to 1m. The underside of the leaf is large, the edges are serrated, the middle and upper ones are sessile. Yellow flowers are collected in (5-15) baskets. It grows in the garden, in the vegetable garden, in the field on the banks of various reservoirs on the river bank (figure a, b).

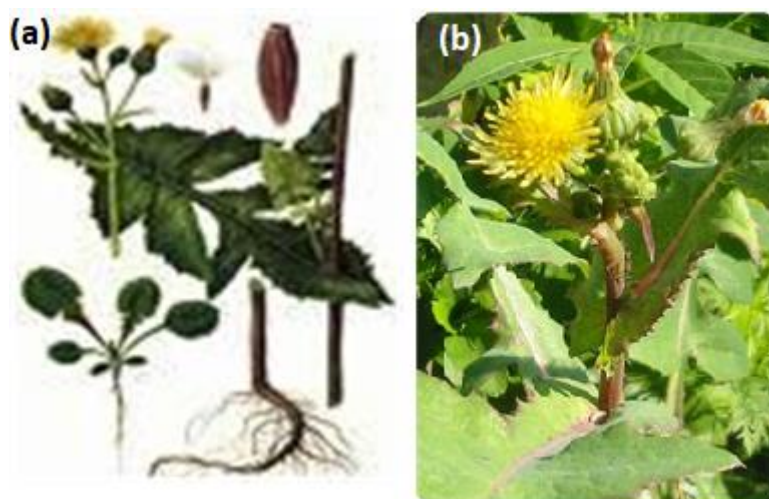


Figure 1 – (a) General view of the plant *Sonchus oleraceus* L. (b) Aboveground part of the plant *Sonchus oleraceus* L.

The grain will be crumbly. Seeds, through root shoots, are propagated by stem shoots with a sufficient amount of moisture. Ripe grains fly up into the air and germinate, penetrating the soil. One plant produces up to 15 thousand grains. Sow thistle grows well in dry, highly nutritious soil. Grass is harvested in July–September, and young leave in May– June. It is well eaten not only by humans but also by rabbits, geese, and all domestic animals, especially sheep. Just appeared buds and non-flowering branches are well weathered. After flowering in mostly in July, the plant should be used after treatment with warm water before use. Sow Thistle's white milky juice will be sour, similar to witch hazel juice. The use of this plant is similar [16, 19].

Results and their discussion. *Sonchus oleraceus* L. plant is a real food for diabetics. The chemical composition has not been fully studied. And the composition of the plant depends on the place where it grows. It is known that only the leaves contain 47% mg of vitamin C, 0.9% carbohydrates, and 4.6% protein. The raw material contains carotene (provitamin A) and minerals. One interesting fact is that *Sonchus oleraceus* L plant is not affected by the soil, it grows in all climatic zones and gives a high yield and in Indonesia this plant is grown culturally [19]. Proteins are the most important of the substances found in all living organisms, and they are a major part of the cell's protoplasm. Protein substances are formed in the plant [4, 8]. For this purpose, nitrogen compounds in the soil are used. And legumes can produce protein by using nitrogen in the air. The animal world and humans synthesize protein from amino acids and other nitrogen-containing organic substances [16, 21]. They get such substances from plants and other animals, which they use for food. The simplest protein composition includes the following elements (calculated as%): carbon 50-54; oxygen 21.5-23.5; hydrogen 6.5-7.3; nitrogen 15-17. 6; sulfur 0.3-2.5. Some individual proteins also contain small amounts of iron, phosphorus, zinc, cobalt, manganese, molybdenum, iodine, copper, and other elements [15, 20]. The nitrogen content of proteins is stable and averages 16 percent of all elements by dry weight. Therefore, to determine the amount of protein in a particular biological material, determining the amount of nitrogen in it, it multiplies the value by the number 6,25($100:16=6,25$) [12, 22]. The trace elements contained in the Garden sow thistle plant were determined by the method of emission spectral analysis (using a DFS–13 spectrograph). Garden plant sow thistle is distinguished by its composition, which includes vitamins, alkaloids, proteins, amino acids, especially trace elements: iron, potassium, calcium, magnesium, sodium, phosphorus, manganese, chlorine, zinc. Many trace elements affect blood circulation in the body, protein, salt metabolism and activation of enzymes, the general process of metabolism. Trace elements have a certain physiological effect, if they are not enough in the body, which leads to the occurrence of certain diseases. Quantitative determination of trace elements contained in the melon residue was carried out by the method of emission spectral analysis on a DFS-13 spectrograph. The resulting 300 mg of plant ash is vaporized in a (DC Spark I-16. 2100-3600A) is photographed in zone 0. The reference is determined on the basis of silicon. The sensitivity of the analysis is (10^{-2} - 10^{-5}) %. Result of determination of standard copper sludge (SHM-M TCO 2962 – 84). The result of the obtained trace elements is presented in (Table 2).

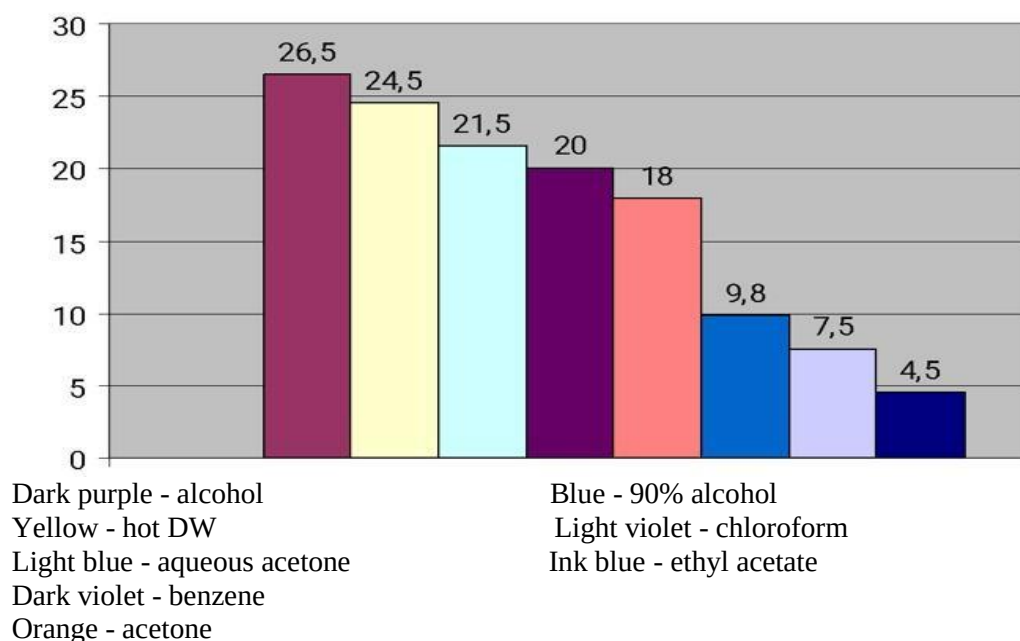
Table 2 – Microelement composition of *Sonchus Oleraceus* L. (sow thistle) plant

Element:	Zn	Mn	Ca	Mg	K	P	Cl	Na
mg:	3,4	7,6	210	80	820	70	50	12

Medicinal plant extractives mean the quantitatively determined dry residue obtained by dissolving organic and inorganic substances from plant raw materials with appropriate solvents. The presence of extractive substances in medicinal plant raw materials is an important quantitative indicator describing its good quality. Depending on the chemical composition of plant raw materials and the solvent used, the chemical substances contained in it are separated by means of a solvent. To determine the extractivity of a given substance, a suitable solvent specified in NTD is taken. This solvent is used to make an extract or concentrate of that raw material. Most often it is ethyl alcohol (40 or 70%) or water. To determine the extractivity of the above-ground part of the plant in different solutions, we took solutions in two different alcohols, acetone, chloroform, benzene, ethyl acetate and water. Extractivity results are shown in (Table 3) and (Diagram 1).

Table 3 – The attractiveness of the above-ground part of the *Sonchus Oleraceus* (sow thistle) plant

№	Solutions	Raw material weight, g	Solvent volume, ml	separated substance, mass g	separated substance, %
1	50% alcohol	2	25	0,53	26,5
2	DW	2	25	0,49	24,5
3	Aqueous acetone	2	25	0,43	21,5
4	Benzene	2	25	0,4	20
5	Acetone	2	25	0,36	18
6	90% alcohol	2	25	0,20	9,8
7	Chloroform	2	25	0,15	7,5
8	Ethyl acetate	2	25	0,08	4,5

Figure 2 – Extractivity of the *Sonchus Oleraceus* L. plant in different solutions

As considered in the (Table 3) the extractivities of 50% alcohol and water are higher than others. That is, the extractivities of these solutions are used for further research. The paper chromatography results are shown in (Tables 4). As a result of chromatography, it was determined that there are 2 amino acid substances in distilled water, one in aqueous acetone, two in 50% alcohol, one

in hot alcohol, two in 90% alcohol, and two in water.

According to the above-mentioned method, amino acids were chromatographed, comparing them with qualitatively known amino acids. As a result, as can be seen from (Table 4, 3) amino acids were separated in aqueous acetone (valine, threonine, glycine, arginine); 5 (phenylalanine, methionine, threonine, glycine, lysine) in 50% alcohol; 4 (valine, tryptophan, threonine, glycine) in 90% alcohol; 2 (threonine, glycine) in hot alcohol; It was found that hot water contains 3 (phenylalanine, threonine).

Table 4 – Results of comparative paper chromatography of amino acids

Amino acids	R _f	Ningiridine
1	2	3
DL- lysine	0,353	Light purple
Glycine	0,443	Purple
L- arginine	0,330	Ink blue
Threonine	0,533	Purple
Valine	0,684	Ink blue
Phenyl analine	0,737	Ink blue
Isoleucine	0,744	Light purple
Tryptophan	0,612	Light purple
Destilled water	0,532	Light purple
Aqueous acetone	0,686	Purple
	0,532	Dark purple
	0,430	Dark purple
	0,321	Ink blue
50% alcohol	0,714	Pink
	0,65	Purple
	0,535	Purple
	0,442	Dark purple
	0,3	Ink blue
90% alcohol	0,697	Light purple
	0,640	Purple
	0,528	Dark purple
	0,422	Dark purple
Boiling alcohol	0,540	Light purple
	0,430	Purple
Boiling water	0,737	Light purple
	0,547	Purple
	0,291	Ink blue

Furthermore, radial chromatography method, which is often used in the qualitative determination of amino acids. Is shown in (Table 5).

Table 5 – Results of determination of amino acids by radial chromatographic method

System	Extraction	R _f	Defining	Color
1	2	3	4	5
Saturated solution of phenol in water	DW	0,2647	Ninhydrin	Purple
		0,6176		Light purple
		0,9117		Brown purple
-	Aqueous acetone	0,2121 0,6363	-	Brown purple Light purple
-	50% alcohol	0,7059 0,4117 0,1764	-	Light purple Dark purple

1	2	3	4	5
-	Hot alcohol	0,1764 0,4411 0,7059 0,9117	-	Light purple Purple Dark purple Brown purple
-	90% alcohol	0,2059 0,4117 0,7647 0,9411	-	Purple Light purple Purple Brown purple
-	Hot water	0,3684 0,7368	-	Pale purple Dark purple

The composition of fatty acids (higher carboxylic acids) of the above-ground part of the *Sonchus Oleraceus* L. Plant was found by gas chromatography "Carlo-Erba-4200" (USA, Italy). For the analysis Chromatography special conditions were used such as Injector temperature - 188°C, the temperature of the detector is 230°C, the temperature of the oven is 188°C and the Analysis time was one hour. For this analysis, the crushed raw material is extracted with a mixture of chloroform and methanol (2:1) for 5 minutes. The extract is filtered through a paper filter and concentrated. After that, the obtained extract is methylated with 10 ml of methanol, 2-3 drops of chloroacetyl and 60-70°C in a special system for 30 minutes. Methanol is concentrated using a rotary evaporator, and the samples are extracted with 5 ml of hexane and injected into the gas chromatograph.

Table 6 – Fatty acid composition of *Sonchus Oleraceus* L. plant.

Fatty acids	Symbols	Composition, %
		<i>Sonchus Oleraceus</i> L.
Miristin	C _{14:0}	3,2
Pentadecane	C _{15:0}	7
Palmitine	C _{16:0}	16,5
Palmitolein	C _{16:1}	2,8
Stearin	C _{18:0}	9,2
Olein	C _{18:1}	35
Linol	C _{18:2}	24,5
Linolene	C _{18:3}	1,5

Garden sow thistle is used in folk medicine. To do this, the aboveground part of the specified plant is collected during the flowering period and dried. The Garden sow thistle plant has diuretic, lactogenic, hemostatic properties (especially in bloody sputum) and has an anti-inflammatory effect. It is used as a medicine for intestinal worms. White milk of the plant was used in folk medicine for liver diseases, and all the organs of the plant *for gout and hemorrhoids*. Crushed young leaves are pressed to the operated wound. Young leaves (previously placed in water) are part of the healing salad. Garden sow thistle is used as a medicinal plant with choleric, diuretic and anti-inflammatory effects. Water tincture of Garden sow thistle is used as a milk multiplier for inflammation of the intestines of internal organs (stomach, lungs, liver), jaundice, hemorrhoids, chest diseases, in nursing women. Freshly brewed grass is used for steaming painful areas. In folk medicine, melon cabbage is used for jaundice, hemorrhoids, kidney diseases, spitting blood, treating intestinal worms, pumping bile and anti-inflammatory treatment. Water decoction of Garden sow thistle is used for inflammation of the stomach, intestines, liver, lungs, jaundice and hemorrhoids. Freshly picked and boiled herbs are used to treat sore throats, chronic gastroenteritis. The vegetative mass of Garden sow thistle is used in the treatment of bone-vascular tuberculosis, malarial diseases, ascites, epigastric diseases, and as a treatment for bedbugs. In Chinese medicine, the root is used to stop bleeding, and herbs - as a laxative, tonic, and vitamin substance. The leaf juice is mixed with egg yolk and used in the treatment of breast cancer. Since time immemorial, arable grass has been considered a medicinal herb. Tincture and decoction regulate metabolic processes in the human body, well help with headaches and neuroses.

This plant is used in the treatment of vascular diseases in the treatment of Yellow disease, as a choleric agent, grass and Viburnum Root are used. Young leaves and twigs of sow thistle are used to make salad, vinaigrette, soup, and cabbage soup. To get a bitter taste, it is pre-soaked in salted water for (30-40) minutes. But the bitter taste does not disappear completely, giving the salad a special sour taste. Soup and schida bitter taste is not felt. Cooked leaves are added to soup, mashed potatoes, seasonings, fruit snacks and dough. Leaves mixed with rice powder are added to pancakes. After rinsing the leaves of garden viburnum with boiling water, young women in labor prepare a special dish to increase milk. The leaves are being prepared for winter. To do this, the leaves are collected and salted or dried in the first months of summer. Naturally, further detailed study of the chemical composition of water is necessary.

Conclusion. The chemical analysis of the *Sonchus Oleraceus* L. plant in Kazakhstan has revealed a rich composition of bioactive compounds, including amino acids, fatty acids, and vitamins, with potential therapeutic benefits. The presence of essential nutrients and phytochemicals underscores the plant's value as a source of natural remedies and pharmaceutical ingredients. The study's adherence to standardized methods and the absence of harmful heavy metals further enhance the plant's suitability for medicinal and industrial applications. These findings support the continued exploration and utilization of Kazakhstan's diverse flora for the development of novel healthcare products and pharmaceutical formulations. By leveraging the bioactive potential of medicinal plants, researchers can contribute to the advancement of natural medicine and sustainable healthcare practices. The results of this study serve as a foundation for future research endeavors aimed at harnessing the full therapeutic potential of medicinal plants in Kazakhstan and beyond.

REFERENCES

- 1 Hendawy, S. F. Winter weeds and its control in the medicinal plants in Egypt: a survey study. [Text] / S. F. Hendawy [and etc.] // Egyptian Pharmaceutical Journal. – 2019. - № 18 (1). – P. 16-26.
https://www.researchgate.net/publication/338660525_Winter_weeds_and_its_control_in_the_medicinal_plants_in_Egypt_a_survey_study
- 2 Peschken, D. P. Loss in yield of rapeseed (*Brassica napus*, *B. campestris*) caused by perennial sowthistle (*Sonchus arvensis*) in Saskatchewan and Manitoba. [Text] / D.P. Peschken, A.G. Thomas, R.F. Wise // Weed Science. – 2000. - № 31 (5). – P. 740-744. DOI: 10.1017/S0043174500071981
- 3 Morozova, O. V. Archaeophytes in the flora of European Russia. [Text] / O.V. Morozova // Russian Journal of Biological Invasions. – 2023. - № 14 (2). – P. 160-221. DOI: 10.1134/S2075111723020088
- 4 Abbasi, A. M. Ethnobotanical aspects of wild edible vegetables. [Text] / A.M. Abbasi, M.H. Shah, M.A. Khan // In Wild Edible Vegetables of Lesser Himalayas: Ethnobotanical and Nutraceutical Aspects. – 2015. – Vol. 1. – P. 67-140. DOI: 10.1007/978-3-319-16351-7_3
- 5 Madanan, M. T. Heavy metal phytoremediation potential of the roadside forage *Chloris barbata* Sw. (swollen windmill grass) and the risk assessment of the forage-cattle-human food system. [Text] / M.T. Madanan, G. K. Varghese, I.K. Shah // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol. 28. – P. 45096-45108. DOI: 10.1007/s11356-021-13786-8
- 6 Malik, K. Medicinal Plants Used for Hypertension. [Text] / K. Malik [and etc.] // In Herbs of Asia: Prevalent Diseases and Their Treatments. – 2021. - P. 37-103. DOI: 10.1007/978-3-030-57877-3_2
- 7 YI, T. S. Major introduced economic plants. [Text] / T.S. YI [and etc.] // In Plants of China: A Companion to the Flora of China. Cambridge University Press. – 2015. - P. 357. DOI: 10.1017/9781139170905.007
- 8 Asaduzzaman, M. Germination ecology and growth phenology of cowvine (*Ipomoea lonchophylla*) as influenced by environmental parameters. [Text] / M. Asaduzzaman [and etc.] // Weed Science. – 2023. - № 71 (4). - P. 378-386. DOI: 10.1017/wsc.2022.8
- 9 Littlefield, J. L. (2000). Biological Control of Rush Skeletonweed (*Chondrilla juncea*) in North America: An Update on the Implementation of a Classical Biological Control Program. [Text] / J.L. Littlefield, P.C. Quimby, R. Sobhian // Weed Technology. – 2000. - № 14 (4). - P. 709-720. DOI:10.1614/0890-037X(2000)014[0709:BCORSI]2.0.CO;

- 10 Thill, D. C. Global developments in the management of herbicide-resistant weeds. [Text] / D. C. Thill, D. Lemerle // In Wheat Science - Today and Tomorrow. – 2001. – P. 162-195. DOI:16C9F3451469ED7C7B63CF30596081A0
- 11 Kudaibergen, A. A. Investigation of chemical constituents of medicinal plant *Spiraea Hypericifolia* L. [Text] / A.A. Kudaibergen [and etc.] // International Journal of Biology and Chemistry. – 2019. - № 12 (1). – P. 128-134. DOI:10.26577/ijbch-2019-v12i1-16
- 12 Akhtayeva, M. B. Research of amino acid content of *Cichorium intybus* L. and *Urtica dioica* L. by means of gas-liquid chromatography. [Text] / M.B. Akhtayeva, G. Y. Azimbayeva // Vestnik Karagandinskogo Universiteta. Seriya: Khimiya. – 2019. - № 3. – P. 8-13. <https://vestnik.ksu.kz>
- 13 Maysarov, D. A. Medicinal plants of South Kazakhstan in folk medicine. [Text] / D. A. Maysarov, G.N. Nekhaenko // Almaty: Gasir. Available at major libraries and archives. - 2024. www.worldcat.org
- 14 Nusipali, S. K., & Bazhykova, K. B. (2019). Determination of BAS above-ground part of plants of *Cirsium arvense* L. [Text] / S. K. Nusipali, K. B. Bazhykova // Izvestiya NAN RK. Seriya Khimii Tekhnologii. – 2019. - № 5. – P. 129-135. DOI: 10.1248/cpb.35.2869
- 15 Vilela, F. C. Antidepressant-like activity of *Sonchus oleraceus* in mouse models of immobility tests. [Text] / F. C. Vilela // Journal of Medicinal Food. - 2010. - № 13 (1). – P. 219-222. DOI: 10.1089/jmf.2008.0302
- 16 Kalle, R. Gaining momentum: Popularization of *Epilobium angustifolium* as food and recreational tea on the Eastern edge of Europe. [Text] / R. Kalle // Available at ScienceDirect, Appetite, - 2020. -P. 150. DOI: 10.1016/j.appet.2020.104638
- 17 El Gendy, A. E. Chemical composition, antioxidant, and cytotoxic activity of essential oils in the above-ground parts of *Sonchus oleraceus* L. [Text] / A. E. El Gendy [and etc.] // Plants. – 2024. - № 13 (3). – P. 1712. <https://doi.org/10.3390/plants13121712>
- 18 Filho, P. Chemical composition and nutritional value of three *Sonchus* species. [Text] / P. Filho, T.F. Barreira // International Journal of Food Science. - 2022. Article 4181656. - P. 2-9. <https://doi.org/10.1155/2022/4181656>
- 19 Werth, J. Biology, impact, and management of common sowthistle (*Sonchus oleraceus* L.). [Text] / J.P. Werth, [and etc.] // Acta Physiologiae Plantarum. – 2019. - № 41 (8). – P. 207-219. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2920-z>
- 20 Botella, M. Á. Chemical composition of wild collected and cultivated edible plants (*Sonchus oleraceus* L. and *Sonchus tenerrimus* L.). [Text] / M. Á. Botella [and etc.] // Plants. – 2023. - № 13 (2). – P. <https://doi.org/10.3390/plants13020269>
- 21 Guerra, J. G. How weed management influences plant community composition, taxonomic diversity, and crop yield. [Text] / J.G. Guerra [and etc.] // A long-term study in a Mediterranean vineyard. Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2022. – P. 326, 107816. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107816>
- 22 Zaurov, D. E. The medicinal plants of Uzbekistan and Kyrgyzstan. In S. W. Eisenman, D. E. Zaurov, & L. Struwe (Eds.) [Text] / D.E. Zaurov [and etc.] // Medicinal Plants of Central Asia: Uzbekistan and Kyrgyzstan. – 2013. – P. 15-273. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3912-7_2
- 23 Smagulov, N. The role of climatic, environmental and socioeconomic factors in the natural movement of urban populations in Kazakhstan, 2012-2020: An analysis from a middle-income country in Central Asia. *International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2024. – № 21 (4). – P. 416. <https://doi.org/10.3390/ijerph21040416>

РЕЗЮМЕ

Разнообразие климатических условий Казахстана создает идеальную среду для развития и исследования лекарственных растений, таких как осот (*Sonchus oleraceus* L.), которые богаты биоактивными веществами. В данном исследовании, посвященном химическому составу осота в Казахстане, особое внимание уделено идентификации и количественному определению таких важных веществ, как аминокислоты, жирные кислоты и витамины. Лекарственные растения давно признаны за их терапевтические свойства, предоставляя натуральную альтернативу синтетическим медикаментам с меньшим количеством побочных эффектов. Используя передовые физико-химические методы и хроматографические техники, исследование

направлено на выяснение потенциальных лечебных применений данного вида растений. Методики и стандарты, установленные Государственной фармакопеей и предыдущими фитохимическими исследованиями, подчеркивают строгость и надежность аналитического подхода. Результаты данного исследования вносят значительный вклад в расширение знаний о биоактивных компонентах лекарственных растений осота в Казахстане, подчеркивая их фармакологическое значение и потенциал для открытия новых лекарственных средств. Используя химическое разнообразие флоры Казахстана, исследователи могут открыть новые возможности для разработки фармацевтических, нутрицевтических и других продуктов, способствующих здоровью, на основе природных источников.

ТҮЙІН

Қазақстанның климаттық жағдайларының алуан түрлілігі биоактивті заттарға бай ошаған (*Sonchus oleraceus* L.) сияқты дәрілік өсімдіктерді дамыту мен зерттеуге тамаша жағдай жасайды. Қазақстандағы ошағанның химиялық құрамы туралы бұл зерттеуде амин қышқылдары, май қышқылдары және витаминдер сияқты маңызды заттарды анықтауға және олардың мөлшерін анықтауға ерекше назар аударылады. Дәрілік өсімдіктер ежелден бері олардың емдік қасиеттерімен танылды, бұл синтетикалық препараттарға табиғи балама болып табылады және жанама әсерлері аз. Жетілдірілген физика-химиялық әдістерді және хроматографиялық әдістерді қолдана отырып, зерттеу осы өсімдік түрінің әлеуетті дәрілік қолдану мүмкіндіктерін анықтауға бағытталған. Мемлекеттік фармакопея белгілеген әдістер мен стандарттар және алдыңғы фитохимиялық зерттеулер аналитикалық тәсілдің қатандығы мен сенімділігін көрсетеді. Бұл зерттеудің нәтижелері Қазақстандағы ошағанның дәрілік өсімдіктерінің биоактивті компоненттері туралы білімді кеңейтуге елеулі үлес қосып, олардың фармакологиялық маңызын және жаңа дәрілік заттарды ашудағы әлеуетін көрсетеді. Қазақстан флорасының химиялық алуан түрлілігін пайдалана отырып, зерттеушілер табиғи көздерден фармацевтикалық, тағамдық және басқа да денсаулықты нығайтатын өнімдерді әзірлеу үшін жаңа мүмкіндіктер аша алады.

УДК 632.3.01/.08
МРНТИ 68.37.13

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-38-47

Абылаева Ұ. А., магистр естественных наук, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-6254-3209>

ОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева», г. Алматы, ул. Култобе 1, Казахстан, ablay.ula@mail.ru

Турбекова Ш. М., магистр естественных наук, <https://orcid.org/0000-0002-2595-8288>

ОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева», г. Алматы, ул. Култобе 1, Казахстан, shyrynka_turbekova@mail.ru

Расулбекқызы Х., магистр естественных наук, <https://orcid.org/0000-0002-3141-6645>

ОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева», г. Алматы, ул. Култобе 1, Казахстан, r.m.haniza@gmail.com

Копжасаров Б.К., к.б.н., заведующий отделом интегрированной защиты растений, <https://orcid.org/0000-0003-4205-5387>,

ОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева», г. Алматы, ул. Култобе 1, Казахстан, bakyt-zr@mail.ru

Турсунова А. К., PhD докторант, <https://orcid.org/0000-0002-9447-4738>

ОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева», г. Алматы, ул. Култобе 1, Казахстан, alnura_89.12.12@mail.ru

Abylayeva U. A., Master of Natural Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-6254-3209>

LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh.Zhiembayev», ablay.ula@mail.ru

Turbekova Sh.M., Master of Natural Sciences <https://orcid.org/0000-0002-2595-8288>

LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh.Zhiembayev»,
shyrynka_turbekova@mail.ru

Rasulbekkyzy K., Master of Natural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-3141-6645>

LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh.Zhiembayev»,
r.m.haniza@gmail.com

Kopzhassarov B.K., Candidate of Biological Sciences, Head of the Integrated Plant Protection Department, <https://orcid.org/0000-0003-4205-5387>

LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh.Zhiembayev»,
bakyt-zr@mail.ru

Tursunova A. K., PhD Candidate, <https://orcid.org/0000-0002-9447-4738>

LLP «Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh.Zhiembayev»,
alnura_89.12.12@mail.ru

ДИАГНОСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН DIAGNOSIS OF FIRE BLIGHT OF FRUIT CROPS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Аннотация

В статье основное содержание исследования составляет анализ по выявлению возбудителя бактериального ожога плодовых культур. Целью работы является молекулярно-генетические подходы идентификации *E. amylovora*, включая анализы на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР) и методы секвенирования ДНК, а также фитопатологические анализы с использованием различных питательных сред. На сегодняшний день, эти методы обладают более высокой специфичностью и чувствительностью, что позволяет точно выявлять и дифференцировать возбудителя. В исследовательской работе проведено маршрутное обследование различных крестьянских хозяйств юго-востока Казахстана, отобрано 98 образцов растений с признаками бактериального ожога для дальнейшего исследования. В полевых условиях проводилась ПЦР в формате Flash, по результатам 74 образца были диагностированы как *E. amylovora*. Первоначальные фитопатологические исследования в лабораторных условиях дали положительные результаты. Для точного определения была проведена ПЦР-диагностика в лабораторных условиях с применением видоспецифичных праймеров. Молекулярно-генетическая характеристика изолятов проводилась с использованием специфических комбинаций праймеров PEANT F/ PEANT2 R и FER F/ rgER2-R. На основе анализа последовательностей все изоляты **были** подтверждены как ДНК *E. amylovora* и построено филогенетическое дерево.

ANNOTATION

In the article, the main content of the study is an analysis to identify the causative agent of fire blight of fruit crops. The aim of the work is molecular genetic approaches to the identification of *E. amylovora*, including polymerase chain reaction (PCR) assays and DNA sequencing methods, as well as phytopathological analyses using various nutrient media. To date, these methods have a higher specificity and sensitivity, which makes it possible to accurately identify and differentiate the pathogen. In the research work, a route survey of various peasant farms in the south-east of Kazakhstan was conducted, 98 plant samples with signs of fire blight were selected for further study. In the field, PCR in Flash format was performed, according to the results, 74 samples were diagnosed as *E. amylovora*. Initial phytopathological studies in the laboratory yielded positive results. For accurate determination, PCR diagnostics was performed in the laboratory using species-specific primers. The molecular genetic characterization of the isolates was carried out using specific combinations of PEANT F/ PEANT2 R and FER F/ rgER2-R primers. Based on sequence analysis, all isolates were confirmed as *E. amylovora* DNA and a phylogenetic tree was constructed.

Ключевые слова: *E. amylovora*, бактериальный ожог, ПЦР, праймер, филогенетическое дерево.

Key words: *E. amylovora*, fire blight, PCR, primer, phylogenetic tree.

Введение. Бактериальный ожог - крайне разрушительное заболевание, представляющее серьезную экономическую проблему для плодовых культур во всем мире [1]. Заражение цветков *E. amylovora* может значительно снизить товарность и урожайность. Для Казахстана заболевание является карантинным. Однако, в настоящее время многочисленные очаги бактериального ожога выявлены на юге и юго-востоке Казахстана, что представляет угрозу для плодового хозяйства республики. Наличие очагов бактериального ожога может привести к массовому его распространению. Климатические условия юго-востока Казахстана, где находится основная зона плодового хозяйства, по данным АФР, благоприятны для акклиматизации и обоснования данного патогена [2]. В настоящее время во всех странах, где выявлен бактериальный ожог, осуществляется непрерывный мониторинг и контроль за его проявлениями и распространением [3]. В связи с огромным экономическим значением *E. amylovora* является одной из наиболее изучаемых фитопатогенных бактерий в мире [4]. Впервые выявленный в конце 19 века, этот патоген остается серьезной проблемой для сельского хозяйства во всем мире из-за его способности быстро распространяться и наносить значительный ущерб садам и питомникам. Одной из основных проблем, препятствующих эффективному применению надлежащих мер профилактики, является изначально незамеченное проникновение этого заболевания. *E. amylovora* проникает через естественные отверстия и раны и может поражать все части растения, включая цветы, листья, ветви, стебли, плоды и корни, вызывая фитофтороз соцветий, побегов [5, 6]. Бактериальные клетки зимуют в коре и в язвах на древесине 2-летнего возраста и на более старой древесине, и эти ткани служат наиболее вероятными источниками первичного инокулята [7].

За последние столетия этот патоген распространился по всему миру, и, как следствие, *E. amylovora* была занесена в каталог Европейского союза как карантинный организм, где на нее распространяется фитосанитарное законодательство, а недавно была включена в топ-10 патогенных для растений бактерий, опубликованных в журнал молекулярной патологии растений. Знания об эпидемиологии и генетических характеристиках отдельных вспышек могут дать ответы на открытые вопросы о том, как бактерии и бактериальные заболевания распространяются в глобальном масштабе или естественным образом рассеиваются на местном уровне [8, 9]. Понимание эпидемиологии и генетической структуры патогена может дать представление о механизмах, с помощью которых бактерии распространяются. В связи с этим, целью настоящей работы является оценка комбинированного подхода к идентификации и диагностике патогена *E. amylovora*, который объединяет преимущества молекулярных и микробиологических методов для обеспечения высокой точности и доступности диагностики в полевых и лабораторных условиях.

Материалы и методы исследований. В 2023 году учеными Института проведено маршрутное исследование крестьянских хозяйств южных и юго-восточных регионов Казахстана, с целью выявления очагов бактериального ожога. Были отобраны образцы яблок, груш, слив, персиков, урюка, айвы и алычи с целью проведения диагностики в полевых и лабораторных условиях.

Диагностика в полевых условиях проводилась в передвижной автолаборатории института, оснащенной боксом ПЦР. В диагностике проводилась ПЦР в формате FLASH с использованием готового комплекта реагентов для ПЦР амплификации ДНК *E. amylovora* (АгроДиагностика), который исключает стадии анализа продуктов ПЦР методом электрофореза и гель-документации результатов электрофореза, что позволяет сократить время полного ПЦР-анализа до 2-3 часов.

Самым простым и надежным методом идентификации патогенных бактерий *E. amylovora* в лабораторных условиях является методы идентификации бактерий выращиванием на диагностических питательных средах. Работа по выделению чистых культур бактерий проводили в лаборатории фитопатологии института.

Бактерии *E. amylovora* культивировали на питательных средах: Кинга Б (пептон - 20г, глицерол 10мл, K_2HPO_4 1,5 г, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1,5 г и агар 15 г на 1 литр), Левановая среда (дрожжевой экстракт 2г, бактопептон 5г, NaCl 5г, сахароза 50 г, агар 20 г на 1 литр), Miller-Schroth (Тергитол 7 (натрий гептадецилсульфат), 0,1 мл; 2% нитрилотриуксусной кислоты в 1,46% KOH, 10 мл; пептон, 5 г; сахароза, 25 г; 0,5% бромотимоловый синий 9 мл; 0,5% нейтральный красный, 2,5 мл, на литр) [10].

Использование современных методов молекулярной диагностики позволяет обнаружить как характеристики патогена, способствующие его выживанию в различных условиях, так и ранее неизвестные различия между штаммами бактерий *E. amylovora*.

Выделение ДНК и ПЦР. Геномная ДНК бактерий были выделены из жидких культур изолятов выращенных на среде Luria-Bertani (LB) при 28°C, с помощью готового набора GeneJET Genomic DNA Purification Mini Kit в соответствии протоколом производителя (ThermoFisher, США).

ПЦР диагностика проводилась с использованием видоспецифичных праймеров утвержденными Европейской и Средиземноморской организацией по защите растений: PEANT F/ PEANT2 R и FER F/ rgER2-R и [11, 12, 13].

Для амплификации и последующего секвенирования 16S рРНК использовались набор реактивов BigDye XTerminator Purification Kit (Thermo Fisher, США) в соответствии с их инструкциями. После проведения ПЦР продукты были подвергнуты очистке с применением реагента ExoSAP-IT™ Express PCR Product Cleanup (Thermo Fisher, США), а для очистки образцов после Seq-ПЦР использовались картриджи Performa DTR Gel Filtration (Edge Bio).

Полученные результаты секвенирования и интерпретация данных, были проанализированы с использованием программы Sequencing Analysis. Поиск гомологичных нуклеотидных последовательностей генов 16S rRNA осуществляли с помощью программы BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) в Международной базе данных Gene Bank Национального центра биотехнологической информации США (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) [14, 15]. Используя программу Mega 11, на основе полученных данных было построено Филогенетическое дерево (Neighbor-joining tree) [16-18].

Результаты и их обсуждение. Первоначальную идентификацию бактерий *E. amylovora* проводили в полевых условиях. 2023 году в хозяйствах Алматинской, Жамбылской, Туркестанской областей были собраны плодовые культуры: яблони, груши, сливы, персики, абрикосы, айва и алыча. Растительные органы с указанными симптомами были собраны и использованы в качестве исходного материала для выделения возбудителя бактериального ожога плодовых культур. (Таблица 1).

Таблица 1 – Регионы исследованных образцов плодовых культур

Область	Район	Яблоня	Персик	Айва	Алыча	Груша	Слива	Урюк
Жамбылская	Кордайский	5					2	
	Меркенский	5						
	Жамбылский	3		2	1	3		
	Байзакский					3		
Туркестанская	Абайский	2	2			3	1	2
	Сарыагашский	3						
	Казыгуртский	6						
Алматинская	Карасайский	36						
	Енбекшиказахский	19						
		79	2	2	1	9	3	2
ИТОГО		98						

Как показано в таблице 1, отобрано 98 образцов различных плодовых культур с признаками бактериального ожога из разных областей Казахстана.

С целью выявления возбудителя в полевых условиях, был проведен ПЦР в формате FLASH. Из отобранных 98 образцов растений 74 показали положительные результаты (Рисунок 1).

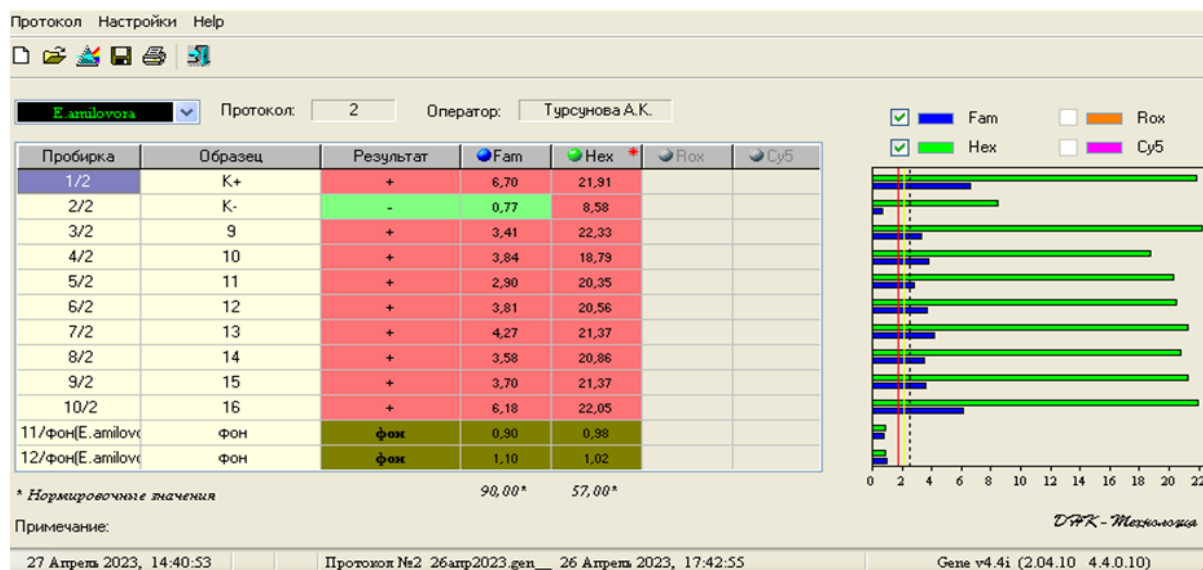


Рисунок 1 – Результаты FLASH ПЦР.

Известно, что один из ключевых отличительных признаков бактерий — это характер их роста на твердых диагностических и стандартных питательных средах. Размер, форма и цвет колоний, образуемых бактериями на средах, позволяют определить их систематическую принадлежность.

В работе изучение свойств отобранных изолятов бактерий проводили также с помощью посева на питательные среды: Кинга Б, Левановая и Miller Schroth.

На рисунке 2 показаны внешний вид колоний бактерий и характеристика роста бактерий при культивировании на твердых питательных средах.

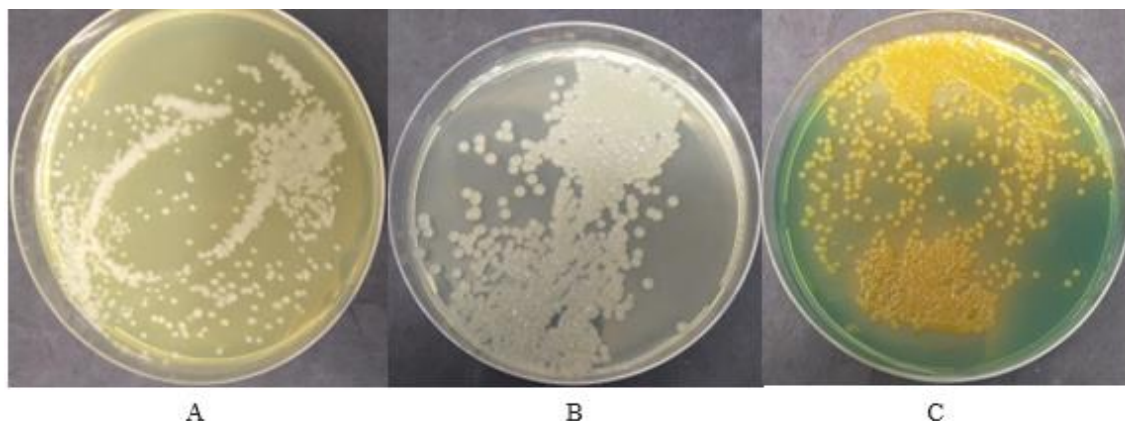


Рисунок 2 – Развитие бактерий *E. amylovora* на различных питательных средах.
(А) Кинга Б; Левановая среда.; (С) Miller-Schroth среда

При наблюдения за ростом бактерий *E. amylovora* на всех питательных средах показали, что их рост сопровождался образованием колоний S-типа.

После инкубации в течение 48 часов при 28°C на питательной среде наблюдались следующие свойства: на среде Кинга Б агаре (А), колонии имели характерный белый мукоидный облик и не проявляли флуоресценции при облучении УФ-излучением с длиной волны 366 нм, в питательной среде Левана (В), *E. amylovora* формировала молочные или светлые, круглые, куполообразные, гладкие, мукоидные колонии, в Miller-Schroth (С), колонии

приобрели красновато-оранжевый оттенок, с диаметром около 1 мм, круглые, гладкие и куполообразные, с ровными краями. Цвет субстрата изменялся от сине-зеленоватого до красноватого.

Другие бактерии, обычно ассоциированные с растениями, не проявляли такой морфологии колоний на этих трех средах, что позволяло отличить *E. amylovora*.

Таким образом, диагностика выделенных изолятов на питательных средах показывали рост, характерный для возбудителя бактериального ожога плодовых.

Для подтверждения и идентификации выделенных бактерий была выполнена классическая ПЦР амплификация. В ходе исследования использовались видоспецифические праймеры различной длины, чьи ампликоны соответствовали размеру конкретного участка. При амплификации с праймерами FER F/rgER2-R был получен продукт длиной 458 пар нуклеотидов. Для сравнения был использован дополнительный праймер PEANT F/PEANT2, который показал разнообразные фрагменты. Размеры варьировались, включая ожидаемые 447 пар нуклеотидов (дорожки 5 и 6), 391 пару нуклеотидов (дорожки Контроль, 1, 2, 7) и промежуточные значения (дорожки 3, 4, 8, 9). Полученные результаты интерпретировались согласно исследованиям авторов Pablo Llor и коллег [19], в которых были обнаружены делеции на этих участках (см. рисунок 3).

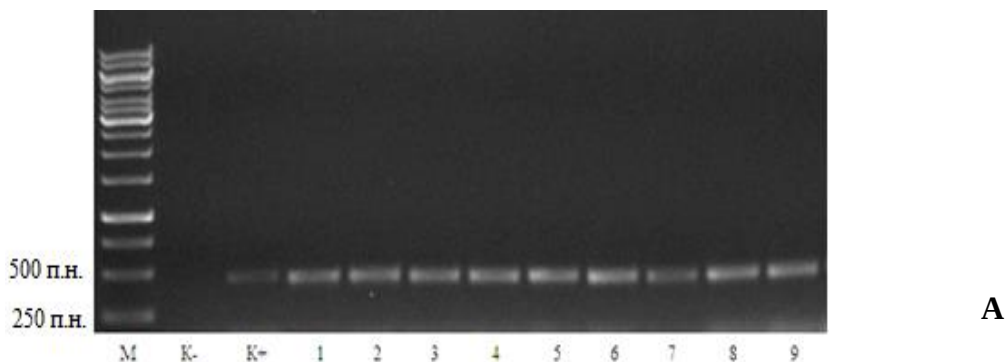
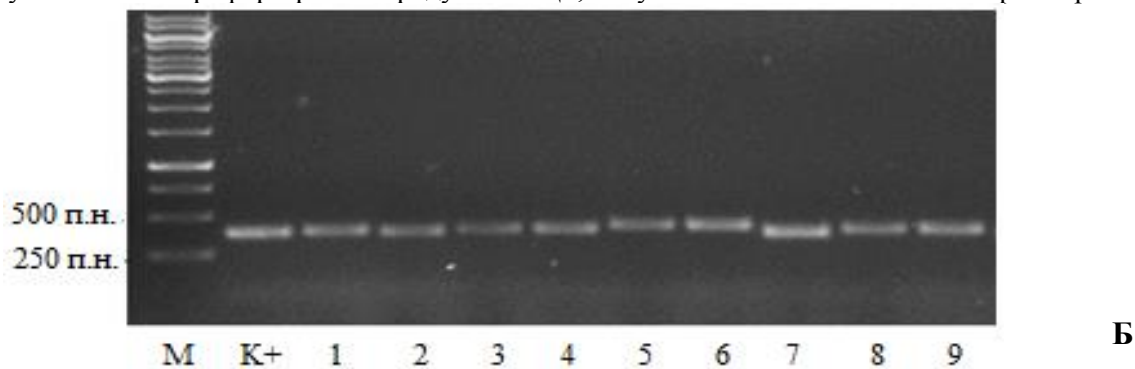


Рисунок 3 – Электрофореграмма продуктов ПЦР, полученных с использованием праймеров.



Продолжение Рисунока 3 – Электрофореграмма продуктов ПЦР, полученных с использованием праймеров.

(А)- FER F/rgER2-R и (Б)- PEANT-F/PEANT2-R.

(1-9)- выделенные изоляты; (K+)- Референтный штамм; M- маркер.

Наиболее часто применяемым методом молекулярной дифференциации штаммов микроорганизмов является сравнение нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК. Поэтому на следующем этапе работы было осуществлено секвенирование фрагментов генов 16S рРНК изолятов *Erwinia amylovora*. Поскольку эволюционное расхождение между исследованными образцами было не значительным, было выбрано только три репрезентативных последовательности (*E. amylovora* Turkestan KZ, *E. amylovora* Almaty KZ, *E.*

amylovora Zhambyl KZ), отмечены по названию региона, где были получены образцы. Исследованные образцы сравнивали с другими видами *Erwinia* (рисунок 4).

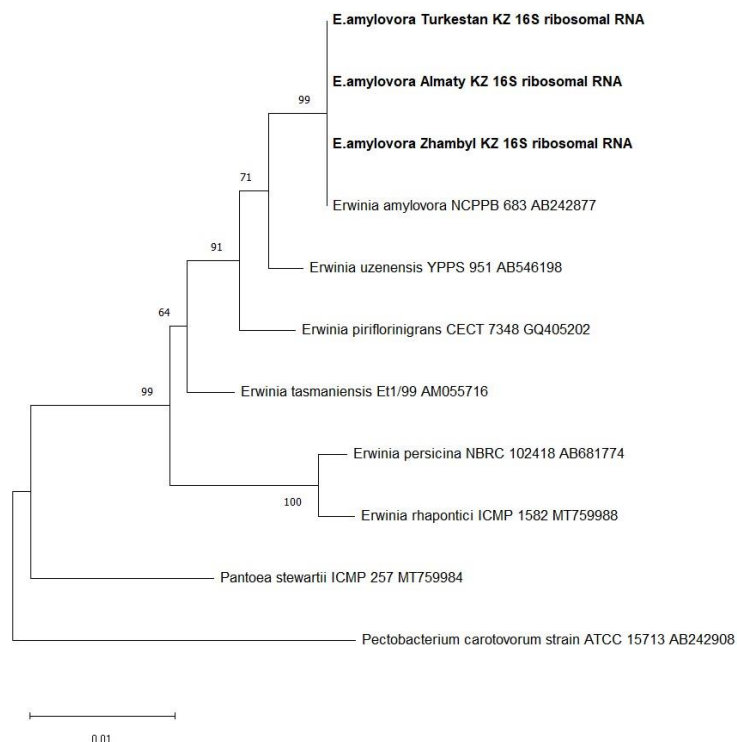


Рисунок 4 – Эволюционное родство *Erwinia amylovora* и родственных видов *Erwinia*. Филогенетическое дерево было построено на основании последовательностей гена 16 S рПНК с использованием метода Neighbor-Joining (NJ). Масштабная линейка представляет собой 1 нуклеотидную замену на 1000 позиций.

Нуклеотидные последовательности 16S рПНК референс-штаммов были получены из базы данных Bacterio.net. В качестве внешней группы был использован штамм *Pectobacterium carotovorum* (AB242908). Согласно филогенетической структуре, исследованные штаммы (*E. amylovora* Turkestan KZ, *E. amylovora* Almaty KZ, *E. amylovora* Zhambyl KZ), образуют монофилетическую группу с референтным штаммом *E. amylovora*. Эволюционное родство для *E. amylovora* подтверждает, что более отдаленным является *Pantoea Stewartii* и *Pectobacterium carotovorum*. Согласно исследованиям Takayuki Matsuura и др. 2012 года [20] была показана схожая топология по филогенетическому анализу 16 S рПНК, *E. uzenensis*, *E. Piriflorinigra*ns и другие виды в структуре занимали аналогичные позиции.

Заключение. В заключение следует отметить, что данная работа была посвящена изучению возбудителя бактериального ожога *Erwinia amylovora* - губительного и экономически значимого заболевания, поражающего плодовые культуры, в частности яблоню и грушу, в южных и юго-восточных регионах Казахстана. С момента своего первого обнаружения в 2008 г. это заболевание вызывает все большую озабоченность, представляя собой существенную угрозу для процветающей в регионе отрасли плодоводства. В исследовании использовался междисциплинарный подход, сочетающий бактериологические, молекулярные и генетические методы для выделения, идентификации и характеристики штаммов *E. amylovora*. В данной работе использовались селективные среды и диагностические методы для выделения патогена из инфицированных тканей растений и последующего подтверждения его идентичности методами ПЦР с видоспецифичными праймерами. Полученные результаты продемонстрировали высокий уровень гомологии с известными штаммами *E. amylovora*, что позволило точно идентифицировать патоген. Филогенетический анализ выявил эволюционные связи между выделенными штаммами и другими популяциями *E. amylovora* в мире. Анализ

генетических расстояний выявил тесную связь между Казахстанскими изолятами и эталонными штаммами, что свидетельствует об общем генетическом фоне. Данное комплексное исследование позволяет получить ценные сведения о молекулярно-генетических аспектах возбудителя болезни в контексте конкретного географического региона - южного и юго-восточного Казахстана. Полученные результаты способствуют пониманию эпидемиологии и эволюции *E. amylovora*, закладывая основу для будущих исследований и разработки эффективных стратегий борьбы для смягчения воздействия бактериальной болезни на плодовые культуры в этом регионе. Кроме того, молекулярные методы идентификации, использованные в данном исследовании, предлагают практические инструменты для точной и своевременной диагностики, что крайне важно для реализации карантинных мер и управления заболеванием в пораженных районах.

Благодарности. Статья была подготовлена в рамках проекта по ПЦФ МОН РК на 2023 – 2024 годы по бюджетной программе 267 «Повышение доступности знаний и научных исследований» по теме: «Микробные препараты для борьбы с бактериальным ожогом плодовых культур». Авторы выражают признательность коллегам за оказанные содействия при проведении данных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Bonn, W.G. Distribution and economic importance of fire blight [Text] / W.G Bonn // [and etc]. – 2000. – P. 37-55.
- 2 Жармухамедова, Г.А. Анализ путей проникновения и акклиматизации возбудителя бактериального ожога плодовых культур на территории Казахстана [Текст] / Джуманова Ж.К [и др.] // Материалы международного научнопрактического семинара Бактериальный ожог плодовых культур: экологические аспекты и меры борьбы контроля. – Алматы. – 2016. - С. 56-59.
- 3 Van der Zwet , T. Present worldwide distribution of fire blight and closely related diseases [Text] / T. Van der Zwet, // Acta Horticulturae (ISHS). – 2006. – P. 704.
- 4 Julie, A .Eastgate. *Erwinia amylovora*: the molecular basis of fireblight disease [Text] / A.Julie // Molecular Plant Pathology. – 2000. - № 1. pp. 325-329
- 5 Haishen Xi. Isolation and Characterization of a Lytic Bacteriophage RH-42-1 of *Erwinia amylovora* from Orchard Soil in China // . – 2024. – P. 16.
- 6 Zeling Cui, Lina. Isolation and characterization of *Priestia megaterium* KD7 for the biological control of pear fire blight, *Frontiers in Microbiology* [Text] / Hu, Linglu Zeng [and etc.]. – 2023. - P 17.
7. Erfaninia, K. Role of electron transport chain of chloroplasts in oxidative burst of interaction between *Erwinia amylovora* and host cells [Text] / K. Erfaninia // *Photosynthesis Research*. - 2015 P. - 231-242.
- 8 Choi, S. T, . Effect of crude extracts and chopped shoot application of *Allium* spp. on rice growth [Text] / S. T, Choi // *Korean J of Crop Sci*. – 1996. – P. 625-633.
- 9 Clarridge, JE. Impact of 16S rRNA gene sequence analysis for identification of bacteria on clinical microbiology and infectious diseases [Text] / JEC larridge,. // *Clinical Microbiol Review*. – 2006. P . 840-862.
- 10 El-Helaly, AF. Nutritional requirements of isolates of *Erwinia amylovora*. [Text] / El-Helaly, AF // *El-Goorani MA Phytopathology* . – 2006. – P. 56.
- 11 Schaffer, J. A rapid and sensitive method for direct detection of *Erwinia amylovora* in symptomatic and asymptomatic plant tissues by polymerase chain reaction [Text] /Schaffer, J. // *Journal of Phytopathology*. – 2006. P. 15..
- 12 Gottsberger, RA. Development and evaluation of a real-time PCR assay targeting chromosomal DNA of *Erwinia amylovora* [Text] / Gottsberger, RA. // *Letters in Applied Microbiology*. – 2010. – P. 51.
- 13 BereswillS,ugert, P. Identification of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*, by PCR assays with chromosomal DNA / P BereswillS,ugert [and etc.] // *App Enviro Microbio* 6. – 2010. – P. 26.
- 14 Altschul, S. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs [Text]. – 1997. pp 33.

- 15 Madden. A. A. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Schaffer [Text] / J. Zhang, [and etc] // Nucleic Acids Res. – 1997. P. 25.
- 16 Tamura K. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees [Text] // Molecular Biology and Evolution. – 1993. – 10. – P. 512-526.
- 17 Kumar S. Stecher. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms [Text] // Molecular Biology and Evolution. – 2018. – 35. – P. 1547-1549.
- 18 Molecular Evolutionary Genetics Analysis software for microcomputers/ [Sudhir Kumar, K. Tamura, M. Nei.](http://www.personal.psu.edu/nxm2/2004%20Publications/2004-kumar-tamura-nei.pdf) - ([http://www.personal.psu.edu/nxm2/2004 Publications/2004-kumar-tamura-nei.pdf](http://www.personal.psu.edu/nxm2/2004%20Publications/2004-kumar-tamura-nei.pdf)).
- 19 Pablo, L. Development of a Highly Sensitive Nested-PCR Procedure Using a Single Closed Tube for Detection of *Erwinia amylovora* in Asymptomatic Plant Material [Text] / L. Pablo // Anna Bonaterra [and etc.] // Applied and environmental microbiology 2000, P. 2071.
- 20 Akifumi M. [Takayuki Matsuura. *Erwinia uzenensis* sp. nov., a novel pathogen that affects European pear trees (*Pyrus communis* L.) [Text] / M. Akifumi [and etc.] // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2012. – 62. – P. 1799–1803.

REFERENCES

- 1 Bonn, W.G. Distribution and economic importance of fire blight [Text] / W.G Bonn // [and etc]. – 2000. – P. 37-55.
- 2 ZHarmuhamedova, G.A. Analiz putej proniknoveniya i akklimatizacii vozbuditelya bakterial'nogo ozhoga plodovyh kul'tur na territorii Kazahstana [Tekst] / Dzhumanova ZH.K [i dr.] // Materialy mezhdunarodnogo nauchnoprakticheskogo seminaru Bakterial'nyj ozhog plodovyh kul'tur: ekologicheskie aspekty i mery bor'by kontrolya. – Almaty. – 2016. - S. 56-59.
- 3 Van der Zwet, T. Present worldwide distribution of fire blight and closely related diseases [Text] / T. Van der Zwet, // Acta Horticulturae (ISHS). – 2006. – P. 704.
- 4 Julie, A. Eastgate. *Erwinia amylovora*: the molecular basis of fireblight disease [Text] / A. Julie // Molecular Plant Pathology. – 2000. - № 1. pp. 325-329
- 5 Haishen Xi. Isolation and Characterization of a Lytic Bacteriophage RH-42-1 of *Erwinia amylovora* from Orchard Soil in China // . – 2024. – P. 16.
- 6 Zeling Cui, Lina. Isolation and characterization of *Priestia megaterium* KD7 for the biological control of pear fire blight, *Frontiers in Microbiology* [Text] / Hu, Linglu Zeng [and etc.]. – 2023. - P 17.
- 7 Erfaninia, K Role of electron transport chain of chloroplasts in oxidative burst of interaction between *Erwinia amylovora* and host cells [Text] / K. Erfaninia // Photosynthesis Research. - 2015 P. - 231-242.
- 8 Choi, S. T, . Effect of crude extracts and chopped shoot application of *Allium* spp. on rice growth [Text] / S. T, Choi // Korean J of Crop Sci. – 1996. – P. 625-633.
- 9 Clarridge, JE. Impact of 16S rRNA gene sequence analysis for identification of bacteria on clinical microbiology and infectious diseases [Text] / JEC larridge,. // Clinical Microbiol Review. – 2006. P . 840-862.
- 10 El-Helaly, AF. Nutritional requirements of isolates of *Erwinia amylovora*. [Text] / El-Helaly, AF // El-Goorani MA Phytopathology . – 2006. – P. 56.
- 11 Schaffer, J. A rapid and sensitive method for direct detection of *Erwinia amylovora* in symptomatic and asymptomatic plant tissues by polymerase chain reaction [Text] /Schaffer, J. // Journal of Phytopathology. – 2006. P. 15..
- 12 Gottsberger, RA. Development and evaluation of a real-time PCR assay targeting chromosomal DNA of *Erwinia amylovora* [Text] / Gottsberger, RA. // Letters in Applied Microbiology. – 2010. – P. 51.
- 13 BereswillS,ugert, P. Identification of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*, by PCR assays with chromosomal DNA / P BereswillS,ugert [and etc.] // App Enviro Microbio 6. – 2010. – P. 26.
- 14 Altschul, S. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs [Text]. – 1997. pp 33.
- 15 Madden. A. A. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Schaffer [Text] / J. Zhang, [and etc] // Nucleic Acids Res. – 1997. P. 25.

16 Tamura K. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees [Text] // Molecular Biology and Evolution. – 1993. – 10. – P. 512-526.

17 Kumar S. Stecher. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms [Text] // Molecular Biology and Evolution. – 2018. – 35. – P. 1547-1549.

18 Molecular Evolutionary Genetics Analysis software for microcomputers/ Sudhir Kumar, K. Tamura, M. Nei.- (http://www.personal.psu.edu/nxm2/2004_Publications/2004-kumar-tamura-nei.pdf).

19 Pablo, L. Development of a Highly Sensitive Nested-PCR Procedure Using a Single Closed Tube for Detection of *Erwinia amylovora* in Asymptomatic Plant Material [Text] / L. Pablo // Anna Bonaterra [and etc.] // Applied and environmental microbiology 2000, P. 2071.

20 Akifumi M. [Takayuki Matsuura. *Erwinia uzenensis* sp. nov., a novel pathogen that affects European pear trees (*Pyrus communis* L.) [Text] / M. Akifumi [and etc.] // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2012. – 62. – P. 1799–1803.

ТҮЙІН

Мақалада зерттеудің негізгі мазмұны жеміс дақылдарының бактериялық күйік қоздырғышын анықтау болып табылады. Жұмыстың негізгі мақсаты *E. amylovora* молекулалық-генетикалық идентификациялау тәсілдері, соның ішінде полимеразды тізбекті реакция (ПТР) талдаулары және ДНҚ секвенирлеу әдістері және әртүрлі коректік орталарды пайдалануға негізделген фитопатологиялық тадаулармен жүргізілді. Бүгінгі таңда бұл әдістер жоғары спецификалық және сезімталдыққа ие болғандықтан, бұл патогенді дәл анықтауға және ажыратуға мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысында Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы әртүрлі шаруа қожалықтарына маршруттық тексеру жүргізілді, одан әрі зерттеу үшін бактериялық күйік белгілері бар өсімдіктердің 98 үлгісі іріктелініп алынды. Далалық жағдайда Flash форматындағы ПТР жүргізілді, 74 үлгінің нәтижелері бойынша *E. amylovora* анықталынды. Зертханалық жағдайда алғашқы фитопатологиялық зерттеулер оң нәтиже берді. Патогенді дәл анықтау үшін түрге тән праймерлерді қолдана отырып, зертханалық жағдайда ПТР диагностикасы жүргізілді. Зерттеу жұмысы изоляттардың молекулалық-генетикалық сипаттамасы PEANT F/ PEANT 2 R және Fer F/ rgER2-R праймерлерінің арнайы комбинацияларын қолдану арқылы жүргізілді. Тізбекті талдау негізінде барлық изоляттар *E. amylovora* ДНҚ ретінде расталды және филогенетикалық ағаш жасалынды.

УДК 636.084: 636.083.314
МРНТИ: 68.35.47; 68.39.15

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-47-64

Монтаев С.А., доктор технических наук, профессор, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, montaevs@mail.ru

Онаев М.Қ., кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, maratonaev@mail.ru

Рыскалиев М.Ж., PhD доктор, <https://orcid.org/0000-0002-3361-2076>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, улица Жангир хана 51, muratbai_84@mail.ru

Бегалиева Р.С., магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, rabesa@mail.ru

Денизбаев С.Е., магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, serik.edres.denizbaev69@mail.ru

Montayev S.A., doctor of technical sciences, professor, **main author**, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, montaevs@mail.ru

Ongayev M.K., candidate of technical sciences, associate professor, <https://orcid.org/0000-0001-5584-1948>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, maratonaev@mail.ru

Ryskaliyev M. Sh., PhD doktor, <https://orcid.org/0000-0002-3361-2076>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, muratbai_84@mail.ru

Begaliyeva R.S., master of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, rabesa@mail.ru

Denizbayev S.E., master of agricultural sciences, <https://orcid.org/0000-0001-8696-0288>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, serik.edres.denizbaev69@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОСТОЙКОГО МИНЕРАЛЬНОГО СОРБЕНТА
НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КРЕМНИСТОЙ ПОРОДЫ – ОПОКИ
ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ
УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ
TECHNOLOGY FOR THE PREPARATION OF A WATER-RESISTANT MINERAL
SORBENT BASED ON MODIFIED SILICEOUS ROCK - FLANKS OF WESTERN
KAZAKHSTAN AND THE DEVELOPMENT OF A MODULAR LABORATORY
INSTALLATION FOR DESALINATION OF MINERALIZED GROUNDWATER**

Аннотация

Разработана конструкция картриджа, который состоит из корпуса, перфорированной трубки и головки. Головка картриджа имеет вход и выход для воды через фильтрующую загрузку. При этом фильтрующей загрузкой является модифицированный гранулированный сорбент диаметром 1,0-1,5 мм. В качестве корпуса картриджа использованы стандартные прозрачные пластиковые колбы бытовых фильтров, предназначенных для доочистки питьевой воды. Перфорированная трубка для картриджа, разработанных модифицированных сорбентов, изготовлена из пластика с помощью 3D принтера. Верхняя часть картриджа, соприкасающаяся с головкой, где осуществляется выход очищенной воды, снабжена сеткой из нержавеющей стали с отверстиями 0,8 мм. Такое конструктивное решение принято в связи необходимостью удержания гранул модифицированных сорбентов без задержки фильтрованной воды. Создана экспериментальная установка для опреснения и очистки воды, позволяющая исследовать степень очистки воды различного химического состава и загрязнения. На этой установке появляется возможность вести научно-экспериментальные работы по исследованию воды различного химического состава с целью очистки с помощью разработанных составов модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы опоки. С помощью кондуктометра марки «Марк 603» исследованы водопроводная вода и три пробы подземной воды месторождения «Аккурай». Установлено, что все три пробы воды месторождения «Аккурай» по значению общего солесодержания (TDS) относятся к категории слишком высокого общего солесодержания и вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. Самое высокое общее солесодержание до фильтрации обнаружено у пробы воды № 3 и составляет 3648 мг/дм³. В результате фильтрации водопроводная вода по общему солесодержанию (TDS) перешла в категорию 150-300, что соответствует приемлемому содержанию для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.

Установлено, что после фильтрации у всех трех проб наблюдается снижение показателей солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS). В целом снижение составляет в пределах 30-33%, что является

значительным достижением касательно снижения показателей солесодержания высокоминерализованных подземных вод.

ANNOTATION

The design of the cartridge has been developed, which consists of a body, a perforated tube and a head. The cartridge head includes the inlet and outlet of water through a filter loading. In this case, the filter feed is a modified granular sorbent with a diameter of 1.0 – 1.5 mm. Standard transparent plastic flasks of household filters designed for post-treatment of drinking water are used as the cartridge body. The perforated cartridge tube for the developed modified sorbents is made of plastic using a 3D printer. The upper part of the cartridge in contact with the head, where the purified water is discharged, is equipped with a stainless, steel mesh with 0.8 mm holes. Such a constructive decision was made due to the need to retain granules of modified sorbents without delaying filtered water. An experimental installation for desalination and purification of water has been created, which allows to study the degree of purification of water of various chemical compositions and pollution. At this installation, it becomes possible to conduct scientific and experimental work on the study of water of various chemical compositions for the purpose of purification using the developed compositions of modified sorbents based on siliceous flask rock. With the help of a Mark 603 conductometer, tap water and three samples of groundwater from the Akkurai deposit were studied. It was found that all three water samples from the Akkurai deposit, according to the value of total salinity (TDS), belong to the category with too high total salinity and the water is unsuitable for most purposes without pretreatment. The highest total salinity before filtration was found in water sample No. 3 and is 3648 mg/dm³. As a result of filtration, tap water by total salinity (TDS) has moved into the 150-300 category, which corresponds to an acceptable content for water used in everyday life and in some industrial processes, but may affect the taste and quality of drinking water.

It was found that after filtration, all three samples showed a decrease in the salinity (C) of water, in terms of sodium chloride (NaCl) and total salinity (TDS). In general, the decrease is in the range of 30-33%, which is a significant achievement in terms of reducing the salinity of highly mineralized groundwater.

Ключевые слова: *Фильтрующая загрузка, модифицированный минеральный сорбент, опока, картридж, гранулирование, высокоминерализованная подземная вода, полимерная матрица, общее солесодержание, TDS, экспериментальная модульная установка, очистка воды.*

Key words: *Filter loading, modified mineral sorbent, flask, cartridge, granulation, highly mineralized groundwater, polymer matrix, total salinity, TDS, experimental modular installation, water purification.*

Введение. Дефицит воды является одной из самых серьезных глобальных проблем нашего времени. Сейчас более трети населения мира живет в странах с дефицитом воды, и, по прогнозам, к 2025 году этот показатель вырастет почти до двух третей [1-3].

Проблемы обеспечения достаточным количеством безопасной питьевой воды еще больше усложняются ростом населения, индустриализацией, загрязнением имеющихся пресноводных ресурсов и изменением климата. Соответственно, необходимо реализовать ряд мер по снижению нагрузки на водоснабжение, включая сохранение воды, повышение устойчивости инфраструктуры и улучшение систем водосбора/распределения. Однако стоит отметить, что эти меры могут только улучшить использование существующих водных ресурсов, а не эксплуатировать дополнительные ресурсы. Увеличение водоснабжения сверх того, что доступно из гидрологического цикла, может быть достигнуто путем опреснения и повторного использования воды [4].

Согласно статистическим данным, практически 1/5 часть населения мира проживает в районах с малой водообеспеченностью. Около 60 % территорий имеют ограниченный доступ к пресной воде, что вызывает проблемы с промышленностью, коммунально-бытовым и сельским хозяйством [5, 6].

По прогнозам Организации Объединенных Наций (ООН), к 2030 г. порядка 3,9 млрд чел. будут испытывать водный стресс, а к 2050 г. это число достигнет 2/3 численности мирового

населения. Наряду с проблемой дефицита воды стоит проблема ее качества. Особенно это касается густонаселенных районов, территорий крупных промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов [7].

Одно из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса страны – развитие отгонного животноводства. Обводнение пастбищ является ключевой мерой для более эффективного использования вовлекаемых в оборот отдаленных отгонных пастбищ. На начало 2020 года из 180,1 млн га пастбищных угодий обводнено 106,2 млн га (59 %). Для стимулирования развития пастбищных угодий введено инвестиционное субсидирование до 80 % затрат по созданию инфраструктуры обводнения. В период 2014-2019 гг. для обводнения пастбищ построено 5978 колодцев, при запланированном показателе в 3633 единицы. За счет мер обводнения пастбищ сокращена нагрузка на пастбища близлежащих населенных пунктов на 20 % [8, 9].

Вместе с тем ряд районов Казахстана располагает большими запасами подземных вод с общей минерализацией от 1,0 до 35 г/л, не используемых для нужд водоснабжения по причине высокого содержания растворенных в воде солей. Эти воды могут стать источником водоснабжения только при условии их дальнейшего опреснения [10].

В целом, можно использовать несколько источников воды, включая морскую воду, солоноватую грунтовую воду, рассол, поверхностную воду, воду, добываемую из сланцевого газа и т.д. Основные загрязняющие вещества в этих исходных водах включают минералы, катионы металлов и анионы, и они могут быть выражены концентрацией общих растворенных твердых веществ (TDS), которая находится в диапазоне 500–50000 мг·л⁻¹. Для получения питьевой воды TDS следует снизить до <200 мг·л⁻¹. Кроме того, в исходной воде могут также появляться некоторые органические вещества, которые необходимо удалить.

Опреснение может эффективно снизить содержание загрязняющих веществ в исходной воде и обеспечить устойчивую и обильную подачу высококачественной воды, не нанося ущерба естественным пресноводным экосистемам.

Метод обратного осмоса (ОО) обычно используется для очистки воды с высоким содержанием соли, но он производит большой объем (38%) отбракованной воды с высоким содержанием общих растворенных солей (TDS) и других загрязняющих веществ, таких как токсичные металлы и органические загрязнители.

Отбракованная ОО вода (ROR) может представлять собой экологическую проблему, например, из-за высокого содержания TDS металлов, органических и неорганических соединений.

Технология обратного осмоса для опреснения морской воды заключается в том, что вода под давлением проходит через мельчайшие фильтры, в результате этого содержание солей становится очень низким. Степень очищения и производительность мембраны зависят от таких факторов, как количество соли в исходном сырье, солевой состав, температура и давление.

На рисунке 1 представлена технологическая схема очистки воды с использованием мембранных технологий.

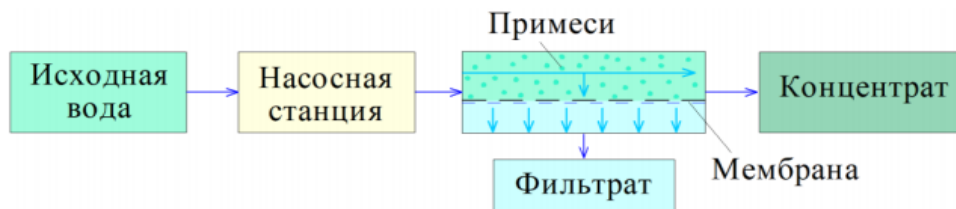


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки воды с применением мембранных технологий

В последние годы исследования недорогих природных минеральных адсорбентов усилились, и были исследованы различные минералы для удаления тяжелых металлов, а именно: кремнезем, каолинит, оксид железа, цеолит, глинистые минералы, кварц и пемза [11–16].

Песчаный минерал также считается очень важным адсорбентом из-за его большой площади поверхности со структурными и зависящими от pH зарядами, развивающимися на его поверхности [17].

Песок широко используется в качестве экономичного адсорбента по сравнению с другими адсорбентами или материалами [18, 19].

В работах ученых в качестве адсорбата использовали песок, который эффективно очищает воду и сточные воды в песчаных фильтрах и реакторах с псевдоожиженным слоем [20].

Многие ученые также считают, что одним из эффективных методов является сорбционная очистка воды. Обычная последовательность процессов физико-химической очистки воды следующая: аэрация – коагуляция – отстаивание (флотация) – фильтрование – сорбция. Сорбционная обработка является «финишной» операцией после очистки воды от грубодисперсных, коллоидных частиц и растворенных примесей [21-23].

В этом направлении весьма перспективным является применение некоторых глин для очистки воды благодаря их высокой сорбционной и ионообменной активности.

Существует комплекс признаков, по которым можно классифицировать адсорбенты: структурное состояние, размеры пор, характер их распределения по размерам, форма частиц глинистых минералов и пор [24].

Монтмориллонитовая глина относится к сорбентам с изменяющимся в процессе адсорбции размерами микропор и с расширяющейся элементарной ячейкой; параметр кристаллической ячейки минерала может увеличиваться на 3-10 Å. В межпакетное пространство монтмориллонита внедряется один или несколько молекулярных слоев адсорбируемого вещества.

Ученые Таджикистана доказали, что природные бентонитовые (монтмориллонитовые) глины, относящиеся к алюмосиликатному сырью, которые при соответствующей обработке могут успешно использоваться как высокоэффективные сорбенты для опреснения воды. По мнению авторов, использование активированных бентонитовых глин резко уменьшает жесткость воды, по сравнению с исходными, примерно в 8-10 раз, что, по-видимому, является результатом резкого увеличения сорбционной емкости активированных бентонитов [25].

Причина постепенного повышения эффективности очистки заключается в следующем. Процесс опреснения природных вод с использованием природного минерального сырья, основан на поглощении растворенных минеральных солей поверхностью зерен глины. В связи с тем, что гидрофильность некоторых точек зерна минерала неодинакова, поверхность сорбента «мозаична», следовательно, минеральные соли будут задерживаться, в основном, в тех местах поверхности, у которых слабо выражены гидрофильные свойства и около которых гидратная оболочка имеет минимальное значение [26].

В 2005 году впервые было предложено адсорбционное опреснение, и с тех пор были исследованы различные пористые материалы, разработаны и применены различные режимы адсорбции.

Адсорбционное опреснение представляет собой процесс фазового переноса, который происходит на границе раздела между твердым телом и водной фазой, где ионы соли (адсорбат) адсорбируются на поверхности пористых твердых тел (адсорбента) посредством физических взаимодействий (таких как взаимодействие Ван-дер-Ваальса и водородные связи) и/или химических связей.

Адсорбция может быть обращена вспять, т.е. десорбцией, особенно физической адсорбцией, для регенерации адсорбента, что является ключевым для разработки практических процессов.

Пористые материалы обладают уникальным набором свойств, таких как высокая удельная площадь и объем пор, а также проницаемость для жидкости, и, следовательно, обеспечивают высокую адсорбционную емкость, быструю кинетику адсорбции и хорошую селективность.

Эффективность адсорбционной очистки достигает 80-95% и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и ее доступности, от химического строения вещества и его состояния в растворе [27].

При этом особое внимание уделяется сорбционным системам, где в качестве сорбентов используются природные минералы различного происхождения и структуры [28].

Многие годы исследователи уделяют большое внимание дисперсным кремнеземам как сорбентам и носителям катализаторов широкого спектра применения.

В связи с их высокими адсорбционными, ионообменными и фильтрационными свойствами, появлением методов регулирования их геометрической структуры и химической природы поверхности, наличием крупных промышленных месторождений целесообразно использование природных минералов в водоочистке [29].

Для очистки сточных вод в качестве адсорбента наибольший интерес представляет дисперсный кремнезём – опока, который представляет собой плотные образования, отличающиеся высокой термостабильностью. Опоки отличаются уникальными свойствами, такими как адсорбционные, фильтрационные, ионообменные [30].

Всё это делает экологически и экономически выгодным использование данного природного сорбента в процессах очистки сточных вод [31-34].

В целом, высокая площадь поверхности часто рассматривается как важная характеристика для улучшения адсорбционной способности, поскольку адсорбция связана с взаимодействием между молекулами примесей и поверхностью адсорбента. Однако поверхность, особенно внутренняя поверхность, пористых материалов должна быть доступна молекулам примеси. Площадь поверхности пористых материалов зависит от размеров пор, т.е. площадь поверхности увеличивается по мере уменьшения усредненного размера пор.

Опять же, доступность пористой сети жизненно важна для приложений. Для обеспечения быстрой кинетики адсорбции усредненный размер пор материала должен быть больше, чем кинетический диаметр молекул примесей. Если в материале присутствуют вторичные поры, то поровая сеть должна быть иерархической, чтобы обеспечить улучшенный доступ примесей к поверхности сорбента.

Бытовой и сельскохозяйственный секторы требуют большого количества пресной воды, поэтому им следует уделять больше внимания. В дополнение к этому, потребление воды человеком остается самым низким по сравнению с животноводством и ирригацией.

В мире с точки зрения продуктивности пресной воды системы опреснения можно разделить на три категории: крупномасштабные системы опреснения (LSD), системы среднего опреснения (MSD) и мелкомасштабные системы опреснения (SSD). Системы с производительностью пресной воды менее 25 м³/сут относятся к категории систем SSD [35-38].

Заводы по производству ЛСД имеют множество экологических проблем, а также требуют большого количества энергии для транспортировки и распределения.

Высокий спрос в бытовом и сельскохозяйственном секторах, экологические проблемы, связанные с установками LSD, а также энергия, необходимая для передачи и распределения пресной воды в жилых районах, привели к рассмотрению вопроса о развертывании систем производства пресной воды SSD в жилых и сельских общинах.

В рамках этих систем также можно очищать и использовать сточные и бытовые сточные воды. Кроме того, эти системы надежны, просты в эксплуатации и могут быть расположены в изолированных населенных пунктах, не требуя высоких трудозатрат [39,40]. Производительность систем SSD может варьироваться от нескольких л/сут до нескольких м³/сут.

В настоящее время опреснительные установки во всем мире в основном основаны на мембранных технологиях, включая обратный осмос (RO), прямой осмос (FO), нанофильтрацию (NF) и мембранную дистилляцию (MD), на долю которых приходится 2,2 млн м³·д⁻¹ годовой контрактной мощности в 2017 году и более 59% от общей мощности опреснения (для сравнения, термические процессы составляют всего 0,1 млн м³·д⁻¹).

Таким образом, количество установленных установок по опреснению воды значительно возросло в странах с дефицитом воды за последнее десятилетие [41-43].

На сегодняшний день по всему миру построено более 20 000 установок, и ожидаемые инвестиции в размере 10 миллиардов долларов США в течение следующих пяти лет добавят 5,7 миллиона кубических метров в день новых производственных мощностей. Ожидается, что к 2030 году эта мощность даже удвоится.

Поэтому обеспечение пресной водой отдаленных сельскохозяйственных угодий в Казахстане путем очистки и опреснения минерализованных подземных вод на мелкомасштабных мобильных установках с применением природных адсорбционных материалов является актуальной задачей.

Хотя в литературе имеется несколько обзоров современных технологий опреснения, включая краткие обзоры материалов в адсорбционном опреснении, систематическое обсуждение современных пористых адсорбционных материалов для опреснения отсутствует.

Следует отметить, что в настоящее время недостаточно исследовано по использованию модифицированных кремнистых пород – опоки Западного Казахстана в процессе очистки и опреснения высокоминерализованных подземных вод на мелкомасштабных мобильных установках.

Целью работы является создание гранулированного водостойкого минерального сорбента на основе модифицированной кремнистой породы – опоки Западного Казахстана и разработка модульной лабораторной установки для опреснения минерализованной подземной воды.

Материалы и методы исследования. В качестве основного сырьевого материала использована кремнистая порода – опока Таскалинского месторождения. Физико-механические и химико-минералогические характеристики данного материала достаточно хорошо изучены и отражены в опубликованных трудах ученых [44, 45].

Для повышения водостойкости модифицированных гранул сорбентов при фильтрации воды внутри картриджа при работе модульной экспериментальной установки для очистки и опреснения подземной воды использовали метод создания полимерной матрицы с применением поливинилового спирта. Поливиниловый спирт (ПВС) – водорастворимый синтетический полимер – образует стабильный и кристаллизующийся гидрогель методом замораживания – оттаивания. Гидрогель ПВС обладает высокой механической прочностью, биосовместимостью, имеет вязкоупругую природу, нетоксичен и экономичен.

Для оценки влияния на характеристику набухания были приготовлены следующие смеси гидрогелей: ПВС 1, 5, 10 мас. % приготовлены путем растворения порошковых материалов в дистиллированной воде при 95°C для ПВС при постоянном перемешивании при 20°C.

Затем полученные растворы смешивали в массовом соотношении (ПВС/Сорбент) 90/10 при перемешивании и пропускании данной смеси через гранулятор (рис. 2).

Полученные гранулы высушивали в сушильном шкафу при 60°C в течение 1 ч.



Рисунок 2 – Общий вид гранулятора марки DELTA ME 300

Полученный таким образом гранулированный модифицированный сорбент (рис. 3) имеет 100%-ную водостойкость, что гарантированно может фильтровать воду без разрушения внутри картриджа. При этом обеспечивается безопасная работа модульной экспериментальной установки для опреснения и очистки воды.



а)



б)

Рисунок 3 – Модифицированные гранулы сорбентов: а) термомодифицированный при $T = 400^{\circ}\text{C}$, б) то же при $T = 500^{\circ}\text{C}$.

Результаты исследований. Работы по разработке модульной лабораторной установки для опреснения минерализованной подземной воды осуществлялись в два этапа. На первом этапе разработана конструкция картриджа. Разрабатываемый картридж состоит из корпуса, перфорированной трубки и головки. Головка картриджа включает вход и выход воды через фильтрующую загрузку.

При этом фильтрующей загрузкой является модифицированный гранулированный сорбент диаметром 1,0-1,5 мм.

В качестве корпуса картриджа использовали стандартные прозрачные пластиковые колбы бытовых фильтров, используемых для доочистки питьевой воды.

Перфорированную трубку для картриджа для разработанных модифицированных сорбентов изготовили из пластика с помощью 3D принтера. Перфорированную трубку изготовили в двух вариантах. При этом диаметр отверстия трубки для картриджа составляет 0,5 мм с шагом 1,0 мм, что позволяет полностью задерживать гранулы модифицированного сорбента и обеспечивать эффективную фильтрацию воды с приемлемой скоростью. В конструкции картриджа гранулы модифицированного сорбента располагаются между внутренней стенкой колбы и наружной стенки перфорированной трубки. Верхняя часть картриджа, соприкасающаяся с головкой, где осуществляется выход очищенной воды, снабжена сеткой из нержавеющей материала с отверстиями 0,8 мм. Такое конструктивное решение принято в связи необходимостью удержания гранул модифицированных сорбентов без задержки фильтрованной воды.

Картридж первого варианта имеет высоту 325 мм с диаметром 87,5 мм и предназначен для экспериментальной установки для опреснения и очистки минерализованной подземной воды.

На рисунке 4 представлен конструктивный чертеж картриджа для фильтрации воды.

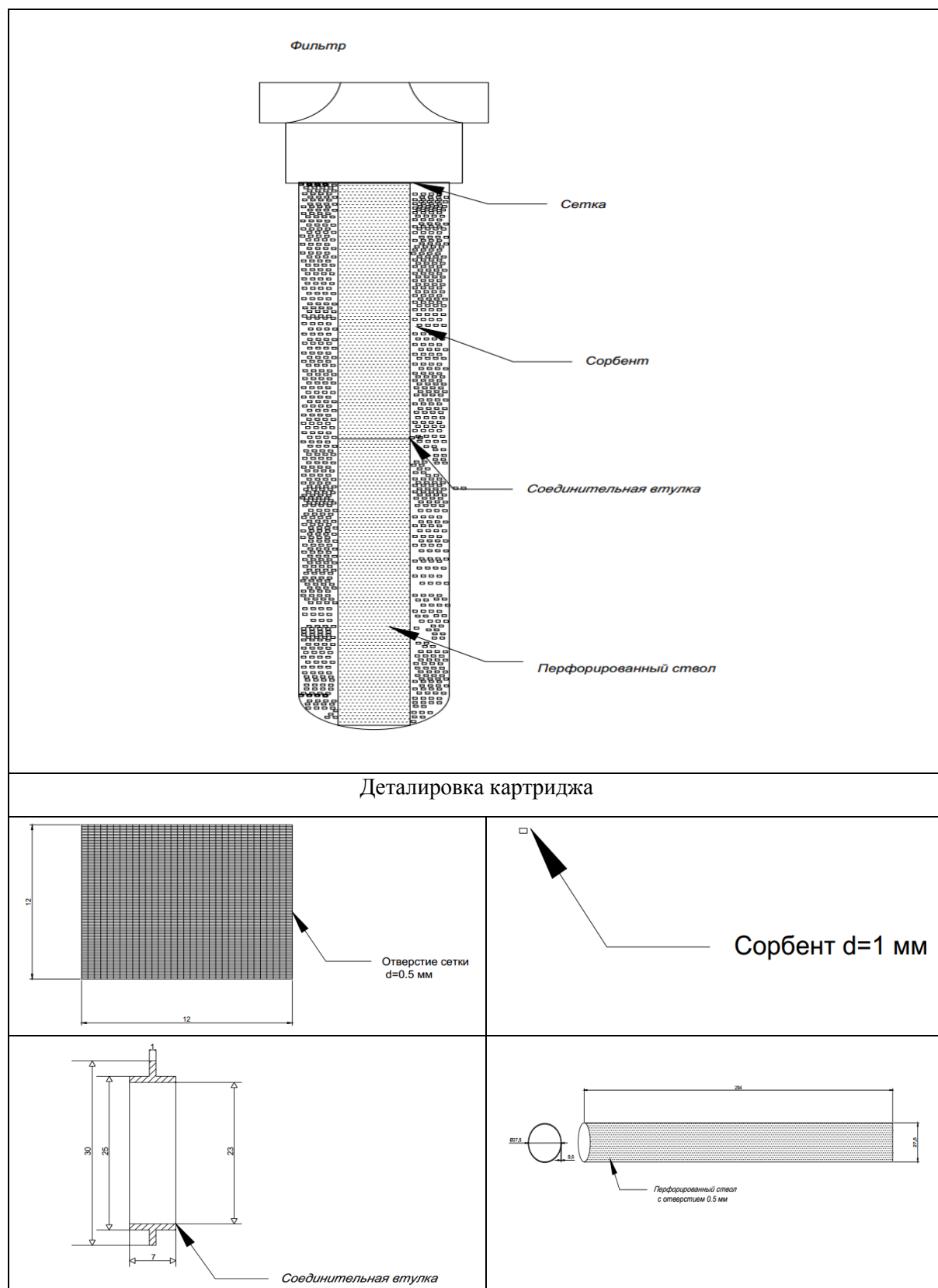


Рисунок 4 – Конструктивный чертеж картриджа для фильтрации воды

Далее была разработана технологическая схема экспериментальной установки для опреснения и очистки воды (рис. 5).

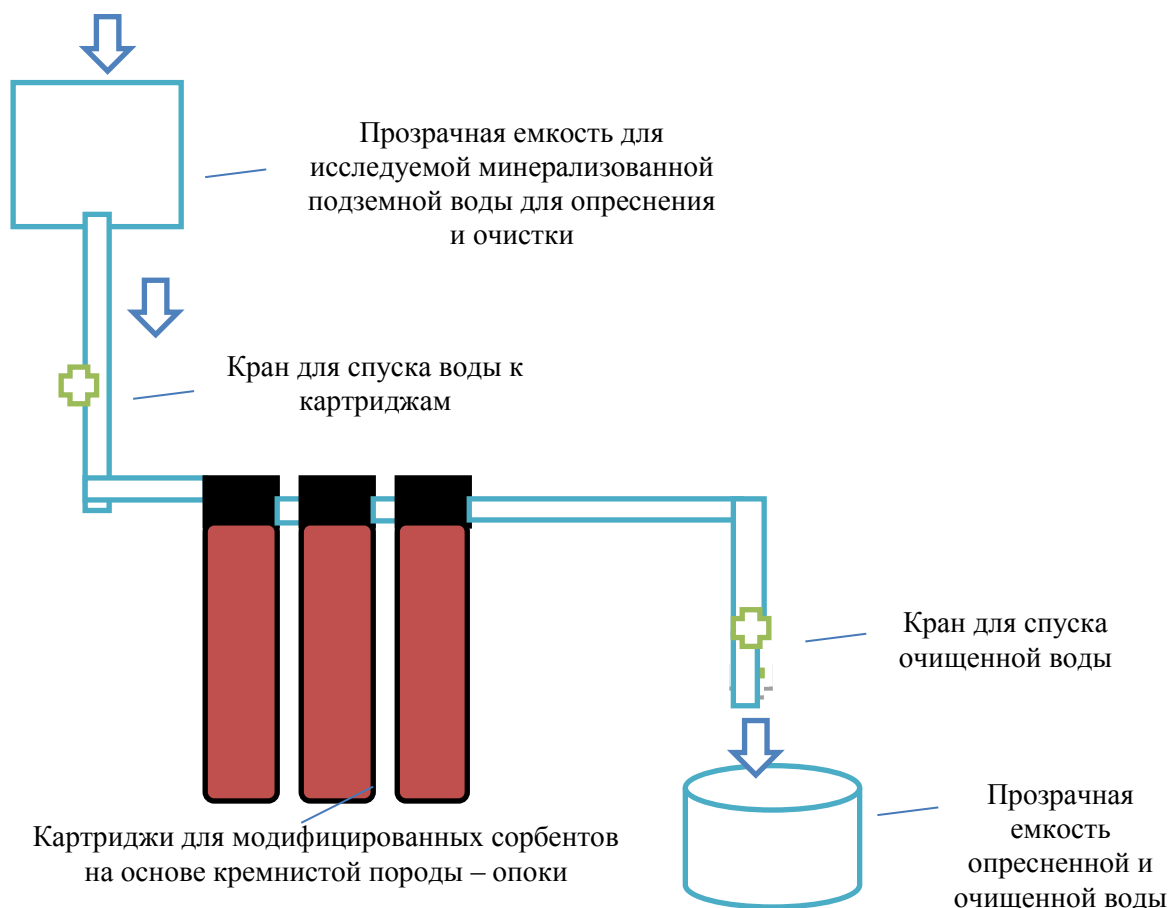


Рисунок 5 – Технологическая схема экспериментальной установки для опреснения и очистки воды

На основе разработанной схемы создана экспериментальная установка для опреснения и очистки воды, позволяющая исследовать степень очистки воды различного химического состава и загрязнения. На этой установке проводились научно-экспериментальные работы по исследованию воды различного химического состава с целью очистки с помощью разработанных составов модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы опоки.

В зависимости от химического состава и степени загрязнения можно разрабатывать новые составы сорбентов для их очистки (рис. 6).

При этом емкость для исследуемой воды установлена на высоте 2,5 м для того, чтобы создать необходимый естественный напор воды для фильтрации через модифицированные гранулированные сорбенты на основе кремнистой породы – опоки.



Рисунок 6 – Разработанная экспериментальная модульная лабораторная установка для опреснения и очистки воды с использованием модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы - опоки

Дальнейшим этапом исследования явилось изучение степени солесодержания и общего солесодержания высокоминерализованной подземной воды месторождения «Аккурай» Казталовского района ЗКО до и после очистки.

Определение исследуемых параметров осуществлялось с помощью кондуктометра марки «Марк 603». Данный кондуктометр предназначен для измерения удельной электрической проводимости (УЭП), массовой концентрации соли водных растворов в пересчете на NaCl (в дальнейшем солесодержания), температуры воды и водных растворов. Кондуктометр позволяет осуществлять измерение абсолютной УЭП и УЭП, приведенной к 25°C (УЭП 25).

Диапазон измерения кондуктометра на солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) мг/дм³ (от 0 до 1 000), а общего солесодержания (TDS), мг/дм³ (от 0 до 20 000). Для сравнения исследуемых параметров воды в таблице 1 приведены значения общего солесодержания (TDS).

Для сравнительного анализа к очистке подвергались водопроводная вода и три пробы подземной воды месторождения «Аккурай». Процесс фильтрации воды осуществлялся с помощью разработанной экспериментальной модульной лабораторной установки (см. рис. 6).

Все измерения исследуемых вод с помощью кондуктометра марки «Марк 603» производились до и после фильтрации через гранулированный водостойкий минеральный сорбент на основе модифицированной кремнистой породы – опоки Западного Казахстана.

Результаты проведенных научно-экспериментальных работ приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Значения общего солесодержания (TDS)

Параметры, мг/дм ³	Пояснение
<50	Очень низкое содержание, подходит для питья, но может оказать неблагоприятное воздействие на вкусовые свойства воды.
50-150	Оптимальное содержание для питьевой воды.
150-300	Приемлемое содержание для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.
300-500	Удовлетворительное качество воды для питья, однако на этом уровне необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей.
500-1000	Воду с таким содержанием рекомендуется использовать только для технических нужд или после дополнительной очистки.
>1000	Слишком высокое содержание, вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки.

Таблица 2 – Результаты очистки воды с использованием гранулированного водостойкого минерального сорбента на основе модифицированной кремнистой породы – опоки Западного Казахстана

Параметры, мг/дм ³	Пояснение
<50	Очень низкое содержание, подходит для питья, но может оказать неблагоприятное воздействие на вкусовые свойства воды.
50-150	Оптимальное содержание для питьевой воды.
150-300	Приемлемое содержание для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.
300-500	Удовлетворительное качество воды для питья, однако на этом уровне необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей.
500-1000	Воду с таким содержанием рекомендуется использовать только для технических нужд или после дополнительной очистки.
>1000	Слишком высокое содержание, вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки.

Как показывает результаты исследований водопроводная вода, поступающая из городского водопровода до фильтрации по общему солесодержанию (TDS) составляет 600 мг/дм³, а по солесодержанию (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) составило 384 мг/дм³. Эти данные, согласно значениям общего солесодержания (TDS) (табл. 1), соответствуют категории 300-500 мг/дм³. При этом качество воды характеризуется как удовлетворительное качество воды для питья, однако на этом уровне необходимо учитывать возможное наличие нежелательных примесей. После фильтрации значения водопроводной воды по солесодержанию (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS) составило 268 мг/дм³ и 220 мг/дм³ соответственно. В результате фильтрации водопроводная вода по общему солесодержанию (TDS) перешла в категорию 150-300, что соответствует к приемлемому содержанию для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды.

Что касается качества подземной воды месторождения «Аккурай» то до очистки все три пробы имеет высокие показатели по общему солесодержанию (TDS). Эти показатели находятся в пределах от 2905 до 3648 мг/дм³. По значению общего солесодержания (TDS) данная вода относится к категории с слишком высоким общим солесодержанием и вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. Самое высокое общее солесодержание до фильтрации обнаружено у пробы воды № 3 и составляет 3648 мг/дм³.

После фильтрации у всех трех проб наблюдается снижение показателей солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS). В целом снижение составляет в пределах 30-33%, что является значительным достижением касательно снижения показателей солесодержания высокоминерализованных подземных вод. Однако эти снижения недостаточны для использования их для хозяйственных и питьевых нужд. Поэтому авторы исследований продолжают вести научно-экспериментальные работы по модификации разработанных гранулированных минеральных сорбентов с целью достижения ожидаемых результатов.

Закключение. 1) Разработана конструкция картриджа, которая состоит из корпуса, перфорированной трубки и головки. Головка картриджа включает вход и выход воды через фильтрующую загрузку. При этом фильтрующей загрузкой является модифицированный гранулированный сорбент диаметром 1,0-1,5 мм. В качестве корпуса картриджа использованы стандартные прозрачные пластиковые колбы бытовых фильтров, предназначенных для доочистки питьевой воды. Перфорированная трубка для картриджа для разработанных модифицированных сорбентов изготовлена из пластика с помощью 3D принтера. Верхняя часть картриджа, соприкасающаяся с головкой, где осуществляется выход очищенной воды, снабжена сеткой из нержавеющей стали с отверстиями 0,8 мм. Такое конструктивное решение принято в связи необходимостью удержания гранул модифицированных сорбентов без задержки фильтрованной воды; 2) Создана экспериментальная установка для опреснения и очистки воды, позволяющая исследовать степень очистки воды различного химического состава и загрязнения. На этой установке появляется возможность вести научно-экспериментальные работы по исследованию воды различного химического состава с целью очистки с помощью разработанных составов модифицированных сорбентов на основе кремнистой породы – опоки; 3) С помощью кондуктометра марки «Марк 603» исследованы водопроводная вода и три пробы подземной воды месторождения «Аккурай». В результате фильтрации водопроводная вода по общему солесодержанию (TDS) перешла в категорию 150-300, что соответствует к приемлемому содержанию для воды, используемой в быту и в некоторых промышленных процессах, но может оказывать влияние на вкус и качество питьевой воды; 4) Установлено, что все три пробы воды месторождения «Аккурай» по значению общего солесодержания (TDS) относятся к категории с слишком высоким общим солесодержанием и вода непригодна для большинства целей без предварительной обработки. Самое высокое общее солесодержание до фильтрации обнаружено у пробы воды № 3 и составляет 3648 мг/дм³; 5) Установлено, что после фильтрации у всех трех проб наблюдается снижение показателей солесодержания (C) воды, в пересчете на хлористый натрий (NaCl) и по общему солесодержанию (TDS). В целом снижение составляет в пределах 30-33%, что является

значительным достижением касательно снижения показателей солесодержания высокоминерализованных подземных вод.

Благодарности. Данное исследование выполнено в рамках исполнения проекта грантового финансирования по теме № AP19679003 «Разработка технологии обводнения с опреснением минерализованных подземных вод путем фильтрации с использованием природных неуглеродных модифицированных сорбентов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Arnell, Nigel W. Climate change and global water resources [Text] / Nigel W. Arnell // Global Environmental Change Volume 9, Supplement 1, October 1999, Pages S31-S49.

2 Chapagain, Kaushal. Urban water security: A comparative assessment and policy analysis of five cities in diverse developing countries of Asia [Text] / Kaushal, Chapagain, Hassan Tolba Aboelnga, Mukand S. Babel, Lars Ribbe, Victor R. Shinde, Devesh Sharma, Nguyen Mai Dang // Environmental Development Volume 43, September 2022, 100713.

3 Barati, Ali Akbar. Water crisis in Iran: A system dynamics approach on water, energy, food, land and climate (WEFLC) nexus [Text] / Ali Akbar Barati, Milad Dehghani Pour, Mohsen Adeli Sardooei // Science of The Total Environment Volume 882, 15 July 2023, 163549.

4 Zhong, Xing. Efficient and rapid capture of uranium (VI) in wastewater via multi-amine modified β -cyclodextrin porous polymer [Text] / Xing Zhong, Yubin Tan, Siyuan Wu, Caixia Hu, Kai Guo, Yongchuan Wu, Neng Yu, Mingyang Ma, Ying Dai // Chinese Journal of Chemical Engineering. - Volume 68, April - 2024, Pages 144-155.

5 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России [Текст] / В.Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В.Н. Щедрина // М.: Мелиоводинформ, 2009. - 342 с.

6 Иванкова, Т.В. Опыт эффективного управления водными ресурсами в условиях дефицита (на примере Израиля) [Текст] / Т.В. Иванкова // Астраханский вестник экологического образования. - 2018. - № 1(43). - С. 78–88.

7 Талалаева, В.Ф. Обзор методов и технологий опреснения воды для целей питьевого водоснабжения [Текст] / В.Ф. Талалаева // Экология и водное хозяйство. - 2022. - Т. 4, № 4. - С. 84–100.

8 Турганалиев, С.Р. Оценка состояния пастбищных угодий [Текст] / С.Р. Турганалиев, О.Ж. Сагымбай // География и водные ресурсы. 2020. № 1. С. 81-86.

9 Хожанов, Н.Н. Некоторые вопросы обводнения пастбищ в Казахстане [Текст] / Н.Н. Хожанов, М.С. Мирдадаев, Т.Ш. Устабаев, Б.Д. Исмаилов, Т.М. Кабыл // В сборнике: Актуальные проблемы науки и техники. Инноватика. Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 49-58.

10 Безбородов, Ю.Г. Обводнение отгонных пастбищ аридной зоны Республики Казахстан [Текст] / Ю.Г. Безбородов, Н.Н. Балгабаев, Н.Н. Хожанов, Т.Ш. Устабаев // Природообустройство. 2022. № 3. С. 27-34.

11 Alshameri, A. A review of the role of natural clay minerals as effective adsorbents and an alternative source of minerals [Text] / A. Alshameri, X. Wei, H. Wang, Y. Fuguo, X. Chen, H. He, C. Yan, F. Xu // Minerals 2019, 3, 49–64.

12 Tarasevich, Y.I. Application of natural adsorbents and adsorption-active materials based thereon in the processes of water purification [Text] / Y.I. Tarasevich // In Studies in Surface Science and Catalysis; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. - 1999; Volume 120, pp. 659–722.

13 Mustapha, S. The role of kaolin and kaolin/ZnO nanoadsorbents in adsorption studies for tannery wastewater treatment [Text] / S. Mustapha, J. Tijani, M. Ndamitso, S. Abdulkareem, D. Shuaib, A. Mohammed, A. Sumaila // Sci. Rep. - 2020, 10, 13068.

14 Zhang, Q. Removal of ammonium and heavy metals by cost-effective zeolite synthesized from waste quartz sand and calcium fluoride sludge [Text] / Q. Zhang, B. Lin, J. Hong, C.-T. Chang // Water Sci. Technol. - 2017, 75, PP. 587–597.

15 Ouyang, D. Research on the adsorption behavior of heavy metal ions by porous material prepared with silicate tailings [Text] / D. Ouyang, Y. Zhuo, L. Hu, Q. Zeng, Y. Hu, Z. He // Minerals. - 2019, 9, 291.

- 16 Burham, N. Adsorption behavior of Cd²⁺ and Zn²⁺ onto natural Egyptian bentonitic clay [Text] / N. Burham, M. Sayed // Minerals. - 2016, 6, 129.
- 17 Awan, M.A. Removal of heavy metals through adsorption using sand [Text] / M.A. Awan, I.A. Qazi, I. Khalid // J. Environ. Sci. - 2003, 15, PP. 413–416.
- 18 Diels, L. Heavy metals removal by sand filters inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria [Text] / L. Diels, P. Spaans, S. Van Roy, L. Hooyberghs, A. Ryngaert, H. Wouters, E. Walter, J. Winters, L. Macaskie, J. Finlay // Hydrometallurgy. - 2003, 71, PP. 235–241.
- 19 Abbasi, M. Enhanced adsorption of heavy metals in groundwater using sand columns enriched with graphene oxide: Lab-scale experiments and process modeling [Text] / M. Abbasi, E. Safari, M. Baghdadi, M. Janmohammadi // J. Water Process Eng. - 2021, 40, 101961.
- 20 Zhou, P. Heavy metal removal from wastewater in fluidized bed reactor [Text] / P. Zhou, J.-C. Huang, A.W. Li, S. Wei // Water Res. - 1999, 33, PP. 1918–1924.
- 21 Каныгина, О.Н. К вопросу о сорбционной очистке воды монтмориллонит содержащей глиной [Текст] / О.Н. Каныгина, А.Г. Четверикова, А.Д. Стрекаловская, О.В. Варламова // Вестник ОГУ. - №9 (170)/сентябрь 2014. – С. 160 -163.
- 22 Гончарук, А.Ю. Исследование сорбционных процессов на природных минералах и их термомодифицированных формах [Текст] / А.Ю. Гончарук, А.П. Ильин // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26. – №3. – С. 287–298.
- 23 Хресанов, В.А. Геологическое строение и полезные ископаемые Белгородской области [Текст] / В.А. Хресанов, А.Н. Петин, М.М. Яковчук // Белгород: Изд-во БелГУ, 2000. – 245 с.
- 24 Сальникова, Е.В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов [Текст] / Е.В. Сальникова, М.Л. Мурсалимова, А.В. Стряпков // Оренбург: ОГУ, 2005. – 157 с.
- 25 Эмомов, К.Ф. Физико-химические основы кислотного разложения бентонитовых глин [Текст] / К.Ф. Эмомов // Автореф. дисс. ...к.т.н. - Душанбе, 2006, 21 с.
- 26 Серпокрылов, Н.С. Доочистка шахтных вод на фильтрах с песчаной загрузкой [Текст] / Н.С. Серпокрылов, С.А. Щербаков // Инженерный вестник Дона, 2011, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2011/434/.
- 27 Кондрашова, А.В. Физико-химические и адсорбционные свойства опоки и применение её в очистке сточных вод [Текст] / А.В. Кондрашова, Р.И. Кузьмина // Международный научно-исследовательский журнал, 2017, № 6-2. URL: research-journal.org/chemistry/fiziko-ximicheskie-i-adsorbcionnye-svoystva-opoki-i-primenenie-eyo-v-ochistke-stochnyx-vod.
- 28 Кондрашова А.В. Адсорбционные исследования дисперсного кремнезёма – опоки [Текст] / А.В. Кондрашова, Р.И. Кузьмина // Успехи современной науки и образования, 2016, №7-1 URL: elibrary.ru/download/elibrary_25447229_14830911.pdf.
- 29 Латыпова, Ф.М. Исследование адсорбционных свойств природных сорбентов для очистки сточных вод [Текст] / Ф.М. Латыпова, Л.Х. Арасланова, И.И. Лукманов // «Булатовские чтения»: II Международная научно-практическая конференция – Краснодар: «Издательский Дом – Юг», 2018, том 5, с. 155-158.
- 30 Двадненко, М.В. Адсорбционная очистка сточных вод [Текст] / М.В. Двадненко, Н.М. Привалова, И.Ю. Кудаева // Современные наукоёмкие технологии, 2010, №10 URL: elibrary.ru/download/elibrary_15121856_18732430.pdf.
- 31 Renman, A., 2009. Metal removal by bed filter materials used in domestic wastewater treatment [Text] / A. Renman, G. Renman, J.P. Gustafsson // Journal of Hazardous Materials, 166, Pp. 734 – 739.
- 32 Lin, S.H., 2002. Heavy metal removal from water by sorption using surfactant-modified montmorillonite [Text] / S.H. Lin, R.S. Yang // Journal of Hazardous Materials, 92, 3, Pp. 315-326.
- 33 Хурамшина, И.З. Химическая активация природных минеральных сорбентов на основе опал-кристобалитовых пород Свердловской области [Текст] / И.З. Хурамшина, А.Ф. Никифоров, И.Л. Ушакова // Бутлеровские сообщения, 2016, 47, № 8. - с. 125-132.
- 34 Prabhakar, S. “Management and feasibility of reverse-osmosis schemes for rural water-supply in India” (in English) [Text] / S. Prabhakar, R.N. Patra, B.M. Misra, M.P.S. Ramani // Desalination 73 (1–3) (Nov 1989) 37–46, [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(89\)87003-1](https://doi.org/10.1016/0011-9164(89)87003-1).

35 Abbosh, F.G. “Design and performance of the worlds largest operating dual-purpose sea-water desalting plant” (in English) [Text] / F.G. Abbosh, I. Kamal, S. Chalchal, H. Gerke // Desalination 45 (May) (1983) 223–230 [Online]. Available: [://WOS: A1983QP21900031](#).

36 Alkhadra, M.A. “Small-scale desalination of seawater by shock electrodialysis” (in English) [Text] / M.A. Alkhadra, T. Gao, K.M. Conforti, H.H. Tian, M.Z. Bazant // Desalination 476 (Feb 15 2020) doi:ARTN 114219 10.1016/j.desal.2019.114219.

37 Shoeibi, S. “A comprehensive review on performance improvement of solar desalination with applications of heat pipes” (in English) [Text] / S. Shoeibi, S.A.A. Mirjalily, H. Kargarsharifabad, M. Khiadani, H. Panchal // Desalination 540 (Oct 15 2022) doi: ARTN 115983 10.1016/j.desal.2022.115983.

38 Mezher, T. “Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies” (in English) [Text] / T. Mezher, H. Fath, Z. Abbas, A. Khaled // Desalination 266 (1–3) (Jan 31 2011) 263–273, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.08.035>.

39 Sharma, A.K. “Decentralised systems - definition and drivers in the current context” (in English) [Text] / A.K. Sharma, G. Tjandraatmadja, S. Cook, T. Gardner // Water Sci. Technol. 67 (9) (2013) 2091–2101, <https://doi.org/10.2166/wst.2013.093>.

40 Benhalima, Tayeb. Synergistic adsorption/photodegradation effect for effective removal of crystal violet dye and acetamiprid pesticide using Fe³⁺ cross-linked ternary carboxymethyl cellulose/polyaniline/TiO₂ photocomposites [Text] / Tayeb Benhalima, Moussa Mokhtari, Hafida Ferfera-Harrar // Journal of Water Process Engineering, January 2024, 104670.

41 Khanzada a, Aysha Khan. Hydrochar-nanoparticle integration for arsenic removal from wastewater: Challenges, possible solutions, and future horizon [Text] / Aysha Khan Khanzada a, Hussein E. Al-Hazmi a, Bogna Snjatala a, Tommy Muringail Joseph b, Joanna Maytach a, Samir AM Abdulrahman c, Said S. Albasir d, Tony Agustiono Kurniawan e, Zohre Rahimi-Akhar f, Sajjad Habibzadeh g, Jacek Mionkinia // Environmental Research Volume 238, Part 1, December 1, 2023, 117164.

42 Ramos-Guivar, Juan A. Synergetic effect between zeolite 5 A and maghemite nanoparticles for fast lead uptake from the Peruvian river Cumbaza: Study of surface adsorption mechanism using X-ray photoelectron spectroscopy [Text] / Juan A. Ramos-Guivar, Noemi-Raquel Checca-Huaman, F. Jochen Litterst, Edson C. Passamani // Applied Surface Science Advances Volume 18, December 2023, 100489.

43 Монтаева, Н.С. Химико-минералогическая и биологическая оценка кремнистой породы – опоки Западно - Казахстанской области с целью использования их в качестве минеральной добавки и профилактики заболеваний сельскохозяйственных животных и птиц [Текст] / Н.С. Монтаева // Наука и образование - № 1 (54) 2019. - С. 301-306.

44 Montayev, Sarsenbek Aliakbaruly. Prospects of creating the technology of composite adsorbent for water purification based on the composition of siliceous and clay rocks of kazakhstan [Text] / Sarsenbek Aliakbaruly Montayev, Ainura Sarsenbekovna Montayeva, Nurgul Bolatovna Adilova, Altynay Bakytzhanovna Shinguzhiyeva, Nurgul Sarsenbekovna Montayeva, Azamat Tulepkaliyevich Taskaliyev // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 1, January 2018, pp. 805–813.

45 Montaeв, S.A. Purification of underground water using sorbent based on silicony rock-flask of west kazakhstan [Text] / S.A. Montaeв, S.S. Satayeva, K.A. Narikov, M.B. Mambetova, D.S. Nazarova // Rasayan Journal of Chemistry, 2022, 15(2), pp. 1439–1444.

REFERENCES

1 Arnell, Nigel W. Climate change and global water resources [Text] / Nigel W. Arnell // Global Environmental Change Volume 9, Supplement 1, October 1999, Pages S31-S49.

2 Chapagain, Kaushal. Urban water security: A comparative assessment and policy analysis of five cities in diverse developing countries of Asia [Text] / Kaushal, Chapagain, Hassan Tolba Aboelnga, Mukand S. Babel, Lars Ribbe, Victor R. Shinde, Devesh Sharma, Nguyen Mai Dang // Environmental Development Volume 43, September 2022, 100713.

3 Barati, Ali Akbar. Water crisis in Iran: A system dynamics approach on water, energy, food, land and climate (WEFLC) nexus [Text] / Ali Akbar Barati, Milad Dehghani Pour, Mohsen Adeli Sardooei // Science of The Total Environment Volume 882, 15 July 2023, 163549.

- 4 Zhong, Xing. Efficient and rapid capture of uranium (VI) in wastewater via multi-amine modified β -cyclodextrin porous polymer [Text] / Xing Zhong, Yubin Tan, Siyuan Wu, Caixia Hu, Kai Guo, Yongchuan Wu, Neng Yu, Mingyang Ma, Ying Dai // Chinese Journal of Chemical Engineering. - Volume 68, April - 2024, Pages 144-155.
- 5 Problemy i perspektivy ispol'zovaniya vodnykh resursov v agropromyshlennom komplekse Rossii [Tekst] / V.N. SHCHedrin [i dr.]; pod obshch. red. V.N. SHCHedriny // M. : Meliovodinform, 2009. - 342 s.
- 6 Ivankova, T.V. Opyt effektivnogo upravleniya vodnymi resursami v usloviyah deficita (na primere Izrailiya) [Tekst] / T.V. Ivankova // Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. - 2018. - № 1(43). - S. 78-88.
- 7 Talalaeva, V.F. Obzor metodov i tekhnologij opresneniya vody dlya celej pit'evogo vodosnabzheniya [Tekst] / V.F. Talalaeva // Ekologiya i vodnoe hozyajstvo. - 2022. - T. 4, № 4. - S. 84-100.
- 8 Turganaliyev, S.R. Ocenka sostoyaniya pastbishchnykh ugodij [Tekst] / S.R. Turganaliyev, O.ZH. Sagymbaj // Geografiya i vodnye resursy. 2020. № 1. S. 81-86.
- 9 Hozhanov, N.N. Nekotorye voprosy obvodneniya pastbishch v Kazahstane [Tekst] / N.N. Hozhanov, M.S. Mirdadaev, T.SH. Ustabaev, B.D. Ismailov, T.M. Kabyl // V sbornike: Aktual'nye problemy nauki i tekhniki. Innovatika. Sbornik nauchnykh statej po materialam VI Mezhdunarodnoj nauno-prakticheskoy konferencii. Ufa, 2021. S. 49-58.
- 10 Bezborodov, YU.G. Obvodnenie otgonnykh pastbishch aridnoj zony Respubliki Kazahstan [Tekst] / YU.G. Bezborodov, N.N. Balgabaev, N.N. Hozhanov, T.SH. Ustabaev // Prirodoobustrojstvo. 2022. № 3. S. 27-34.
- 11 Alshameri, A. A review of the role of natural clay minerals as effective adsorbents and an alternative source of minerals [Text] / A. Alshameri, X. Wei, H. Wang, Y. Fuguo, X. Chen, H. He, C. Yan, F. Xu // Minerals 2019, 3, 49-64. [CrossRef]
- 12 Tarasevich, Y.I. Application of natural adsorbents and adsorption-active materials based thereon in the processes of water purification [Text] / Y.I. Tarasevich // In Studies in Surface Science and Catalysis; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. - 1999; Volume 120, pp. 659-722.
- 13 Mustapha, S. The role of kaolin and kaolin/ZnO nano-adsorbents in adsorption studies for tannery wastewater treatment [Text] / S. Mustapha, J. Tijani, M. Ndamitso, S. Abdulkareem, D. Shuaib, A. Mohammed, A. Sumaila // Sci. Rep. - 2020, 10, 13068. [CrossRef]
- 14 Zhang, Q. Removal of ammonium and heavy metals by cost-effective zeolite synthesized from waste quartz sand and calcium fluoride sludge [Text] / Q. Zhang, B. Lin, J. Hong, C.-T. Chang // Water Sci. Technol. - 2017, 75, PP. 587-597. [CrossRef]
- 15 Ouyang, D. Research on the adsorption behavior of heavy metal ions by porous material prepared with silicate tailings [Text] / D. Ouyang, Y. Zhuo, L. Hu, Q. Zeng, Y. Hu, Z. He // Minerals. - 2019, 9, 291. [CrossRef]
- 16 Burham, N. Adsorption behavior of Cd²⁺ and Zn²⁺ onto natural Egyptian bentonitic clay [Text] / N. Burham, M. Sayed // Minerals. - 2016, 6, 129.
- 17 Awan, M.A. Removal of heavy metals through adsorption using sand [Text] / M.A. Awan, I.A. Qazi, I. Khalid // J. Environ. Sci. - 2003, 15, PP. 413-416.
- 18 Diels, L. Heavy metals removal by sand filters inoculated with metal sorbing and precipitating bacteria [Text] / L. Diels, P. Spaans, S. Van Roy, L. Hooyberghs, A. Ryngaert, H. Wouters, E. Walter, J. Winters, L. Macaskie, J. Finlay // Hydrometallurgy. - 2003, 71, PP. 235-241.
- 19 Abbasi, M. Enhanced adsorption of heavy metals in groundwater using sand columns enriched with graphene oxide: Lab-scale experiments and process modeling [Text] / M. Abbasi, E. Safari, M. Baghdadi, M. Janmohammadi // J. Water Process Eng. - 2021, 40, 101961.
- 20 Zhou, P. Heavy metal removal from wastewater in fluidized bed reactor [Text] / P. Zhou, J.-C. Huang, A.W. Li, S. Wei // Water Res. - 1999, 33, PP. 1918-1924.
- 21 Kanygina, O.N. K voprosu o sorbcionnoj oчитке vody montmorillonit sodержashchej glinoj [Tekst] / O.N. Kanygina, A.G. CHetverikova, A.D. Strekalovskaya, O.V. Varlamova // Vestnik OGU. - №9 (170)/sentyabr' 2014. - S. 160 -163.

- 22 Goncharuk, A.YU. Issledovanie sorbcionnyh processov na prirodnih mineralah i ih termomodificirovannyh formah [Tekst] / A.YU. Goncharuk, A.P. Il'in // Himiya i tekhnologiya vody. – 2004. – T. 26. – №3. – S. 287–298.
- 23 Hresanov, B.A. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye Belgorodskoj oblasti [Tekst] / V.A. Hresanov, A.N. Petin, M.M. YAKOVCHUK // Belgorod: Izd-vo BelGU, 2000. – 245 s.
- 24 Sal'nikova, E.V. Metody koncentrirovaniya i razdeleniya mikroelementov [Tekst] / E.V. Sal'nikova, M.L. Mursalimova, A.V. Stryapkov // Orenburg: OGU, 2005. – 157 s.
- 25 Emomov, K.F. Fiziko-himicheskie osnovy kislotnogo razlozheniya bentonitovyh glin [Tekst] / K.F. Emomov // Avtoref. diss. ...k.t.n. - Dushanbe, 2006, 21 s.
- 26 Serpukrylov, N.S. Doochistka shahtnyh vod na fil'trah s peschanoj zagruzkoj [Tekst] / N.S. Serpukrylov, S.A. SHCHerbakov // Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/434/.
- 27 Kondrashova, A.V. Fiziko-himicheskie i adsorbcionnye svoystva opoki i primenenie eyo v ochistke stochnyh vod [Tekst] / A.V. Kondrashova, R.I. Kuz'mina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2017, № 6-2. URL: research-journal.org/chemistry/fiziko-ximicheskie-i-adsorbcionnye-svoystva-opoki-i-primenenie-eyo-v-ochistke-stochnyx-vod.
- 28 Kondrashova A.V. Adsorbcionnye issledovaniya dispersnogo kremnezyoma – opoki [Tekst] / A.V. Kondrashova, R.I. Kuz'mina // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya, 2016, №7-1 URL: elibrary.ru/download/elibrary_25447229_14830911.pdf.
- 29 Latypova, F.M. Issledovanie adsorbcionnyh svoystv prirodnih sorbentov dlya ochistki stochnyh vod [Tekst] / F.M. Latypova, L.H. Araslanova, I.I. Lukmanov // «Bulatovskie chteniya»: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – Krasnodar: «Izdatel'skij Dom – YUg», 2018, tom 5, s. 155-158.
- 30 Dvadenko, M.V. Adsorbcionnaya ochistka stochnyh vod [Tekst] / M.V. Dvadenko, N.M. Privalova, I.YU. Kudaeva // Sovremennye naukoymkie tekhnologii, 2010, №10 URL: elibrary.ru/download/elibrary_15121856_18732430.pdf.
- 31 Renman, A., 2009. Metal removal by bed filter materials used in domestic wastewater treatment [Text] / A. Renman, G. Renman, J.P. Gustafsson // Journal of Hazardous Materials, 166, Pp. 734 – 739.
- 32 Lin, S.H., 2002. Heavy metal removal from water by sorption using surfactant-modified montmorillonite [Text] / S.H. Lin, R.S. Yang // Journal of Hazardous Materials, 92, 3, Pp. 315-326.
- 33 Hurasheina, I.Z. Himicheskaya aktivaciya prirodnih mineral'nyh sorbentov na osnove opal-kristobalitovyh porod Sverdlovskoj oblasti [Tekst] / I.Z. Hurasheina, A.F. Nikiforov, I.L. Ushakova // Butlerovskie soobshcheniya, 2016, 47, № 8. - s. 125-132.
- 34 Prabhakar, S. “Management and feasibility of reverse-osmosis schemes for rural water-supply in India” (in English) [Text] / S. Prabhakar, R.N. Patra, B.M. Misra, M.P.S. Ramani // Desalination 73 (1–3) (Nov 1989) 37–46, [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(89\)87003-1](https://doi.org/10.1016/0011-9164(89)87003-1).
- 35 Abbosh, F.G. “Design and performance of the worlds largest operating dual-purpose sea-water desalting plant” (in English) [Text] / F.G. Abbosh, I. Kamal, S. Chalchal, H. Gerke // Desalination 45 (May) (1983) 223–230 [Online]. Available: [://WOS: A1983QP21900031](http://WOS:A1983QP21900031).
- 36 Alkhadra, M.A. “Small-scale desalination of seawater by shock electrodialysis” (in English) [Text] / M.A. Alkhadra, T. Gao, K.M. Conforti, H.H. Tian, M.Z. Bazant // Desalination 476 (Feb 15 2020) doi:ARTN 114219 10.1016/j.desal.2019.114219.
- 37 Shoeibi, S. “A comprehensive review on performance improvement of solar desalination with applications of heat pipes” (in English) [Text] / S. Shoeibi, S.A.A. Mirjalily, H. Kargarsharifabad, M. Khiadani, H. Panchal // Desalination 540 (Oct 15 2022) doi: ARTN 115983 10.1016/j.desal.2022.115983.
- 38 Mezher, T. “Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies” (in English) [Text] / T. Mezher, H. Fath, Z. Abbas, A. Khaled // Desalination 266 (1–3) (Jan 31 2011) 263–273, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.08.035>.
- 39 Sharma, A.K. “Decentralised systems - definition and drivers in the current context” (in English) [Text] / A.K. Sharma, G. Tjandraatmadja, S. Cook, T. Gardner // Water Sci. Technol. 67 (9) (2013) 2091–2101, <https://doi.org/10.2166/wst.2013.093>.
- 40 Benhalima, Tayeb. Synergistic adsorption/photodegradation effect for effective removal of crystal violet dye and acetamiprid pesticide using Fe³⁺ cross-linked ternary carboxymethyl

cellulose/polyaniline/TiO₂ photocomposites [Text] / Tayeb Benhalima, Moussa Mokhtari, Hafida Ferfera-Harrar // Journal of Water Process Engineering, January 2024, 104670.

41 Khanzada a, Aysha Khan. Hydrochar-nanoparticle integration for arsenic removal from wastewater: Challenges, possible solutions, and future horizon [Text] / Aysha Khan Khanzada a, Hussein E. Al-Hazmi a, Bogna Snjatala a, Tommy Muringail Joseph b, Joanna Maytach a, Samir AM Abdulrahman c, Said S. Albasir d, Tony Agustiono Kurniawan e, Zohre Rahimi-Akhar f, Sajjad Habibzadeh g, Jacek Mionkinia // Environmental Research Volume 238, Part 1, December 1, 2023, 117164.

42 Ramos-Guivar, Juan A. Synergetic effect between zeolite 5 A and maghemite nanoparticles for fast lead uptake from the Peruvian river Cumbaza: Study of surface adsorption mechanism using X-ray photoelectron spectroscopy [Text] / Juan A. Ramos-Guivar, Noemi-Raquel Checca-Huaman, F. Jochen Litterst, Edson C. Passamani // Applied Surface Science Advances Volume 18, December 2023, 100489.

43 Montaeva, N.S. Himiko-mineralogicheskaya i biologicheskaya ocenka kremnistoj porody – opoki Zapadno - Kazahstanskoy oblasti s cel'yu ispol'zovaniya ih v kachestve mineral'noj dobavki i profilaktiki zabolevanij sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i ptic [Tekst] / N.S. Montaeva // Nauka i obrazovanie - № 1 (54) 2019. - S. 301-306.

44 Montayev, Sarsenbek Aliakbaruly. Prospects of creating the technology of composite adsorbent for water purification based on the composition of siliceous and clay rocks of kazakhstan [Text] / Sarsenbek Aliakbaruly Montayev, Ainura Sarsenbekovna Montayeva, Nurgul Bolatovna Adilova, Altynay Bakytzhanovna Shinguzhiyeva, Nurgul Sarsenbekovna Montayeva, Azamat Tulepkaliyevich Taskaliyev // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 1, January 2018, pp. 805–813.

45 Montaev, S.A. Purification of underground water using sorbent based on silicon rock-flask of west kazakhstan [Text] / S.A. Montaev, S.S. Satayeva, K.A. Narikov, M.B. Mambetova, D.S. Nazarova // Rasayan Journal of Chemistry, 2022, 15(2), pp. 1439–1444.

ТҮЙІН

Корпустаң, перфорацияланған түтіктен және басынан тұратын картридждің конструкциясы жасалды. Картридждің басы сүзгі жүктемесі арқылы судың кіруі мен шығуын қамтиды. Бұл жағдайда сүзгі жүктемесі диаметрі 1,0-1,5 мм модификацияланған түйіршікті сорбент болып табылады. Картридж корпусы ретінде ауыз суды тазартуға арналған тұрмыстық сүзгілердің стандартты мөлдір пластикалық колбалары қолданылады. Дамыған модификацияланған сорбенттерге арналған перфорацияланған картридж түтігі 3D принтер көмегімен пластиктен жасалған. Картридждің жоғарғы бөлігі тазартылған судың шығуы жүзеге асырылатын басымен жанасады, 0,8 мм тесіктері бар тот баспайтын материалдан жасалған тормен жабықталған. Мұндай конструктивті шешім өзгертілген сорбенттердің түйіршіктерін сүзілген суды ұстамай ұстау қажеттілігіне байланысты қабылданды. Түрлі химиялық құрамдағы және ластанудағы суды тазарту дәрежесін зерттеуге мүмкіндік беретін суды тұщыландыру және тазарту үшін эксперименттік қондырғы құрылды. Бұл қондырғыда опоканың кремнийлі жынысына негізделген модификацияланған сорбенттердің әзірленген құрамдарын пайдаланып тазарту мақсатында түрлі химиялық құрамдағы суды зерттеу бойынша ғылыми-эксперименттік жұмыстар жүргізуге мүмкіндік бар. "Марк 603" маркалы кондуктометрдің көмегімен ағын су және "Аққурай" кен орнының жерасты суының үш сынамасы зерттелді. Сүзу нәтижесінде ағын судың жалпы тұз мөлшері (TDS) 150-300 санатына өтті, бұл күнделікті өмірде және кейбір өндірістік процестерде қолданылатын судың қолайлы құрамына сәйкес келеді, бірақ ауыз судың дәмі мен сапасына әсер етуі мүмкін. Жалпы тұз мөлшері (TDS) бойынша "Аққурай" су кен орнының барлық үш су сынамасы жалпы тұз мөлшері тым жоғары санатқа жататыны және су алдын ала өңдеусіз көптеген мақсаттар үшін жарамсыз екені анықталды. Сүзуге дейінгі ең жоғары жалпы тұз мөлшері № 3 су үлгісінде кездеседі және 3648 мг/дм³ құрайды.

Сүзілгеннен кейін барлық үш сынамада натрий хлориді (NaCl) және жалпы тұз мөлшері (TDS) бойынша судың тұз мөлшері (C) көрсеткіштерінің төмендеуі байқалады. Жалпы алғанда, төмендеу 30-33% шегінде, бұл жоғары минералдандырылған жер асты суларының тұз құрамының көрсеткіштерін төмендетуге қатысты елеулі жетістік болып табылады.

UDC 632.78(045)
IRSTI 68.37.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-65-73

Tumenbayeva N. T., PhD, Associate Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-7320-0615>

NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin», Astana, Zhenis 62, 010011, Kazakhstan, nagi_kosi@mail.ru

Mombayeva B. K., PhD, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0007-5977-1976>

M.H. Dulati Taraz Regional University, Taraz, Suleimanova 7, 080000, Kazakhstan, bekzat.mombaeva@mail.ru

Abysheva G.T., PhD, teacher, <https://orcid.org/0000-0003-3243-8894>

NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin», Astana, Zhenis 62, 010011, Kazakhstan, gauhartas70@mail.ru

Yessenbekova G. T., PhD, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-5747-8860>

NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin», Astana, Zhenis 62, 010011, Kazakhstan, gulzat_es@mail.ru

BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL FEATURES OF RELATED PEST SPECIES OF THE FAMILY LASIOCAMPIDAE AND PYRALIDAE

ANNOTATION

In the south-east of Kazakhstan, in the desert zone, the protection of saxaul from harmful organisms, including insects, is of great importance, preserving the only tree in the arid territory, helping to preserve its biodiversity. Based on the data obtained to clarify the species composition of harmful lepidoptera of saxaul and the study of their biological characteristics make it possible to develop measures to combat them.

As a result of conducting field observations and studying the species composition of lepidopteran insects that damage the green shoots of the saxaul, we have identified a common species *Bazaria atrisparsella* Rag., belonging to the family *Bazaria* Rag. *Malacosoma castrense kirghisicum*, *Anoristia atrisparsella* (Rag.), which feeds on the vegetative and generative organs of the saxaul. Related species of pests of the *Lasiocampidae* show a preference for saxaul, especially for the species *Malacosoma*, which is part of the *Lasiocampidae*.

In the area of our research in the Ili depression (Balkhash, Kurtinsky districts, Almaty region), clusters of *Lasiocampidae* caterpillars were found in 2021-2023, the average number of individuals per tree was 2-3. Polyphage is one of the main pests of saxaul, showing the ability to consume many pasture plants. In addition, the harmfulness of the saxaul fireworm caterpillar is especially noticeable in early spring. At this time, they prefer to feed on newly growing shoots and flowers, which leads to the death of tree branches.

Based on the results of the conducted research, the species composition of pests damaging saxaul, bioecological features were clarified and methods of pest control were determined and fumigants were tested on common species of – *Malacosoma castrense kirghisicum* and – *Anoristia atrisparsella* (Rag.).

Key words: saxaul; *Lasiocampidae*; *Anoristia atrisparsella*; *Lepidoptera*; pests; caterpillars; taxonomic level; fumigants.

Introduction. In the field of biology, one of the main and modern world priorities is the problem of preserving biological diversity. Kazakhstan, according to the International Convention on Biological Diversity (Rio de Janeiro, 1992), has assumed certain obligations for the conservation and rational use of the country's biological wealth. Therefore, the study of the diversity of animals, including *Lepidoptera* insects in taxonomic and ecological aspects, especially in anthropogenic territories, in order to preserve it is considered a relevant task of zoological and agroecological science in Kazakhstan.

In the republic, the increasing transformation of the habitat of animals, including *Lepidoptera*, leads to changes in their species composition, distribution, abundance, and harmfulness, altering their

role and importance in agrocenoses. At the present stage of agricultural development, the number of pest species has increased markedly, especially among Lepidoptera. Entire ecosystems (biogeocenoses), including agrocenoses, are under threat.

The importance of saxaul in nature and in human economic activity in arid conditions of our country cannot be overstated. Saxaul is the only woody plant in the desert zone that plays a soil-protective, sand-protecting role and is used for spring and autumn pastures. By binding together huge masses of sandy and sandy loam soils, they protect oases, canals, transport routes, gas pipelines, and other national economic facilities from being covered with sand, increasing the productivity of pastures [1].

In recent years, outbreaks of mass reproduction of *Malacosoma castrense kirghisicum* (Staudinger, 1879) and *Anoristia atrisparsella* (Rag.) have been increasingly observed in the desert zone where saxaul forests and thickets grow. The importance of this species is crucial as the area of artificial crops of saxaul increases every year.

The caterpillars of these species have three pairs of thoracic legs and five pairs of abdominal legs, with their bodies covered in dense bristles. Starworms also have three pairs of thoracic legs and five pairs of abdominal legs, with thick bristles covering their bodies. Some species of caterpillars prefer to live in membranous cells. The pupae of these species, colored in black and brown shades, are enclosed in sealed cocoons and firmly attached to plants. Their eggs are white and round.

Distribution. Palearctic species. It is widespread in Europe, the Caucasus, eastern Russia, China, Central Asia, Asia Minor, and Kazakhstan.

Taxonomic levels: Family: Arthropods (Arthropoda), Branch: Tracheae (Trachiata), Class: Hexapods (Hexapoda), Class: Insects (Insecta), Class branch: Pterygota, Infagroup: Neoptera, Group: Lepidoptera, Group branch: Glossata, Superfamily: Lasiocampoidea, Family: Lasiocampidae [2].

Materials and methods. In the course of research, generally accepted traditional methods with original modifications were used to collect field faunal entomological materials. The following collection methods were used: night gathering and light trapping (using a gasoline generator and a 500 kW fluorescent lamp), shaking plants, and hand-picking caterpillars and pupae. The sands and desert plains of the Ili depression (Balkhash, Kurtinsky districts, Almaty region) were surveyed. To determine the total population (population density) of Lepidoptera in individual sites in the spectrum of ecological groups and life forms, appropriate generally accepted and available techniques in entomology were used [3].

The monitoring system for gnawing and leaf-gnawing scoops included spring, summer, and autumn surveys. The spring (control) examination of gnawing scoops was carried out in fields of row crops (corn, sunflower) and industrial crops (sugar beet), where the largest number of winter scoops was noted in autumn. The usual method for soil surveys was used: 50x50 cm, sample depth 15-20 cm.

To determine the timing of pupation and butterfly emergence of the overwintered generation, 50 caterpillars were collected during spring excavations. They were placed in a cage with a layer of moistened soil 5 cm thick at the bottom. Observations on the dynamics of butterfly emergence in nature began as soon as the first butterflies appeared in the cages. Light traps and troughs with molasses were used. The start of the emergence was marked by the capture of single individuals in troughs and light traps, the mass emergence by the capture of more than 20% of the total number of butterflies caught, and the end of emergence by the capture of single individuals.

Summer surveys by soil excavation were carried out in corn and cabbage fields. The depth of soil samples was 5 cm. The total number of caterpillars and pupae, the age composition of caterpillars, and the average number of individuals per 1 m² were determined. If 0.2 caterpillars per 1 m² were detected, the population of crops was considered weak; from 0.4-0.6 – average; from 0.8 and more – strong.

The degree of crop damage was determined by counting the total number of plants and the number of damaged ones in 10 samples. The degree of damage to plants was assessed on a three-point scale:

- 0 - undamaged;
- 2 – severely damaged (the root neck is badly corroded, all the leaves are gnawed, but the tillering node is not affected);
- 3 – dead plants.

The autumn survey revealed the distribution of overwintering caterpillars by stations. Their number, age composition, and physiological state were determined. Using the usual method for soil surveys (10-12 samples of 0.25 m² each), the density of caterpillars and their distribution in fields that came out from under cabbage, corn, and potatoes were determined (the depth of the sample in an untilled field was 15 cm, in a plowed field - 20 cm). Not only the number of caterpillars was established, but also their condition and infection with parasites and diseases.

Results and discussion. In the areas of our research (Balkhash, Kurtinsky districts, Almaty region) in 2021-2023, caterpillars of these two species belonging to the family Malacosoma from the family Lasiocampidae begin to damage saxaul in the phase of regrowth of shoots and leaves. Observations conducted in 2021-2023 showed that caterpillars of this pest were found in large numbers.

Malacosoma castrense kirghisicum (Staudinger, 1879) [4,5].

Degrees of classification: relative - cocoonworms (*Lasiocampidae*), related branch - *Malacosomatina*, family - *Malacosoma*.



Figure 1- *Malacosoma castrense kirghisicum* - a) egg-laying butterfly, b) cocoon.

The distribution area covers Europe, Asia Minor, and Central Asia (Turkmenistan, Uzbekistan) [6]. The species is widespread in the steppe and desert regions of Kazakhstan. Morphologically, the length of the forewing margin in males is 30-32 mm, and in females - up to 40 mm.



Figure 2 – Caterpillars of the *Malacosoma castrense kirghisicum*

The color of the forewing of the male varies from light yellow to light brown, with two horizontal stripes, while the color of the wings of the females is brown with two yellow stripes. The pupa is dark brown and reaches a size of 18-20 mm. (Fig. 1 a, b). The length of the caterpillar of the last instars is 40 mm, with longitudinal bluish stripes on the back and bright red - yellow or red. There are long bristles on the body. The eggs have an oblong shape, rounded, white in color, and a size of 0.8 mm.

Table 1 – Phenological calendar of *Malacosoma castrense kirghisicum*. Almaty region, 2023.

Stage of development	April			May			June			July			August			September		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Eggs	●	●	●	●														
Tracks			—	—	—	—	—	—										
			V	V	V													
Insect pupa							0	0	0									
Imago									+	+	+	+	(+)					
Eggs											(●	(●	(	(	(●	(●	(	(●
											●	●	●	●	●	●	●	)
The phenology of saxaul	Wintering			Bud formation – flowering, sprout			About flowering-branching			Branching is the development of seeds			Seed development and maturation					
Conventional signs: ● – egg, (●) – eggs in winter diapause, + - imago, 0 – pupa, — - caterpillar, VVV – timing of measures against the caterpillar																		

Biology. The eggs go through a wintering period. From the second decade of April, the caterpillars begin to hatch in groups. Young starlings live together in spider nests, while adults disperse along the branches of the sexual tree. For 40-45 days, before transitioning to the pupal stage, starlings work on creating white-yellow cocoons on tree branches for 8-10 hours, including the pupation process itself. Pupal development is completed in 10-12 days.

The butterfly flight lasts from the last days of June to the beginning of July. By the end of July, after mating, females lay eggs in rings around tree branches. The total number of eggs laid can reach 300.

In the research area of the Ili depression (Balkhash, Kurtinsky districts, Almaty region) in 2021-2023, caterpillars of the milkweed cocoonworm were found focally, on average 2-3 individuals per tree. Polyphage is one of the main pests of wormwood, also feeding on many pasture plants[7]. The species develops with one generation per year (Table 1).

1. *Lasiocampa eversmani* – *Lasiocampa eversmani* (Ev.) Classification levels include a relative - cocoonworms (*Lasiocampidae*), a related branch - *Lasiocampinae*, a family - *Lasiocampa*, and a branch of the family - *Pachygastria*. The species in question is a typical representative of this family [9].

2. *Malacosoma castrense kirghisicum* (Staudinger, 1879).

3. *Lasiocampa* - *Lasiocampa eversmani* (Ev.)

These species develop, forming only one generation. Being polyphages, they are widespread in the steppe and desert regions of Kazakhstan.

A brief description of the relative: More than 6,200 species of family *Pyralidae* live on Earth, classified in 6 related branches. These species can be found in various biotopes, including the inner part of the stems of aquatic plants (for example, *Schoenobius gigantellus* W.V.), while caterpillars (*Paraponyx stratiotaltus* L.) prefer to feed on the leaves of aquatic plants, such as herbaceous plants of the monotypic genus *Stratiotes* and *Ceratophyllum*. Among the fireflies, there are quite dangerous pests attacking various food products such as flour, bran, starch, chocolate, and others, as well as industrial goods, agricultural crops, pasture grasses, garden and vegetable crops, as well as forest and fruit trees. Some of them also harm beekeeping [10-16].

1. *Anoristia atrisparsella* (Rag.)

Synonyms: *Anoristia gilvella* Ragonot, 1887, *Culcita* Amsel, 1959

Distribution. China, Turkmenistan, and Spain [17]. It is widespread in the desert areas of Southeastern Kazakhstan [18,19].

Classification and taxonomic levels: Family: Arthropods (Arthropoda), Branch: Tracheae (Trachiata), Class: Hexapods (Hexapoda), Class: Insects (Insecta), Class branch: Pterygota, Infagroup: Neoptera, Group: Lepidoptera, Group branch: Glossata, Superfamily: Pyraloidea, Family: Pyralidae Latreille, 1802, Genus: *Bazaria* Ragonot, 1887 (synonym: *Anoristia gilvella* Ragonot, 1887) [20-22].

Morphological features include the front wing field of butterflies measuring 18-20 mm with a light gray coloration. There is a sharp stripe on the tip of the wing and two dots on the discal side. The outer stripe has a pale, thinly wavy character. The rear wing is pale and light gray.

The caterpillars are 22-25 mm long, brown in color, with three white stripes running along the crest. The length of the pupae is 13-15 mm, and they are yellow-brown in color.

Biological features include finding pupae in the surface layer of the soil at a depth of 10-15 cm, where they undergo deep hibernation. The butterflies of the spring generation fly out at night in late March (early spring) or early April. After mating, the females lay eggs in the male's genitals. Hatched caterpillars, after 6-8 days, bind young saxaul shoots with silk thread and use them as a food source. To determine their number, it is enough to shake a branch, and the caterpillars will hang on a silk thread. With this method, you can quickly determine the number of caterpillars on a single branch or tree. As they grow, they glue the shoots together, creating a tube 3-4 cm long and 1 cm in diameter, inside which they develop. In the second half of June, pupae pupate at a depth of 10-15 cm in the surface layer of the soil, having passed the pupal stage, which lasts 20-25 days. In late July and early August, second-generation butterflies emerge and lay eggs on the sexual shoots. After 6-8 days, the caterpillars begin to feed on the generative organs (seeds) of the plant, gnawing through the shoots and eating the insides of the seeds. They move very fast. As a result, these species develop, forming two generations per year (Table 2).

Table 2 – Phenological calendar of *Anoristia atrisparsella* (Rag.). Almaty region, 2023.

Stage of development	Months																	
	March			April			May			June-August		August	September			October		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Caterpillar	(—	—																
Insect pupa				0	0													
Imago					+	+	+											
Eggs						●	●											
Caterpillar							—	—	—	—	—							
							V	V	V	—	—							
Insect pupa											0							
Imago											+	+						
Eggs												●	●					
Caterpillar												—	—	—	—	—	(—	(—
Conventional signs: ● – Eggs, + – Imago, 0 – Insect pupa, — – Caterpillar, (—) eggs in the winter diapause, —) – summer hibernation (estivation), VVV – timeline for taking action against the caterpillar																		

Spring temperature fluctuations in the months of 2023 had a strong impact on the development and number of fireflies. In March, the average temperature was +6.9°C, with a minimum of -5.4°C and a maximum of +24.5°C. By the end of the month, the temperature had risen, and the fireworm caterpillars began to appear. In the first half of the month, the daytime temperature reached +14°C to +19°C, and in the second half of the month it decreased to -27°C, which favorably affected the mass emergence of the pest from wintering. However, in early April, the temperature dropped to 0°C, which became an obstacle to their further development. By the end of March, the average number of starlings on the tree was 25-30, and by April 10, this number had decreased to 3-4, mostly adults.

As a result of our research, we found a widespread pest, the *Malacosoma castrense kirghisicum* and *Anoristia atrisparsella* (Rag.), which feeds on saxaul organs. The caterpillars of the *Malacosoma castrense kirghisicum* were found focally, on average 2-3 individuals per tree. Polyphage is one of the main pests of wormwood, also feeding on many pasture plants. The harmfulness of fireworm caterpillars *Anoristia atrisparsella* (Rag.) is most pronounced in early spring, when the saxaul buds and blooms. On average, caterpillars can damage 10-15 trees on the trunk per year, and in years of mass reproduction — from 50 to 70. Caterpillars are found in spring in April and May, as well as in autumn from the end of August to September.

Determination of the biological effectiveness of fumigants used against pests damaging saxaul. The biological effectiveness of fumigants used against larvae of the saxaul pest - *Malacosoma castrense kirghisicum* (Staudinger, 1879) and *Anoristia atrisparsella* (Rag.).

According to data collected in 2023, during observations and studies of lepidopteran pests of Southeastern Kazakhstan, as well as during the examination of saxaul seeds for sowing in the Bakanas State Forestry Institution of the Department of Natural Resources and Environmental Management of the Almaty region, 2 types of massively occurring pests of saxaul seeds were identified: *Malacosoma castrense kirghisicum* (Staudinger, 1879) and *Anoristia atrisparsella* (Rag.). Before fumigation, the level of damage to the seed pests was determined.

The degree of damage to the larvae of these types of seed pests was determined by taking a sample from the total volume of collected seeds. For every 100 kg of collected seeds (1 kg was taken from each layer with repetition 4 times). The obtained seed specimens were mixed well and left alone (4-5 cm). The distributed seeds are divided into four squares, this method is repeated four times, leaving one final particle, the quality of the seeds is checked and infected with pest larvae by examining 1000 seeds. After that, the weight and germination of 1000 seeds were determined. In 2023, 35-40 specimens of larvae of the *Malacosoma castrense kirghisicum* (Staudinger, 1879) and *Anoristia atrisparsella* (Rag.) were found in the Bakanas State Forestry Institution of the Department of Natural Resources and Environmental Management of the Almaty region from each kilogram of saxaul seeds collected in this region. In accordance with this, these pests in 100 grams of saxaul seeds affect 35% of the total harvest.

Before sowing the saxaul seeds collected in 2023, fumigants "List of pesticides (pesticides) approved for use in the territory of the Republic of Kazakhstan 2013-2022" were selected. 2-3 year-old larvae of the milkweed cocoonworm *Malacosoma castrense kirghisicum* and saxaul fireworms *Anoristia atrisparsella* (Rag.) were tested for the selected preparations. The following fumigants were used:

1. Alfos, tab., 8.0 g/m³
2. Magfos, tab., 5.0 g/m³

To test the used fumigants and determine their biological effectiveness, saxaul seeds were tested with a 5-day exposure, placing them in a bag, covering the outside with a plastic film, and sealing the edges to prevent air from entering.

Table 3 – The biological effectiveness of fumigants used against larvae of the saxaul pest - *Malacosoma castrense kirghisicum* (Staudinger, 1879) and *Anoristia atrisparsella* (Rag.).

Fumigants	The rate of consumption of the drug (g / cubic meter)	Exposure time, day	Number of larvae (1 kg.)		Biological efficiency, %	Germination energy, after 1 day, %	Germination energy, after 7 day, %
			before	after			
Control		-	38	36	-	50	56
Alfos, tab.	8,0г/М3	5	38	3	93,5	68	89
Magfos, tab.	5,0 г/М3	5	38	3	93,5	68	89

The biological efficacy of the tested fumigants after 5 days of treatment against pest larvae is shown in the following Table 3

The biological efficacy of the tested fumigants after 5 days of treatment against pest larvae is shown in Table 3. The biological efficacy of the two tested preparations showed 93.5%. After treatment of saxaul seeds with fumigants, their germination energy was determined in a wet chamber. The number of seeds studied is 100 pcs., with a repetition of 4 times. The germination energy of the saxaul seeds tested on day 1 showed an average of 68%, and seed germination on day 3 was 79%, and on day 7 it was 89%. This demonstrates the high biological effectiveness of these fumigants on the germination of saxaul seeds.

Conclusion. Our research has identified a common species *Bazaria atrisparsella* Rag., belonging to the family *Bazaria* Rag, which feeds on the vegetative and generative organs of the saxaul. Related species of pests of the family *Lasiocampidae* show a preference for saxaul, especially two species belonging to the *Malacosoma* family, which feed on saxaul.

Based on the results of the conducted research, the species composition of pests damaging saxaul, their bioecological features were clarified, and methods of pest control were determined. Fumigants were tested on common species of *Malacosoma castrense kirghisicum* and *Anoristia atrisparsella* (Rag.).

REFERENCES

- 1 Vorobev, G.I. The Forest Encyclopedia: textbook [Text] / Vorobev G.I. [and others].// - M.: Modern encyclopedia -1986.- P.631.
- 2 Fasulati, K.K. Field study of invertebrate insects [Text]/ Fasulati K.K.// -M.: Higher education, 1971. -P. 424
- 3 Dobrovolskij, B.V. Fenologija nasekomyh [Text]/ Dobrovolskij B.V.// - M.: Higher education, 1969. -P.219
- 4 Mombaeva, B.K. Coleopteran insect pests of saxaul (*Haloxylon* spp.) in the desertarea of South Eastern Kazakhstan [Text]/ B.K. Mombaeva [and others]// Ecology, Environment and Conservation.- 2017.- 23(2)- P.1027-1031
- 5 Nazymbetova, G.Sh. Acta Zoologica Bulgarica, New data about Larentiinae (Geometridae, Lepidoptera) of the KolsaiKoldery State National Natural Park and its adjacent areas [Text]/ G.Sh. Nazymbetova [and others]// - 2016.- 68(2).- P.191-198
- 6 Nazymbetova, G.S. Ecological-faunistic review of the geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae) of Northern Tien-Shan Mountains. Biosciences Biotechnology Research Asia [Text]/ G.Sh. Nazymbetova [and others] // - 2015.- 12 (1).- P. 599-604
- 7 Baibussenov, K.S. Investigation of Factors Influencing the Reproduction of Non-Gregarious Locust Pests in Northern Kazakhstan to Substantiate the Forecast of their Number and Planning of Protective Measures [Text] / K.S. Baibussenov [and others] // OnLine Journal of Biological Sciences. - 2021. - Vol. 21(1). - P. 144-153. [DOI 10.3844/ojbsci.2021.144.153](https://doi.org/10.3844/ojbsci.2021.144.153)
- 8 Baibussenov, K.S. Simulation of Favorable Habitats for Non-Gregarious Locust Pests in North Kazakhstan Based on Satellite Data for Preventive Measures [Text] / K.S. Baibussenov [and others] // Journal of Ecological Engineering. - 2022. - Vol. - 23 (7). - P. 299-311. [DOI 10.12911/22998993/150043](https://doi.org/10.12911/22998993/150043)
- 9 Baybussenov, K.S. Environmental features of population dynamics of hazard nongregarious locusts in northern Kazakhstan [Text] / K.S. Baibussenov [and others] //- Life Science Journal.- 2014.- 11(10 SPEC. ISSUE).- P. 277-281. [DOI 10.54910/sabrao2023.55.6.20](https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.20)
- 10 Beccaloni, G. W. The Global Lepidoptera Names Index (Lepindex) / G. W. Beccaloni// Edit World Wide Web electronic publication. - 2003.-P. 21-50. (<https://en.wikipedia.org>)
- 11 Beccaloni, G. W. The Global Lepidoptera Names Index (Lepindex) / G. W. Beccaloni// Edit World Wide Web electronic publication.- 2016. (<https://en.wikipedia.org>)
- 12 Tumenbaeva, N.T. Lepidoptera (Insecta: Lepidoptera) damaging the generative organs and seeds of the sexeuil in South-Eastern Kazakhstan [Text] / N.T. Tumenbaeva, B.T. Taranov // Izvestiya NAN RK. - Almaty, 2016.- 5. – P.72-77.
- 13 Tumenbayeva, N.T. Biology and harmfulness of lepidoptera (Insecta: Lepidoptera) damaging vegetative organs saxaul (*Chenopodiaceae*: *Haloxylon*) in the desert zone of south-eastern

Kazakhstan [Text] /N.T. Tumenbaeva, B.T. Taranov // Bulletin of the Shakarim State University. - Families, 2016.- № 1. -P. 184-189.

14 Tumenbaeva, N.T. Species composition of Lepidoptera (Insecta: Lepidoptera) inhabited on the Saxaul (Chenopodiaceae: Haloxylon spp.) in the desert area of south-east Kazakhstan. ICE 2015: 17 th International Conference on Entomology [Text] / N.T. Tumenbaeva// Malaysia, Penang, - 2015 - part 1. 17(12). - P. 106.

15 Tumenbaeva, N.T. Lepidopteran species (Insecta: Lepidoptera) feeding on saxauls (Chenopodiaceae: Haloxylon) in desert areas of South-Eastern Kazakhstan [Text] / N.T. Tumenbaeva // Jubilee Scientific Conference Traditions and challenges facing agricultural education, science and business. -Agricultural University-Plovdiv. Bulgaria. Plovdiv.- 2015. - P. 10.

16 Baibussenov, K.S. Predicting the phase state of the abundance dynamics of harmful non-gregarious locusts in northern Kazakhstan and substantiation of protective measures [Text] / K.S. Baibussenov// Biosciences Biotechnology Research Asia- 2022.-12.- P. 1535- 1543. DOI 10.13005/bbra/1814

17 Nurmuratov, T. Insects and rodents living in the pastures of the deserts of South-Eastern Kazakhstan: textbook [Tekst]/ Nurmuratov, T. // Publishing house "Konzhik", -1998. – P.288

18 Taranov B.T. Insect pests of generative organs of saxaul. The current ecological state of the Aral Sea region, prospects for solving problems [Tekst] / Taranov, B.T.// International Scientific and Practical conf.- Kyzylorda, 2011. - P. 92-94

19 Taranov, B.T. On the species composition of Lepidoptera - pests of pasture plants and saxaul [Tekst]/ Taranov, B.T. // Collection "Zoological research for 20 years of independence of the Republic of Kazakhstan" – Almaty, 2011. - P.157-159.

20 Kluge, N.Yu. Modern systematics of insects [Tekst] / N.Yu. Kluge // St. Petersburg: Lan Publishing House.- 2000. -P.336.

21 Mombayeva, B.K. Species diversity of Coleoptera (Insecta: Coleoptera) damaging Saxaul (Chenopodiaceae: Haloxylon spp.) in the deserts area of south-east Kazakhstan [Tekst] / B.K. Mombayeva // ICE-2015: 17-th international conference on entomology. -Penang. Malaysia, 2015.-P.107.

22 Mombaeva, B.K. Ecological and seasonal groups of Coleoptera (Insecta, Coleoptera) damaging saxaula [Tekst] / B.K. Mombaeva// Materials of the international scientific and practical conference “Study, conservation and rational use of the plant world of Eurasia”.-2017. - P.556-560.

ТҮЙІН

Қазақстанның оңтүстік-шығысында шөлді аймақта өсетін сексеуілді зиянды организмдерден, оның ішінде қабыршаққанатты бунақденелілерден қорғау үлкен маңызға ие. Шөл аумағындағы жалғыз ағашты сақтай отырып, оның биоалуантүрлілігін сақтауға ықпал етеміз. Сексеуілдің зиянды қабыршаққанаттарының түрлік құрамын нақтылау және олардың биологиялық ерекшеліктерін зерттеу бойынша алынған мәліметтер олармен күресу шараларын әзірлеуге мүмкіндік береді.

Нәтижесінде далалық бақылаулар жүргізу және сексеуілдің жасыл өсімділеріне зиян келтіретін қабыршаққанатты бунақденелілердің түрлік құрамын зерттеу нәтижесінде біз *Bazaria Rag* тұқымдасының кең таралған түрлерін *Bazaria atrisparsella* Rag., *Malacosoma castrense kirghisicum* және *Anoristia atrisparsella* (Rag). анықтадық.

Біздің зерттеу жүргізген аймағымыз, Іле ойпаты (Алматы облысының, Балқаш, Күрті аудандары) 2021-2023 жж. орта мөлшермен ағашқа 2-3 данасы табылып, піләиіргіш жұлдыздықұрттарының көбейіп кеткені анықталды. Аталған полифаг зиянкестер-көптеген жайылымдық өсімдіктерді тұтыну қабілетін көрсететін сексеуілдің негізгі зиянкестерінің бірі. Сонымен қатар, олар жаңадан өсіп келе жатқан өркен мен гүлдермен коректенуді жөн көреді, ал бұл ағаш бұтақтарының өлуіне әкеледі, сексеуіл өсімдігінің зиянкестерінің зияны әсіресе ерте көктемде байқалады.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі бойынша сексеуілді зақымдайтын зиянкестердің түрлік құрамы, биоэкологиялық ерекшеліктері нақтыланды және зиянкестермен күресу әдістерін анықтап, кең таралған *Malacosoma castrense kirghisicum* және *Anoristia atrisparsella* (Rag.). түрлеріне фумиганттармен сынақтан өткізілді.

РЕЗЮМЕ

На юго-востоке Казахстана в зоне пустынь, защита саксаула от вредных организмов, в том числе от насекомых имеет огромное значение, сохраняя единственного дерева в аридной территории, способствуем сохранить ее биоразнообразие. На основе полученных данных по уточнению видового состава вредных чешуекрылых саксаула и изучение их биологические особенности дают возможность разработку мер борьбы с ними.

В результате проведение полевых наблюдений и изучение видового состава чешуекрылых насекомых, повреждающие зеленные побеги саксаула, нами было выделено распространенный виды *Bazaria atrisparsella* Rag., относящийся к семейству *Bazaria* Rag, и *Malacosoma castrense kirghisicum* және *Anoristia atrisparsella* (Rag.). который питается вегетативными и генеративными органами саксаула. Родственные виды вредителей семейства коконопряды (*Lasiocampidae*) проявляют предпочтение к саксаулу, особенно к виду *Malacosoma*, входящему в состав семейства коконопряды.

В зоне наших исследований Илийской впадины (Балхашский, Куртинский районы, Алматинской области) были обнаружены 2021-2023гг. скопления гусеницы коконопряды молочайный, среднее количество особей на дерево составляло 2-3. Полифаг является одним из основных вредителей саксаула, проявляющим способность потребления многих пастбищных растений. Кроме того, вредность гусеницы огневки саксаула особенно заметна в раннюю весну. В данное время они предпочитают питаться вновь растущими побегами и цветами, что приводит к отмиранию ветвей деревьев.

По результатам проведенных исследований уточнили видового состава вредителей повреждающих саксаул, биоэкологические особенности и определить методы борьбы с вредителями и тестировать фумигантами на распространенных видах коконопряды молочайный – *Malacosoma castrense kirghisicum* и огневки саксаула- *Anoristia atrisparsella* (Rag.).

УДК 577.216.9; 577.2.08; 577.29
МРНТИ 34.15.27

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-73-84

Костюкова В.С., магистр, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-8922-964X>

РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45, 050040, Казахстан, valera.kostykova.15@gmail.com

Пожарский А.С., Ph.D студент, <https://orcid.org/0000-0002-2581-2860>

РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45, 050040, Казахстан, aspozgharsky@gmail.com

Капытина А.И., магистр, <https://orcid.org/0000-0001-5029-1107>

РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45, 050040, Казахстан, anastasiya.kapytina@mail.ru

Гриценко Д.А., Ph.D, <https://orcid.org/0000-0001-6377-3711>

РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45, 050040, Казахстан, d.kopytina@gmail.com

Kostyukova V.S., Master of Science, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-8922-964X>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, valera.kostykova.15@gmail.com

Pozharskiy A.S., Ph.D student, <https://orcid.org/0000-0002-2581-2860>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, aspozgharsky@gmail.com

Kapytina A.I., Master of Science, <https://orcid.org/0000-0001-5029-1107>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, anastasiya.kapytina@mail.ru

Gritsenko D.A., doctor Ph.D., <https://orcid.org/0000-0001-6377-3711>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, d.kopytina@gmail.com

РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЯЮЩИХ РНК ДЛЯ CRISPR/CAS9 РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМА ТОМАТА DEVELOPMENT OF GUIDES RNA FOR CRISPR/CAS9 EDITING OF THE TOMATO GENOME

Аннотация

Технология направленного редактирования CRISPR/Cas9 неоднократно применялась для создания дизайнерских сортов растений. В данном исследовании были разработаны наборы из двух направляющих РНК для нокаута белков SIMLO1, SIMLO2, SIMLO5 и SIMLO6 при помощи системы CRISPR/Cas9. Инактивация этих белков может обеспечить частичную или полную устойчивость томата к заболеванию мучнистой росы. Данная делеция идентична найденной в естественном мутанте, резистентном к возбудителю мучнистой росы. Ранее была подтверждена полная устойчивость арабидопсиса при инактивации белков AtMLO2 и AtMLO6, которые являются гомологами SIMLO1 и SIMLO5. Однако ранее не проводился нокаут нескольких генов *Mlo* томата.

Методика разработки включала в себя биоинформатический анализ, клонирование бесшовным методом Golden Gate и верификацию исследованием экспрессии матричных РНК и белка Cas9 модельного растения. Полученные результаты дают основание для продолжения работы по получению устойчивых растений томата *in vitro*.

Исследование имеет потенциал для дальнейшего изучения модуляции иммунного ответа на фитопатогенные грибки одного и нескольких белков семейства SIMLO, а также для выведения нетрансгенных линий, резистентных к мучнистой росе.

ANNOTATION

The CRISPR/Cas9 directed editing technology has repeatedly been used to create designer plant varieties. In this study, two sets of guide RNAs were developed to knock out the proteins SIMLO1, SIMLO2, SIMLO5 and SIMLO6 using the CRISPR-Cas9 system. The inactivation of these proteins provides partial or complete resistance to powdery mildew in tomatoes. This deletion is similar to that found in a naturally occurring mutant resistant to powdery disease. It was previously confirmed that arabidopsis is completely stable upon inactivation of proteins AtMLO2 and AtMLO6, homologues of SIMLO1 and SIMLO5. However, some *Mlo* genes in tomatoes have not been disabled before.

The development methodology included bioinformatics analysis, cloning using the seamless Golden Gate method, and verification by studying the expression of mRNA and Cas9 protein in a model plant. The results obtained can serve as a basis for further work on obtaining resistant tomato plants *in vitro*.

This study has the potential to further study the modulation of the immune response to phytopathogenic fungi by one or more proteins of the SIMLO family and the derivation of non-transgenic lines resistant to powdery mildew.

Ключевые слова: CRISPR/Cas9, направляющая РНК, мучнистая роса, томат, MLO, *O.neolycopersici*

Key words: CRISPR/Cas9, guide RNA, powdery mildew, tomato, MLO, *O.neolycopersici*

Введение. Томат (*Solanum lycopersicum*) – важная сельскохозяйственная продовольственная культура. По данным FAOSTAT, в 2020 году было выращено более 5 миллионов гектаров, а общий урожай составил более 184 миллионов тонн. В Казахстане в 2021 году было собрано около 818 тыс. тонн культуры. Однако потери урожая происходят из-за уязвимости к патогенам, и ежегодно до 40% урожая теряется из-за болезней растений, и вредителей. На распространение этих патогенов влияет как высокий уровень глобализации, так и активное изменение климата [1].

Мучнистая роса, грибковое заболевание, вызываемое видами *Oidium neolycopersici* и *Leveillula taurica*, является распространенной проблемой для растений томата. Это заболевание обычно поражает листья и может вызвать хлороз (пожелтение), белый налет и некроз (отмирание тканей). Оно может привести к потере урожая до 50%. [2], [3].

MLO (*Mildew Resistance Locus O*) – это белок, который был впервые обнаружен в ячмене в 1997 году. Это белок устойчивости S, который при инактивации придает некоторым растениям устойчивость к мучнистой росе [4], [5]. Гены этого белка были обнаружены у различных видов растений, включая землянику [6], арабидопсис [7], пшеницу [8], горох [9], розы [10], виноград [11], перец [12], рис [13] и табак [14]. В растении томата содержится 16 различных белков семейства SIMLO [3].

В 2008 году был идентифицирован и клонирован ген естественного мутанта томата из Эквадора. Этот мутант имел делецию в 19 пар оснований (п.о.) в области локуса *Slmlo1*. Эксперимент также показал, что мутант был устойчив к *Oidium neolycopersici* [15]. Растения перца с инактивированными белками CaMLO1 и CaMLO2, которые являются гомологами SIMLO1 и SIMLO2 соответственно, показали умеренную устойчивость к мучнистой росе, вызываемой *L. Taurica* [12].

Следовательно, некоторые представители семейства генов *Mlo* влияют на реакцию хозяина на фитопатогенный грибок мучнистой росы.

Регулярно расположенные сгруппированные короткие палиндромные повторы (CRISPR) и белки Cas представляют собой бактериальную иммунную систему II типа, которая была модифицирована для лабораторного редактирования генома. Технология CRISPR/Cas успешно используется для создания дизайнерских сортов сельскохозяйственных культур устойчивых к патогенам [16]. Таргетированная делеция гена *Mlo* может представлять интерес для выведения нетрансгенных сортов томатов, устойчивых к мучнистой росе.

В этом исследовании мы разработали и клонировали направляющие последовательности РНК для направленного редактирования генома томата и оценили экспрессию белков Cas9 и матричных РНК в модельном растении табак.

Материалы и методы. *Гибридизация праймеров и GoldenGate клонирование.* Клонирование Golden Gate было выполнено в соответствии с протоколом, описанным Hui-Li Xing и соавторами [21]. Первоначально проводился ПЦР с 2 парами праймеров на матрице плазмиды pCBC-DT1DT2. Реакция включала: 1X Pfu-Buffer, 1.5 mM MgSO₄, 0.16 mM dNTPs, pCBC-DT1T2 (разбавленная в 200 раз) – 1 µl, 0.4 µM DT1-BsF, 0.02 µM DT1-F0, 0.02 µM DT2-R0, 0.4 µM DT2-BsR (Таблица 1), 1 единица Pfu-полимеразы (Thermo Fisher Scientific). Программа амплификации была следующей: первичная денатурация 94°C в течении 2 минут: 30 циклов включали денатурацию при температуре 94°C на протяжении 15 секунд, отжиг при температуре 60°C на протяжении 30 секунд; элонгация при 68°C 1 минуту. Финальная элонгация длилась 5 минут при 68 °C.

Непосредственное клонирование проводилось следующим образом: к амликону объемом 2 µl добавлялось такое же количество плазмиды pKSE 401 (100 ng/µl). Также 1X T4 DNA Ligase Buffer, 1X BSA, эндонуклеаза BsaI – 1 µl, T4 DNA Ligase – 1 µl. Объем доводился до 15 µl. Инкубация длилась 5 часов при 37°C. Далее температура повышалась до 50°C на 5 минут, затем до 80°C на 10 минут.

Трансформация проводилась методом теплового шока. После 30-минутной инкубации клеток вместе с ДНК во льду, следовала 1 минута хитшока. Далее, снова проводили инкубацию 5 минут в льду. Клетки растили 3 часа при 37°C, затем высаживали на чашки с LB-средой и селективным антибиотиком – канамицином.

Для отбора трансформированных колоний проводился Colony-PCR с праймерами 10 mM U6-26p-F и 10 mM U6-29p-R. Программа амплификации включала в себя: первичную денатурацию 95°C 3 минуты, 30 циклов, включающих 95°C 20 секунд, 58°C 20 секунд и 72°C 1 минуту. Финальная элонгация длилась 5 минут при 72°C.

Таблица 1– Праймеры для Colony-PCR

Название праймера	Последовательность 5'-3'
U6-26p F	TGTCCCAGGATTAGAATGATTAGGC
U6-29p R	AGCCCTCTTCTTTTCGATCCATCAAC

Проверка интегрированной конструкции проводилась секвенированием ПЦР-продукта с праймерами 3.2mM U6-26p F и 3.2mM U6-29p R. Секвенирование проводили методом Сэнгера в соответствии с рекомендованным протоколом производителя Big Dye v3.1 (Thermo Fisher Scientific, США).

Плазмидную ДНК выделяли с помощью набора GeneJET Plasmid Miniprep (Thermo Fisher Scientific, США). Для электропорации *Agrobacterium tumefaciens* (штамм EHA105) использовали методику, рекомендованную производителем (Gene Pulser Xcell Microbial System, Bio-Rad). Условия переноса – 2400 В, 200 Ом. Трансформированные клетки выращивали в чашке Петри с YEP-средой, рифампицином и селективным антибиотиком канамицином в течение 48 часов при температуре 28°C. Для отбора трансформированных колоний использовали Colony-PCR.

Обнаружение экспрессии мРНК и белка Cas9

Экспрессию мРНК тестировали на модельном растении *Nicotiana Benthamiana*. После агроинфильтрации листья собирали на третий день для предотвращения РНК-интерференции.

Тотальную РНК выделяли классическим СТАВ-методом с модификациями [17]. Для предотвращения ошибочной амплификации остаточной ДНК образцы РНК обрабатывали DNaseI (Thermo Fisher Scientific, США) в соответствии с протоколом производителя. Обратную транскрипцию проводили в реакционной смеси объемом 15 мкл, содержащей 0,5 мм олиго-dT, 0,5 мм случайного гексамерного праймера и 3 мкл общей РНК. Смесь инкубировали при 72°C в течение 10 минут, и держали во льду в течение 3 минут. Затем добавили 1x RT-буфер, 0,5 мм dNTP и 5U RevertAis, после чего смесь инкубировали при 45°C в течение часа.

Анализ экспрессии мРНК проводили методом ПЦР со специфическими праймерами (Таблица 2). Программа амплификации включала: начальную денатурацию при 94°C в течение 2 минут, 35 циклов денатурации при 94°C в течение 40 секунд, отжиг (Таблица 2) в течение 40 секунд и элонгацию при 72°C в течение 40 секунд. Финальная элонгация – 10 минут при температуре 72°C.

Таблица 2– Праймеры для определения экспрессии мРНК

Название праймера	Последовательность прямого праймера 5'-3'	Последовательность обратного праймера 5'-3'	Tm, °C
Crispr-1	GGGAGACCTCGTTTGGACGT	TGAGAGATTCAGATTTGCAA	53
Crispr-2	GAAAGAAGGCGCCTTCCTCC	GTGATTAGTCAAGTGTTTAG	49
Crispr-5	TTCTACATGGATCGAGATAT	GTACAACCGTCAAGAATAAG	50
Crispr-6	CACGTTACCTCTTTGCATTT	CCTTTGCTGCATCTTTGTTG	54

100 мг растительного сырья гомогенизировали в буфере ESB (9 М мочевины, 4,5% SDS, 7,5% β-меркаптоэтанола, 75 мм Трис-HCl, pH 6,8) с последующей инкубацией при 100°C в течение 10 минут. Затем образцы центрифугировали при 10000 об/мин в течение 10 минут и собирали супернатант. Наличие белков определяли в 7,5% SDS-PAGE (40 мА) с последующим окрашиванием Coomassie Brilliant Blue R250.

Экспрессию белка Cas9 визуально определяли вестерн-блоттингом. Мембрану инкубировали в течение 16 часов при температуре 4°C с первичными антителами, специфичными к белку Cas9 (Invitrogen) в разведении 1:2000. Мембрану инкубировали с вторичными антителами, специфичными к кроличьему иммуноглобулину (Sigma), в разведении 1:30000. Хромогенное проявление полос осуществляли в щелочном буфере (0,1 мм Tris-HCl, pH 9,5, 0,5 мм NaCl и 5 мм MgCl2) с добавлением NBT (Thermo Fisher Scientific) и BCIP (Thermo Fisher Scientific).

Результаты и обсуждение. Развитие методов редактирования генома значительно изменило функциональную геномику, селекцию растений и сельское хозяйство. CRISPR/Cas9, мощный инструмент геномной инженерии, основан на взаимодействии между РНК,

комплементарной протоспейсеру, и эндонуклеазой Cas9, что открывает новые возможности для генетических исследований и создания новых сортов растений.

Мучнистая роса – это заболевание растений, вызываемое фитопатогенным грибом, который может проникать в клетки растений и вызывать длительные инфекции [21]. С ней можно бороться, выращивая устойчивые сорта сельскохозяйственных культур и используя химические фунгициды. Резистентность может быть достигнута путем интрогрессии генов устойчивости у дикорастущих видов растений и внедрения их в культуры с помощью классически методов селекции [22]. Однако, R-опосредованная резистентность, специфичная для определенных штаммов, может быть преодолена эволюционными изменениями патогена, приводящими к их устойчивости [23]. Было показано, что инактивация генов восприимчивости растений обеспечивает стойкий иммунитет к многочисленным патогенам, как, например, в случае с мутантами с нокаутом генов *Mlo* у ячменя и арабидопсиса [5]. Белки, сходные с SIMLO1 у арабидопсиса и ячменя, также способствуют устойчивости растений к различным некротрофным и гемибактериальным патогенам [24], [25].

С помощью платформы RGEN Tools [18], был отобран набор последовательностей для клонирования. Четыре белка MLO были идентифицированы как потенциальные сайты-мишени для внесения делеции.

Было продемонстрировано, что определенные гены из семейства *Mlo* обеспечивают устойчивость за счет плейотропного эффекта. Это явление наблюдалось у таких растений, как арабидопсис [3], виноград [23], [26], пшеница [27], [28] и огурцы [29]. Растение, содержащее единственную мутантную версию гена *AtMlo2* у *Arabidopsis thaliana*, проявляет умеренную устойчивость к мучнистой росе, в то время как растение, у которого отсутствуют функциональные гены *AtMlo2*, *AtMlo6* и *AtMlo12* проявляет полную устойчивость. Гомологи *AtMLO2* и *AtMLO6* идентичны SIMLO1 и SIMLO5 томата соответственно.

Для более успешного внесения мутации делеции следует выбирать несколько направляющих РНК [19]. Поэтому для дизайна sgRNA были выбраны два сайта-мишени в разных областях экзона в центральной части гена для каждого белка (рис.1).

Таблица 3– Разработанные праймеры клонирования

Название белка	Название локуса	Последовательности праймеров клонирования	
1	2	3	
SIMLO1	Soly04g049090	BsF	ATATATGGTCTCGATTGGGAGACCTCGTTTG GACGTTT
		F0	TGGGAGACCTCGTTTGGACGTGTTTTAGAGCTAG AAATAGC
		R0	AACTGAGAGATTCAGATTTGCAAAATCTCTTAGT CGACTCTAC
		BsR	ATTATTGGTCTCGAAACTGAGAGATTCAGATTTG CAAAA
SIMLO2	Soly08g015870	BsF	ATATATGGTCTCGATTGAAAGAAGGCGCCTTCCT CCGTT
		F0	TGAAAGAAGGCGCCTTCCTCCGTTTTAGAGCTAG AAATAGC
		R0	AACGTGATTAGTCAAGTGTTTAGAATCTCTTAGT CGACTCTAC
		BsR	ATTATTGGTCTCGAAACGTGATTAGTCAAGTGTT TAGAA

1	2	3	
SIMLO5	Solyc03g095650	BsF	TATGGTCTCGATTTTCTACATGGATCGAGATATG TT
		F0	TTTCTACATGGATCGAGATATGTTTTAGAGCTAG AAATAGC
		R0	AACGTACAACCGTCAAGAATAAGAATCTCTTAGT CGACTCTAC
		BsR	ATTATTGGTCTCGAAACGTACAACCGTCAAGAAT AAGAA
SIMLO6	Solyc02g082430	BsF	ATATATGGTCTCGATTACGTTACCTCTTTGCATT TGTT
		F0	TCACGTTACCTCTTTGCATTTGTTTTAGAGCTAGA AATAGC
		R0	AACCCTTTGCTGCATCTTTGTTGAATCTCTTAGTC GACTCTAC
		BsR	ATTATTGGTCTCGAAACCCTTTGCTGCATCTTTGT TGAA

Целью для создания направляющих РНК служили участки длиной 19 нуклеотидов, исключая мотив PAM (5'-NGG). Плазмида pCBC-DT1DT2 служила матрицей для амплификации последовательности gRNA-scaffold, терминатора U6-26t, промотора U6-29p и двух целевых участков. Ампликон соответствовал ожидаемому размеру в 626 нуклеотидов (рис.4 А–D).

Для клонирования была выбрана плазмида pKSE401, содержащая ген, кодирующий селективный антибиотик канамицин. Эта плазмида также уже содержит белок Cas9 под контролем промотора 2x35Sp. В нашей системе две последовательности направляющих РНК транскрибируются под промоторами арабидопсиса U6-26 и U6-29, и кассеты встраивали в плазмиду с помощью клонирования GoldenGate.

Ранее амплифицированная последовательность была вставлена между промотором U6-26 и вторым скаффолдом направляющей РНК в векторе pKSE 401 по сайтам рестрикции BsaI (рис. 2А). Секвенирование ДНК полученного вектора подтвердило целостность направляющих РНК. Схема плазмиды с встроенными последовательностями изображена на рис. 2Б.

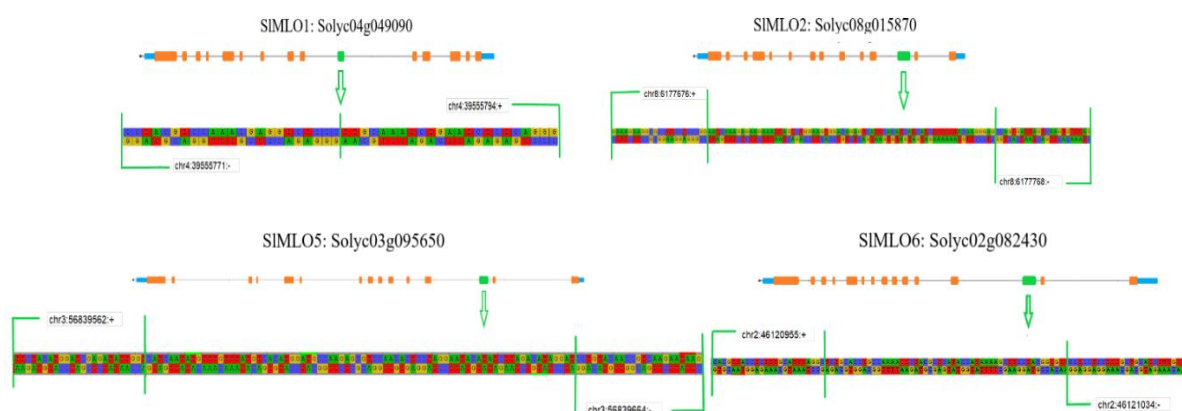


Рисунок 1 – Изображение целей для редактирования MLO-белка. Был использован инструмент RGEN Tools

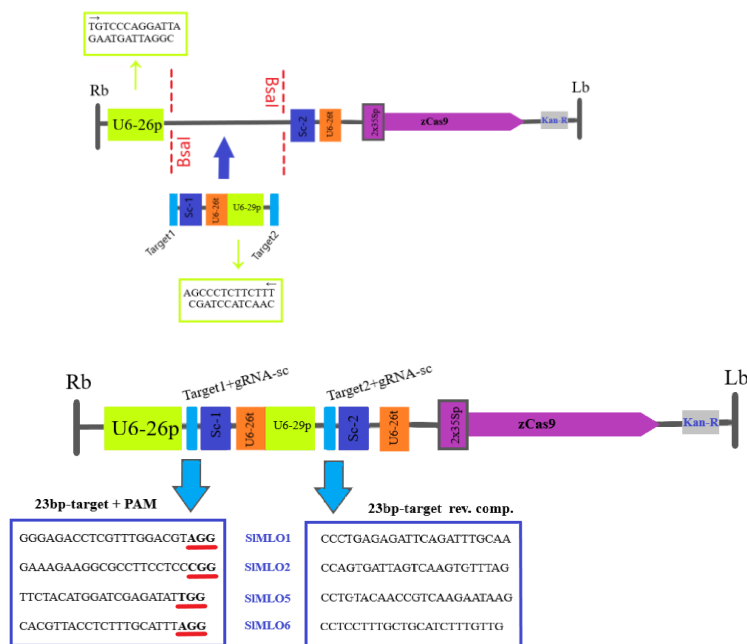


Рисунок 2 – А: Схема включения ампликона в плазмиду pKSE401 с указанием последовательностей для colony-PCR; В: Схематичное изображение плазмиды pKSE401 с направляющими РНК

При помощи метода вестерн-блоттинг удалось обнаружить экспрессию белка Cas9 во всех агроинфильтрованных листьях. Наиболее высокий уровень экспрессии показывал образец с SIMLO6 конструкцией. Данные результаты дают основание продолжить работу над трансформацией томата и созданием устойчивых линий к мучнистой росе.

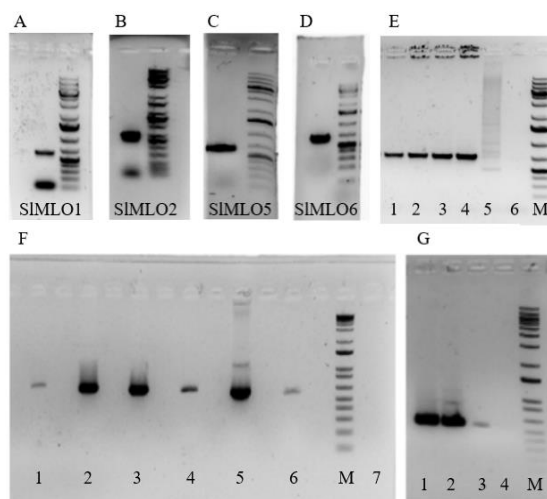


Рисунок 4 – А-Д: результат амплификации на матрице pCBC-DT1DT2; Е: результат Colony-PCR (1 – SIMLO1, 2 – SIMLO2, 3 – SIMLO5, 4 – SIMLO6, 5 – pKSE401 без конструкций, 6 – отрицательный контроль); F: результат обнаружения мРНК (1, 4, 6 – кДНК с этапом обработки ДНКазой генов SIMLO1, SIMLO2, SIMLO5, соответственно; 2, 3, 5 – кДНК без обработки ДНКазой генов SIMLO1, SIMLO2, SIMLO5, соответственно; 7 – отрицательный контроль); G: результат обнаружения экспрессии мРНК гена SIMLO6 (1, 2 – кДНК без этапа обработки ДНКазой, 3 – кДНК с этапом обработки, 4 – отрицательный контроль); М – 1 kb plus DNA Ladder, Thermo Fisher Scientific.

Ранее был продемонстрирован дизайнерский сорт «Томело», устойчивый к мучнистой росе. При помощи технологии CRISPR/Cas9 был инактивирован ген SIMLO1, который наиболее эффективно определяет устойчивость. Внесенная делеция в 48 пар нуклеотидов, по сообщению авторов, может быть обнаружена и в естественных условиях [33]. Против мучнистой росы томата могут выступать и другие гены для внесения нокаута: ShWRKY41 [2], SIPDS и SIPIF4 [30], PMR4 [31].

Нокаут генов семейства MLO может быть эффективен не только против мучнистой росы, но и против бактериального увядания. Этим и объясняется выбор SIMLO2 и SIMLO6 для проведенного нами исследования. Предполагается дальнейшая работа по выведению устойчивых растений томата, основанная на подтвержденной экспрессии мРНК и экспрессии белка модельного объекта. Проведенное исследование имеет ценность и для последующего изучения плеiotропного эффекта генов семейства SIMLO в борьбе с фитопатогенами.

Заключение. Ранее в исследованиях неоднократно изучался нокаут белков MLO у различных видов растений, включая ячмень, пшеницу, огурец и виноград. Была продемонстрирована успешная инактивация гена SIMLO1 у томатов, а также плеiotропная защита растений путем подавления нескольких генов семейства *Mlo*: *AtMlo2*, *AtMlo5* и *AtMlo8* у арабидопсиса. Это исследование представляет собой первые данные одновременного нокаута нескольких генов MLO в томате.

В этом исследовании мы разработали направляющие РНК для направленного редактирования генома томата с помощью биоинформатических инструментов. Направляющая РНК была клонирована с использованием метода GoldenGate, а экспрессия мРНК и белков Cas9 была оценена на модельном растении табака. Эти результаты могут быть использованы для создания устойчивых растений томатов с устойчивостью к мучнистой росе. Кроме того, они открывают потенциал для дальнейшего изучения плеiotропного эффекта семейства генов *Mlo*.

Благодарности. Работа была выполнена в рамках программы BR18574149 «Создание высокопродуктивных сортов и линий сельскохозяйственных культур на основе инновационных биотехнологий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 'Five ways climate change is intensifying the threats to plant health' [Text] / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – [Online]. Available: <http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1507753>. Accessed: May 02, 2023.
- 2 Lian, Q. Identification and Characterization of WRKY41, a Gene Conferring Resistance to Powdery Mildew in Wild Tomato (*Solanum habrochaites*) LA1777 [Text] / Q. Lian [and etc.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23. – № 3. – Art. № 3. doi: 10.3390/ijms23031267.
- 3 Zheng, Z., et al. Genome-Wide Study of the Tomato SIMLO Gene Family and Its Functional Characterization in Response to the Powdery Mildew Fungus *Oidium neolycopersici* [Text] / Z. Zheng [and etc.] // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7. – Accessed: May 02, 2023. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00244>.
- 4 Koseoglou, E. Susceptibility reversed: modified plant susceptibility genes for resistance to bacteria [Text] / E. Koseoglou [and etc.] // Trends in Plant Science. – 2022. – Vol. 27. – № 1. – P. 69–79. doi: 10.1016/j.tplants.2021.07.018.
- 5 Chen, Y. Genome-wide analysis of the mildew resistance locus o (MLO) gene family in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) [Text] / Y. Chen [and etc.].
- 6 Tapia, R. R. Evolution of the MLO gene families in octoploid strawberry (*Fragaria ×ananassa*) and progenitor diploid species identified potential genes for strawberry powdery mildew resistance [Text] / R. R. Tapia [and etc.] // Horticulture Research. – 2021. – Vol. 8. – P. 153. doi: 10.1038/s41438-021-00587-y.
- 7 Devoto, A., et al. Molecular Phylogeny and Evolution of the Plant-Specific Seven-Transmembrane MLO Family [Text] / A. Devoto [and etc.] // J Mol Evol. – 2003. – Vol. 56. – № 1. – P. 77–88. doi: 10.1007/s00239-002-2382-5.
- 8 Várallyay, É. Virus-induced gene silencing of *Mlo* genes induces powdery mildew resistance in *Triticum aestivum* [Text] / É. Várallyay [and etc.] // Arch Virol. – 2012. – Vol. 157. – № 7. – P. 1345–1350. doi: 10.1007/s00705-012-1286-y.

- 9 Humphry, M. Durable broad-spectrum powdery mildew resistance in pea er1 plants is conferred by natural loss-of-function mutations in PsMLO1 [Text] / M. Humphry [and etc.] // *Molecular Plant Pathology*. – 2011. – Vol. 12. – № 9. – P. 866–878. doi: 10.1111/j.1364-3703.2011.00718.x.
- 10 Kaufmann, H. Molecular Characterization, and Mapping of Four Rose MLO Orthologs [Text] / H. Kaufmann [and etc.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2012. – Vol. 3. – Accessed: May 03, 2023. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00244>.
- 11 Winterhagen, P. Transcriptional Up-Regulation of Grapevine MLO Genes in Response to Powdery Mildew Infection [Text] / P. Winterhagen [and etc.] // *Am J Enol Vitic*. – 2008. – Vol. 59. – № 2. – P. 159–168. doi: 10.5344/ajev.2008.59.2.159.
- 12 Zheng, Z., et al. Loss of Function in Mlo Orthologs Reduces Susceptibility of Pepper and Tomato to Powdery Mildew Disease Caused by *Leveillula taurica* [Text] / Z. Zheng [and etc.] // *PLOS ONE*. – 2013. – Vol. 8. – № 7. – P. e70723. doi: 10.1371/journal.pone.0070723.
- 13 Elliott, C. Functional Conservation of Wheat and Rice Mlo Orthologs in Defense Modulation to the Powdery Mildew Fungus [Text] / C. Elliott [and etc.] // *MPMI*. – 2002. – Vol. 15. – № 10. – P. 1069–1077. doi: 10.1094/MPMI.2002.15.10.1069.
- 14 Appiano, M., et al. Identification of candidate MLO powdery mildew susceptibility genes in cultivated Solanaceae and functional characterization of tobacco NtMLO1 [Text] / M. Appiano [and etc.] // *Transgenic Res*. – 2015. – Vol. 24. – № 5. – P. 847–858. doi: 10.1007/s11248-015-9878-4.
- 15 Bai, Y., et al. Naturally occurring broad-spectrum powdery mildew resistance in a Central American tomato accession is caused by loss of mlo function [Text] / Y. Bai [and etc.] // *Mol Plant Microbe Interact*. – 2008. – Vol. 21. – № 1. – P. 30–39. doi: 10.1094/MPMI-21-1-0030.
- 16 Pramanik, D., et al. CRISPR/Cas9-Mediated Generation of Pathogen-Resistant Tomato against Tomato Yellow Leaf Curl Virus and Powdery Mildew [Text] / D. Pramanik [and etc.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22. – № 4. – Art. № 4. doi: 10.3390/ijms22041878.
- 17 Rahmani, F., Modified CTAB protocol for RNA extraction from Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) [Text] / F. Rahmani [and etc.] // *Acta agriculturae Slovenica*. – 2020. – Vol. 115. – № 1. – Art. № 1. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.692.
- 18 Park, J. Cas-Database: web-based genome-wide guide RNA library design for gene knockout screens using CRISPR-Cas9 [Text] / J. Park [and etc.] // *Bioinformatics*. – 2016. – Vol. 32. – № 13. – P. 2017–2023. doi: 10.1093/bioinformatics/btw103.
- 19 Moniruzzaman, M. Having a Same Type IIS Enzyme's Restriction Site on Guide RNA Sequence Does Not Affect Golden Gate (GG) Cloning and Subsequent CRISPR/Cas Mutagenesis [Text] / M. Moniruzzaman [and etc.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2022. – Vol. 23. – № 9. – Art. № 9. doi: 10.3390/ijms23094889.
- 20 Pavan, S. Loss of susceptibility as a novel breeding strategy for durable and broad-spectrum resistance [Text] / S. Pavan [and etc.] // *Mol Breeding*. – 2010. – Vol. 25. – № 1. – P. 1–12. doi: 10.1007/s11032-009-9323-6.
- 21 Seifi, A., et al. Genetics and molecular mechanisms of resistance to powdery mildews in tomato (*Solanum lycopersicum*) and its wild relatives [Text] / A. Seifi [and etc.] // *Eur J Plant Pathol*. – 2014. – Vol. 138. – № 3. – P. 641–665. doi: 10.1007/s10658-013-0314-4.
- 22 Fu, X.-L. Crossability Barriers in the Interspecific Hybridization between *Oryza sativa* and *O. meyeriana* [Text] / X.-L. Fu [and etc.] // *Journal of Integrative Plant Biology*. – 2009. – Vol. 51. – № 1. – P. 21–28. doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00728.x.
- 23 Pavan, S. Loss of susceptibility as a novel breeding strategy for durable and broad-spectrum resistance [Text] / S. Pavan [and etc.] // *Mol Breeding*. – 2010. – Vol. 25. – № 1. – P. 1–12. doi: 10.1007/s11032-009-9323-6.
- 24 Kumar, J. Compromised Mlo Pathway Affects the Response of Barley to the Necrotrophic Fungus *Bipolaris sorokiniana* (Teleomorph: *Cochliobolus sativus*) and Its Toxins [Text] / J. Kumar [and etc.] // *Phytopathology*®. – 2001. – Vol. 91. – № 2. – P. 127–133. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.2.127.
- 25 Jarosch, B. The Ambivalence of the Barley Mlo Locus: Mutations Conferring Resistance Against Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) Enhance Susceptibility to the Rice Blast

Fungus *Magnaporthe grisea* [Text] / B. Jarosch [and etc.] // MPMI. – 1999. – Vol. 12. – № 6. – P. 508–514. doi: 10.1094/MPMI.1999.12.6.508.

26 Wan, D.-Y. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of VvMLO3 results in enhanced resistance to powdery mildew in grapevine (*Vitis vinifera*) [Text] / D.-Y. Wan [and etc.] // Horticulture Research. – 2020. – Vol. 7. – P. 116. doi: 10.1038/s41438-020-0339-8.

27 Wang, Y. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew [Text] / Y. Wang [and etc.] // Nat Biotechnol. – 2014. – Vol. 32. – № 9. – Art. № 9. doi: 10.1038/nbt.2969.

28 Ingvarsdén, C. R. Highly effective mlo-based powdery mildew resistance in hexaploid wheat without pleiotropic effects [Text] / C. R. Ingvarsdén [and etc.] // Plant Science. – 2023. – P. 111785. doi: 10.1016/j.plantsci.2023.111785.

29 Tek, M. I., CRISPR/Cas9 based mlo-mediated resistance against *Podosphaera xanthii* in cucumber (*Cucumis sativus* L.) [Text] / M. I. Tek [and etc.] // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. – Accessed: May 26, 2023. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.1081506>.

30 Pan, C. CRISPR/Cas9-mediated efficient and heritable targeted mutagenesis in tomato plants in the first and later generations [Text] / C. Pan [and etc.] // Sci Rep. – 2016. – Vol. 6. – № 1. – Art. № 1. doi: 10.1038/srep24765.

31 Santillán Martínez, M. I. . CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the tomato susceptibility gene PMR4 for resistance against powdery mildew [Text] / M. I. Santillán Martínez [and etc.] // BMC Plant Biology. – 2020. – Vol. 20. – № 1. – P. 284. doi: 10.1186/s12870-020-02497-y.

REFERENCES

1 ‘Five ways climate change is intensifying the threats to plant health’ [Text] / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – [Online]. Available: <http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1507753>. Accessed: May 02, 2023.

2 Lian, Q. Identification and Characterization of WRKY41, a Gene Conferring Resistance to Powdery Mildew in Wild Tomato (*Solanum habrochaites*) LA1777 [Text] / Q. Lian [and etc.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23. – № 3. – Art. № 3. doi: 10.3390/ijms23031267.

3 Zheng, Z., et al. Genome-Wide Study of the Tomato SIMLO Gene Family and Its Functional Characterization in Response to the Powdery Mildew Fungus *Oidium neolycopersici* [Text] / Z. Zheng [and etc.] // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7. – Accessed: May 02, 2023. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00244>.

4 Koseoglou, E. Susceptibility reversed: modified plant susceptibility genes for resistance to bacteria [Text] / E. Koseoglou [and etc.] // Trends in Plant Science. – 2022. – Vol. 27. – № 1. – P. 69–79. doi: 10.1016/j.tplants.2021.07.018.

5 Chen, Y. Genome-wide analysis of the mildew resistance locus o (MLO) gene family in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) [Text] / Y. Chen [and etc.].

6 Tapia, R. R. Evolution of the MLO gene families in octoploid strawberry (*Fragaria ×ananassa*) and progenitor diploid species identified potential genes for strawberry powdery mildew resistance [Text] / R. R. Tapia [and etc.] // Horticulture Research. – 2021. – Vol. 8. – P. 153. doi: 10.1038/s41438-021-00587-y.

7 Devoto, A., et al. Molecular Phylogeny and Evolution of the Plant-Specific Seven-Transmembrane MLO Family [Text] / A. Devoto [and etc.] // J Mol Evol. – 2003. – Vol. 56. – № 1. – P. 77–88. doi: 10.1007/s00239-002-2382-5.

8 Várallyay, É. Virus-induced gene silencing of Mlo genes induces powdery mildew resistance in *Triticum aestivum* [Text] / É. Várallyay [and etc.] // Arch Virol. – 2012. – Vol. 157. – № 7. – P. 1345–1350. doi: 10.1007/s00705-012-1286-y.

9 Humphry, M. Durable broad-spectrum powdery mildew resistance in pea *er1* plants is conferred by natural loss-of-function mutations in PsMLO1 [Text] / M. Humphry [and etc.] // Molecular Plant Pathology. – 2011. – Vol. 12. – № 9. – P. 866–878. doi: 10.1111/j.1364-3703.2011.00718.x.

- 10 Kaufmann, H. Molecular Characterization, and Mapping of Four Rose MLO Orthologs [Text] / H. Kaufmann [and etc.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2012. – Vol. 3. – Accessed: May 03, 2023. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2012.00244>.
- 11 Winterhagen, P. Transcriptional Up-Regulation of Grapevine MLO Genes in Response to Powdery Mildew Infection [Text] / P. Winterhagen [and etc.] // *Am J Enol Vitic*. – 2008. – Vol. 59. – № 2. – P. 159–168. doi: 10.5344/ajev.2008.59.2.159.
- 12 Zheng, Z., et al. Loss of Function in Mlo Orthologs Reduces Susceptibility of Pepper and Tomato to Powdery Mildew Disease Caused by *Leveillula taurica* [Text] / Z. Zheng [and etc.] // *PLOS ONE*. – 2013. – Vol. 8. – № 7. – P. e70723. doi: 10.1371/journal.pone.0070723.
- 13 Elliott, C. Functional Conservation of Wheat and Rice Mlo Orthologs in Defense Modulation to the Powdery Mildew Fungus [Text] / C. Elliott [and etc.] // *MPMI*. – 2002. – Vol. 15. – № 10. – P. 1069–1077. doi: 10.1094/MPMI.2002.15.10.1069.
- 14 Appiano, M., et al. Identification of candidate MLO powdery mildew susceptibility genes in cultivated Solanaceae and functional characterization of tobacco NtMLO1 [Text] / M. Appiano [and etc.] // *Transgenic Res*. – 2015. – Vol. 24. – № 5. – P. 847–858. doi: 10.1007/s11248-015-9878-4.
- 15 Bai, Y., et al. Naturally occurring broad-spectrum powdery mildew resistance in a Central American tomato accession is caused by loss of mlo function [Text] / Y. Bai [and etc.] // *Mol Plant Microbe Interact*. – 2008. – Vol. 21. – № 1. – P. 30–39. doi: 10.1094/MPMI-21-1-0030.
- 16 Pramanik, D., et al. CRISPR/Cas9-Mediated Generation of Pathogen-Resistant Tomato against Tomato Yellow Leaf Curl Virus and Powdery Mildew [Text] / D. Pramanik [and etc.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22. – № 4. – Art. № 4. doi: 10.3390/ijms22041878.
- 17 Rahmani, F., Modified CTAB protocol for RNA extraction from Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) [Text] / F. Rahmani [and etc.] // *Acta agriculturae Slovenica*. – 2020. – Vol. 115. – № 1. – Art. № 1. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.692.
- 18 Park, J. Cas-Database: web-based genome-wide guide RNA library design for gene knockout screens using CRISPR-Cas9 [Text] / J. Park [and etc.] // *Bioinformatics*. – 2016. – Vol. 32. – № 13. – P. 2017–2023. doi: 10.1093/bioinformatics/btw103.
- 19 Moniruzzaman, M. Having a Same Type IIS Enzyme's Restriction Site on Guide RNA Sequence Does Not Affect Golden Gate (GG) Cloning and Subsequent CRISPR/Cas Mutagenesis [Text] / M. Moniruzzaman [and etc.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2022. – Vol. 23. – № 9. – Art. № 9. doi: 10.3390/ijms23094889.
- 20 Pavan, S. Loss of susceptibility as a novel breeding strategy for durable and broad-spectrum resistance [Text] / S. Pavan [and etc.] // *Mol Breeding*. – 2010. – Vol. 25. – № 1. – P. 1–12. doi: 10.1007/s11032-009-9323-6.
- 21 Seifi, A., et al. Genetics and molecular mechanisms of resistance to powdery mildews in tomato (*Solanum lycopersicum*) and its wild relatives [Text] / A. Seifi [and etc.] // *Eur J Plant Pathol*. – 2014. – Vol. 138. – № 3. – P. 641–665. doi: 10.1007/s10658-013-0314-4.
- 22 Fu, X.-L. Crossability Barriers in the Interspecific Hybridization between *Oryza sativa* and *O. meyeriana* [Text] / X.-L. Fu [and etc.] // *Journal of Integrative Plant Biology*. – 2009. – Vol. 51. – № 1. – P. 21–28. doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00728.x.
- 23 Pavan, S. Loss of susceptibility as a novel breeding strategy for durable and broad-spectrum resistance [Text] / S. Pavan [and etc.] // *Mol Breeding*. – 2010. – Vol. 25. – № 1. – P. 1–12. doi: 10.1007/s11032-009-9323-6.
- 24 Kumar, J. Compromised Mlo Pathway Affects the Response of Barley to the Necrotrophic Fungus *Bipolaris sorokiniana* (Teleomorph: *Cochliobolus sativus*) and Its Toxins [Text] / J. Kumar [and etc.] // *Phytopathology®*. – 2001. – Vol. 91. – № 2. – P. 127–133. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.2.127.
- 25 Jarosch, B. The Ambivalence of the Barley Mlo Locus: Mutations Conferring Resistance Against Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) Enhance Susceptibility to the Rice Blast Fungus *Magnaporthe grisea* [Text] / B. Jarosch [and etc.] // *MPMI*. – 1999. – Vol. 12. – № 6. – P. 508–514. doi: 10.1094/MPMI.1999.12.6.508.
- 26 Wan, D.-Y. CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of VvMLO3 results in enhanced resistance to powdery mildew in grapevine (*Vitis vinifera*) [Text] / D.-Y. Wan [and etc.] // *Horticulture Research*. – 2020. – Vol. 7. – P. 116. doi: 10.1038/s41438-020-0339-8.

27 Wang, Y. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew [Text] / Y. Wang [and etc.] // Nat Biotechnol. – 2014. – Vol. 32. – № 9. – Art. № 9. doi: 10.1038/nbt.2969.

28 Ingvarsdén, C. R. Highly effective mlo-based powdery mildew resistance in hexaploid wheat without pleiotropic effects [Text] / C. R. Ingvarsdén [and etc.] // Plant Science. – 2023. – P. 111785. doi: 10.1016/j.plantsci.2023.111785.

29 Tek, M. I., CRISPR/Cas9 based mlo-mediated resistance against *Podosphaera xanthii* in cucumber (*Cucumis sativus* L.) [Text] / M. I. Tek [and etc.] // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. – Accessed: May 26, 2023. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.1081506>.

30 Pan, C. CRISPR/Cas9-mediated efficient and heritable targeted mutagenesis in tomato plants in the first and later generations [Text] / C. Pan [and etc.] // Sci Rep. – 2016. – Vol. 6. – № 1. – Art. № 1. doi: 10.1038/srep24765.

31 Santillán Martínez, M. I. . CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the tomato susceptibility gene PMR4 for resistance against powdery mildew [Text] / M. I. Santillán Martínez [and etc.] // BMC Plant Biology. – 2020. – Vol. 20. – № 1. – P. 284. doi: 10.1186/s12870-020-02497-y.

ТҮЙІН

CRISPR/Cas9 бағытталған өңдеу технологиясы дизайнерлік өсімдік сорттарын жасау үшін бірнеше рет қолданылған. Бұл зерттеуде CRISPR/Cas9 жүйесін қолдана отырып, SIMLO1, SIMLO2, SIMLO5 және SIMLO6 ақуыздарын нокаутқа жіберетін екі РНҚ жиынтығы жасалды. Бұл ақуыздардың инактивациясы қызанақтың ақұнтақ кеселі ауруына ішінара немесе толық төзімділігін қамтамасыз етуі мүмкін. Бұл делеция ақұнтақ кеселі қоздырғышына төзімді табиғи мутантта бірдей табылды. SIMLO1 және SIMLO5 гомологтары болып табылатын AtMLO2 және AtMLO6 ақуыздарын инактивациялау кезінде арабидопсистің толық төзімділігі бұрын расталған. Дегенмен, бұрын қызанақтың бірнеше *Mlo* гендері нокаутқа ұшыраған жоқ.

Өзірлеу әдістемесі биоинформатикалық талдауды, Golden Gate жіксіз әдісімен клондауды және үлгі өсімдіктің матрицалық РНҚ мен Cas9 ақуызының экспрессиясын зерттеуді қамтыды. Нәтижелер төзімді қызанақ өсімдіктерін *in vitro* алу бойынша жұмысты жалғастыруға негіз береді.

Зерттеу SIMLO тұқымдасының бір және бірнеше ақуыздарының фитопатогендік саңырауқұлақтарына иммундық жауаптың модуляциясын әрі қарай зерттеуге, сондай-ақ ақұнтақ кеселі төзімді трансгенді емес линиярды жоюға мүмкіндік береді.

UDC: 633.49:57.087.1(574.2)(045)
IRSTI: 68.35.49

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-84-91

Suraganova A.M., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0003-1539-0841>

NAO «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abaya str., 020000, Kazakhstan, aishan_rm@mail.ru

Suraganov M.N., Ph.D., Associate Professor of the Department of Agriculture and Bioresources, <https://orcid.org/0000-0001-7774-3222>

NAO «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abaya str., 020000, Kazakhstan, mikani_90@mail.ru

Bekimova G.B., PhD, <https://orcid.org/0000-0001-8442-0042>

NAO «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abaya str., 020000, Kazakhstan, GBekimova@shokan.edu.kz,

Bekishova G. K., master, <https://orcid.org/0000-0003-4387-5483>

NAO «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abaya str., 020000, Kazakhstan, gulden-kaz@mail.ru

Sovetkyzy Zh., Master of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0009-0003-5273-9923>

NAO «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, 76 Abaya str., 020000, Kazakhstan, Sovetkyzy1098@mail.ru

INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON POTATO YIELDS IN HILLSLOPE ZONE OF AKMOLA REGION

ANNOTATION

The article presents the results of analyses of the effect of growth regulators on haulm, tuber weight and number, marketability and yield of potato. The main purpose of this study is to determine the influence of growth regulators on potato yield in Akmola region. In the study 5 different growth stimulators were used: Zerebra agro, Agrostimulin, Humika, Enrivel, Gufos. Nevsky potato variety was used as an object of research. Research experiments were conducted in "Kokshetau experimental-production farm" LLP. The construction of the field experiment on control and accounting is carried out in accordance with the methodology of potato plant research and the methodology of field experiment. The obtained data were subjected to mathematical processing using the methodology of field experiment by B. A. Dospekhov. The weight of potatoes in the control variant according to the accounting work was 817 g from an area of 0.072 hectares. In the variant treated with the growth regulator "Zerebra Agro", it was 1320 g, and with the growth regulator "Agrostimulin" - 850 g. The highest indicator was observed in the variant treated with the drug "Humika" - 1390 g. In the variants in which the growth regulator "Agrostimulin" was used, good indicators were observed in terms of the number of stems and the weight of the stems, the mass of the commercial tuber averaged 67.5 g. The yield was 11.6 t/ha. When using the growth regulator "Humika" potato yield averaged 19.0 tonnes/ha, which is 69.6% higher than the control variant. The marketability showed 79%. The highest yield was shown by variants treated with growth regulators Humika - 19 t/ha, Zebra Agro - 18 t/ha and Enrivel - 16.2 t/ha.

Key words: potatoes, growth regulators, yield, marketability, qualitative index.

Introduction. Potato is one of the most widely consumed crop products in Kazakhstan. The average per capita consumption of potatoes in Kazakhstan is 120-130 kg per person per year. The main reason for the popularity of potatoes is their flavor, nutritional value and versatility of use. Fresh potatoes contain many vitamins, amino acids, antioxidants, minerals and mainly starch [1, 2]. In recent years, potato acreage has been decreasing everywhere in large commercial farms and increasing in some sub-farms. The peculiarity of potato production in Kazakhstan is orientation to the domestic market. Increase of material and cultural standard of living of people is the main goal of economy. The main means of achieving this goal is to increase the efficiency of social production [3].

According to the National Bureau of Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the RK, in Akmola region in 2019 potatoes were grown on 15.2 thousand hectares, in 2020 - 14.6 thousand hectares, in 2021 - 15.2 thousand hectares [4].

Potato cultivation in Kazakhstan has clearly been extensive for several decades and has been declining in recent years. The ratio of potato harvest in the main categories of farms has changed. The main amount of this product is obtained in private farms of the population, and in agricultural enterprises every year there is a decrease in production. However, low volumes of agricultural products realization in private subsidiary farms do not allow them to fully meet the needs of the population in potatoes [5]. An important direction of improving potato cultivation technology is the creation of an effective system of using modern plant growth and development regulators - an important factor in increasing yields [6, 7, 8]. One of the important tasks of agricultural production in Northern Kazakhstan is to increase the yield and quality of potatoes. In this regard, studies were conducted to compare the parameters of row spacing in combination with planting density, seed tuber size and growth regulators. Only varieties or hybrids capable of yield formation, well adapted to local, actual productivity and adapted to soil and climatic conditions should be selected. The climate of the hilly region of Akmola region is sharply continental, characterized by cold winters and relatively short summers.

The aim of the study is to determine the effect of growth regulators on biometric index and productivity of potato crop in the hillslope zone of Akmola region.

Materials and methods of research. Field studies were conducted in 2023 on the experimental fields of LLP "Kokshetau experimental-industrial agriculture" Zerendy district of Akmola region. The soil of experimental fields is represented by medium humus soil with the depth of humus 25-27 cm

and average humus content of 4.01%. Repetition of field experiments - 4. Agrotechnics in the experiments is zonal. The area of the experimental field was 63 m² (4.2 m×15 m), the location of the fields was randomized. The precursor was pure fallow. Potatoes were planted in the second decade of May. The studies were conducted on the plantings of potato "Nevsky".

Experimental work was carried out on the following variants:

- 1 - Control (untreated);
- 2 - Zerebra Agro
- 3 - Agrostimulin,
- 4 - Gumika,
- 5 - Enrivel,
- 6 - Gufos.

Field experiments were treated with growth regulators according to the scheme of the experiment: agrotechnical work began on May 24, with potato planter SN4B on the machine MTZ-80. Seeding norm-1.5 tons per hectare, planting depth of tubers 6-8 cm. Preparation of the plant is made in accordance with the width of row spacing of support wheels and absorbers 70cm, consists of setting the norm and the depth of planting tubers. Potatoes were treated with growth regulators in two phases (first sprouting and flowering). The experiment was made accordingly, labels were set up, and paths were laid out.

The construction of the field experiment on control and accounting is carried out in accordance with the methodology of potato plant research and the methodology of field experiment. The obtained data were subjected to mathematical processing using the methodology of field experiment by B. A. Dospekhov [8,9, 10].

During the entire growing season, potato plantings were cleaned of weeds, potatoes were treated with the preparation "Aktara" against Colorado potato beetle.

The potato is a temperate crop, but thanks to its flexibility and human intervention, it is cultivated in northern latitudes. Tubers start to grow intensively depending on soil temperature between + 7 and + 12°C, buds awoken at temperatures between + 3 and + 6°C. It is formed at temperatures not lower than +7 ° C.

Table 1 – comparative characteristics of air temperature in 2021-2023 and long-term averages (meteorological center Shagalaly)

climate parameters	months												average
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
	air temperature												
2022-2023	+13,0	+3,8	-8,3	-15,0	-12,7	-12,6	-3,1	+4,1	+12,7	+18,7	+21,1	+22,7	+4,4
deviation	+2,5	+0,3	-2,9	-1,4	+3,6	+1,5	+2,7	-0,5	+0,5	+2,1	+2,4	+5,9	
annual average	+10,5	+3,5	-5,4	-13,6	-16,3	-14,1	-5,8	+4,6	+12,2	+16,6	+18,7	+16,8	+2,3

In 2020-2021, 216.1 mm of precipitation fell, which is 88.6 mm below the average annual norm. Precipitation of the cold period (September-March) amounted to only 91.2 mm, which is 79.8% of the average annual norm. A distinctive feature of the fall-winter period is the high air temperature regime, which was below the multiyear average of -1.1 °C. The spring of the reporting period was very dry. The mean monthly air temperature in May was above the multiyear average by +5.2°C. During the third ten days of May, the maximum air temperature reached 40.0°C on some days. The average monthly air temperature for the summer months of the reporting year exceeded +2.3 °C, the deficit of precipitation is 43.7% compared to the long-term average (101.5 mm vs. 180.3 mm). t. n. "

Meteorological conditions in 2021-2022 are sharply continental. In the 2021-2022 agricultural year, 277.3 mm of precipitation fell, which is 41.9 mm below the average annual norm, according to the Shagalali weather station. A distinctive feature of the fall-winter period is the high air temperature regime, which compared to the average multiyear norm was below 1.6 Co. In the warm period, they fall to 186.5 mm.

Table 2 – Characteristics of precipitation for 2021-2023 (meteorological center Shagalaly)

climate parameters	months												total precipitation
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
rainfall, mm													
2022-2023	6,6	37,6	29,6	10,5	12,0	10,7	11,3	1,2	15,8	30,8	20,5	35,5	222,1
deviation	-20,7	+11,1	+13,0	-2,3	+0,1	-3,0	-4,8	-18,9	-18,1	-7,2	-30,6	-1,3	-82,6
annual average	27,3	26,5	16,5	12,8	11,9	13,7	16,1	20,1	33,9	38,0	51,1	36,8	304,7

Summarizing the above, it should be noted that precipitation falling during the growing season could not compensate for the deficit of moisture accumulation formed before sowing due to insufficient winter and winter precipitation.

Meteorological conditions for the 2022-2023 crop year met the definition of sharp continentality. In the 2022-2023 agricultural year, 222.1 mm of precipitation fell, 80.7 mm below the annual average, according to Shagalaly weather station. Precipitation of the cold period (September-March), which played the main role in accumulation of productive moisture reserves in the soil, was at the level of the average annual norm (118.3 vs. 120.2 mm).

A distinctive feature of the fall-winter period was high air temperature regime, compared to the long-term average of -1.1 Co. The aggravating factor contributing to intensive evaporation of moisture was the absence of precipitation in April-May, when the precipitation deficit amounted to 67.8% (52.8 MM vs. 17.0 mm) against the background of high-temperature regime as compared to multiyear data. Mean monthly air temperature in April-May was above the multiyear average by +1.1 2.5 oC. In the third ten-day period of May and the first ten-day period of June, the maximum air temperature reached from +28o C to +35.0o C. In June-July, the precipitation deficit compared to the multiyear average was 60.5% (92.0 mm vs. 37.5 mm), and in some decades of June-July maximum air temperatures reached from +41°C to +44.0°C. In spite of the fact that precipitation in August of the reporting year was at the mean multiyear level, the air temperature in the second decade of August reached from +35 Co to +40.0 Co (Table 1).

Results and Discussion. In the studies on the application of growth regulator on potato fields in 2023, the following quantitative and qualitative indices were observed. The effect on quantitative and qualitative indices was noticeable according to the field work conducted.

Variants treated with growth regulators, compared to the control variant growth regulators "Gufos" and "Humika" show an increase in the number of potatoes (pieces) to 6-7. The size of potatoes was large and the number of small potatoes was small. Growth regulator "Agrostimulin" showed less number of potatoes up to 5 pieces compared to the control variant. Growth regulators "Zebra agro", Enrivel and "Gumika" gave the highest indicator.

The weight of potatoes in the control variant on the calculated work was 817 g from an area of 0.072 ha. In the version treated with growth regulator "Zerebra agro" was 1320 g, and growth regulator" Agrostimulin " - 850 g. The highest indicator was observed in the version treated with the preparation "Humika". Comparing all variants, it is worth noting the growth regulator "Gufos", which gave the lowest indicator. It is worth noting that in all variants the size of potatoes was larger (Table 3).

Table 3 – influence of growth regulator on the quantitative and qualitative index of potatoes, 2023.

№	variant	number of potatoes, pcs			potato weight, g		
		Coarse	Small	All	Coarse	Small	All
1	Control	11	8	19	690	127	817
2	Zerebra Agro	14	5	19	1200	120	1320
3	Agrostimulin	12	2	14	810	40	850
4	Humika	12	14	26	1100	290	1390
5	Enrivel	13	7	20	1037	150	1187
6	Gufos	13	12	25	570	210	780

The number of stems, tubers of potato plants per bush was studied. The data for the year 2023 are given below.

The number of stems is one of the important indicators of formation of a large number of tubers of potato plants. The number of stems per bush varies from 3-5 to 10-12. There is a certain dependence between the number of stems, the number and size of tubers. On bushes with small stems there are fewer tubers (5-10), but they are larger; in varieties with a large number of tuber stems are larger - up to 20-25, but they are somewhat smaller, which is economically advantageous, since tubers weighing 50-150 g are resistant to mechanical damage, unlike larger ones, and they are better preserved in winter [11-20].

Compared to the control variant, the fields treated with growth regulators gave good growth, the number of stems 10 pcs.

The maximum figure was 81.6-91.7 g in the versions treated with growth regulator Humika, Enrivel and Zerebra agro, 64.1 g in the control version. A lower figure was provided by the viewpoint of Gufos growth regulator. The studied variants of tuber to stem ratio were at the same level as the control variant (Table 4).

Table 4 – Influence of growth regulators on potato yield, 2023.

№	Variant	number of stems, pcs	stem weight, g	tuber to stem ratio	yield, g / bush	weight of marketable tuber, g	number of marketable tubers, pcs / bush	number of sources
1	Control	10	560	1,5	272,2	64,1	3,8	8
2	Zerebra Agro	15	900	1,5	440,0	85,7	4,7	6
3	Agrostimulin	7	720	1,2	283,3	67,5	4,0	7
4	Humika	13	1100	1,3	463,3	91,7	4,0	8
5	Enrivel	12	907	1,3	395,0	81,6	4,2	10
6	Gufos	11	460	1,7	260,0	43,8	4,3	7

The general dynamics of potato growth processes is determined by the stage of treatment and yield under control and growth regulators.

It can be seen that marketable indicators are at a very good level. The highest index was demonstrated at 91-95% in variants with the use of growth regulators Zerebro Agro and Agrostimulin. The lowest marketability compared to the control variant was observed in the variant of application of Gufos preparation by 73% (Fig. 1).

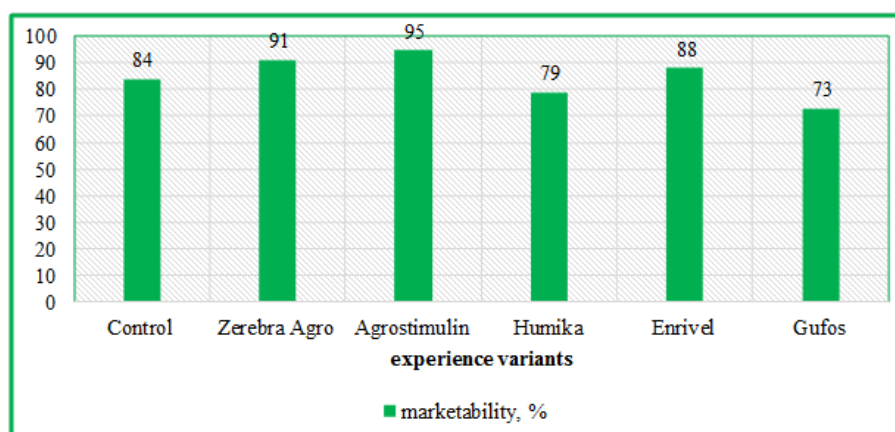


Figure 1 – Influence of growth regulators on potato marketability, 2023.

The research showed that when using the growth regulator "Humika", potato yield averaged 19.0 t/ha, which is 69.6% higher than the control variant. Marketability showed 79%.

Potato yield in the variant "Zerebra Agro" treated with growth regulator was 18.0 t/ha, which was 91% higher than in the control variant.

As for the variants in which the growth regulator "Agrostimulin" was used, it can be seen that the number of stems and stem weight gave good indicators, the weight of a marketable tuber gave an average of 67.5 g. The yield was 11.6 t/ha. Commodity had the maximum value on the index of 95%.

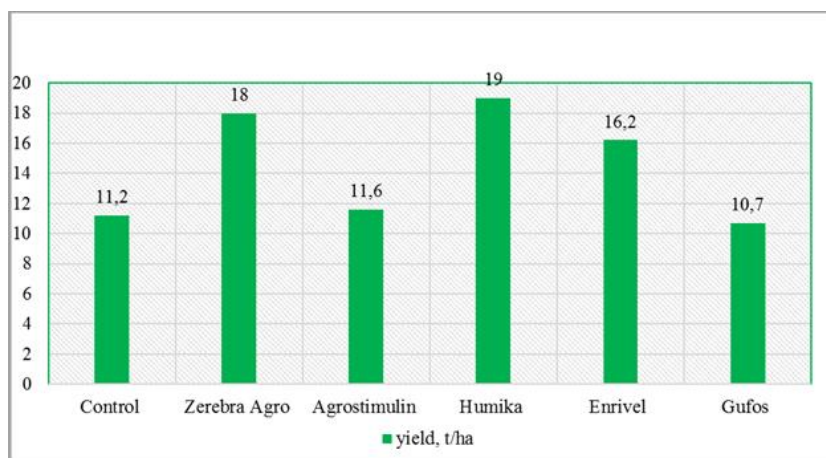


Figure 2 – Influence of growth regulators on potato yield, t/ha 2023.

Conclusion. Growth and development of potato plants they often depend on the conditions of a particular year. So, for the growth and development of potatoes optimal wet, moderately warm weather in 2023 contributed to the seedling. According to the results of this research, we can see the effect of growth regulators on the growth and development of potato plants.

In conclusion, comparing the quantitative and qualitative performance of potato using growth regulator, according to the weight and size of potato, growth regulators Humika, Zebra Agro and Enrivel gave 1187-1390 g which is the highest among the selected growth regulators. At the same time, the size of potato was large.

Regarding potato yield, Gufos all the growth regulators except the version used were higher than the control version. The variants treated with Humika growth regulators showed the highest yield of 19 t/ha, Zebra agro 18 t/ha and Enrivel 16.2 t/ha.

This research study was conducted under the project "biochemical evaluation of potato varieties of different maturation groups on starch content in the conditions of Akmola region" in 2022-2023. Young researchers of Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov were carried out within the framework of the competition "Youth and Science".

REFERENCES

- 1 Kasimova, N.Z. Urozhajnost' i kachestvo klubnej kartofelja raznyh grupp skorospelosti v zavisimosti ot priemov tehnologii vyrashhivaniya v usloviyah Srednego Urala [Text] / N.Z. Kasimova [and etc.] // Agrarnyj vestnik Urala. – 2010. – № 5. – P. 41–44.
- 2 Bjuro nacional'noj statistiki Agentstva po strategicheskemu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan [Electronic resource]: Official website. –URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/stat?lang=ru&ysclid>. (date of application: 01.08.2024).
- 3 Poljakova, E.V. Jelementy biologizirovannoj tehnologii vozdelevaniya tomata v usloviyah del'ty Volgi [Text]: dis. ... kand. s.-h. nauk. – Astrahan', 2009. – 169 p.
- 4 Simakov, Ye.A. Kartofelevodstvo Rossii: sostoyanie i perspektivi v novikh usloviyakh [Text] / Ye. Simakov [and etc.] // Kartofel i ovoshchi. –2022. – №4. – S. 3-6.
- 5 Zagotovka i pererabotka kartofelya, plodov i ovoshchei v usloviyakh Kazakhstana [Text]: ucheb. pos. / G.G. Ilyukhin [and etc.]. – Astana: Foliant. – 192 s
- 6 Banadysev, S.A. Osobennosti primeneniya sovremennyh tehnologij vozdelevaniya kartofelja [Text] / S.A. Banadysev [and etc.] // Kartofelevodstvo.-2000.-Vyp.10.-p.230-241.
- 7 Mohov, V.A. Kartofel' na severe Kazakhstana. [Text]/ V. Mohov. -Alma-Ata: Kajnar, 1973. – 176 s.
- 8 Al'smik, P.I. Fiziologiya kartofelja [Text] / P.I. Al'smik [and etc.]. – M.: Kolos, 1979. -272 p.
- 9 Metodika po issledovaniy po kul'ture kartofelja. – M [Text]:.Kolos, 1967.- 263 p.

- 10 Dospheov, B.A. Metodika polevogo opyta [Text]: ucheb. dlya vuzov / B.A. Dospheov. - M.:Kolos, 1973.- p 259-271.
- 11 Suraganova, A.M. Effect of the complex high molecular fertilizer StresStop on the yield and biochemical composition of potato tuber [Text] / A. Suraganova [and etc.]// Reports of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of agricultural sciences. – 2021. – Vol. 3, Issue 337. P. 46-52.
- 12 Gunar, L.Je. Dejstvie jepibrassinolida na sohranjaemost' klubnej i produktivnost' kartofelja sledujushhej reprodukcii [Text] / L. Gunar [and etc.] // Novye i netradicionnye rastenija i perspektivy ih ispol'zovanija. – 2015. – №11. – S. 212-214.
- 13 Devjatkina, L.N. Proizvodstvo kartofelja: global'nye i nacional'nye diskursy [Text] / L.Devjatkina [and etc.]// Vestnik NGIJeI. – 2018. – №5(84). – p. 122-134.
- 14 Derzhavin, L.M. Primenenie mineral'nyh udobrenij v intensivnom zemledelii [Text]: ucheb. dlya vuzov / L. Derzhavin. – M.: Kolos, 1992. – 272 p.
- 15 Klyshpekova, A.E . Vlijanie udobrenij s primeneniem pesticidov na urozhajnost' kartofelja [Text] / A. Klyshpekova [and etc.] // Molodoj uchenyj. –2017. – №7(141). – p. 184-187.
- 16 Tokbaev, M.M. Urozhaj i kachestvo klubnej kartofelja [Text] / M. Tokbaev [and etc.] // Izvestija Kabardino-Balkarskogo gos. agrar. univer. im. V.M. Kokova. – 2013. – №2(2). – p. 16-18.
- 17 Araujo, F.F. Changes on potato leaf metabolism and anatomy induced by plant growth regulators [Text] / F. Araujo [and etc.] // Journal of Agricultural Science. – 2019. – Vol. 11, Issue 7. – P. 139-147.
- 18 Tulinov, A.G. Vlijanie pektinovyh polisaharidov lemnana i silenana na rost i razvitie kartofelja [Text] / A. Tulinov [and etc.] // Dostizhenija nauki i tehniki APK. –2014. – №4. – p. 49-50.
- 19 Temereva I.V. Primenenie udobrenij pri vozdeleyvanii kartofelja razlichnyh sortov na lugovo-chernozemnoj pochve Omskoj oblasti [Text] / I.Temereva [and etc.] // Kartofel' i ovoshhi. – 2022. – №6. – S. 30-33.
- 20 Shabanov A.Je . Biologicheskie osobennosti i reakcija sorta kartofelja Kumach na agropriemy vyrashhivaniya [Text] / A. Shabanov [and etc.] // Kartofel' i ovoshhi. – 2022. – №2. – p. 23-25.

ТҮЙІН

Мақалада картоптың сабағына, түйнектердің санына, массасына, картоп тауарлылығына, өнімділігіне өсу реттеуіштердің әсерін танаптық зерттеулер талдау нәтижелері келтірілген. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты Ақмола облысында картоптың өнімділігіне өсу реттеуіштердің әсерін анықтау болып табылады. Зерттеуде 5 түрлі өсу реттеуіштер қолданылды: Зеребра агро, Агростимулин, Нумика, Энрайвел, Гуфос. Зерттеу нысаны ретінде Невский картоп сұрыбы қолданылды. Ғылыми-зерттеу тәжірибелері «Көкшетау тәжірибелік-өндірістік шаруашылығы» ЖШС-да жүргізілді. Бақылау және есепке алу далалық тәжірибесін салу картоп өсімдігін зерттеу әдістемесіне және далалық тәжірибе әдістемесіне сәйкес жүргізіледі. Алынған мәліметтер Б.А. Доспеховтың далалық тәжірибе әдістемесін қолдана отырып, математикалық өңдеуден өтті. Картоптың салмағы есептелген жұмыстар бойынша бақылау нұсқасында 0,072 га алқаптан 817 г берсе, өлшемі бойынша картоп өлшемі ірі болды. "Зеребра агро" өсу реттеуішімен өңделген нұсқасында 1320 г болса, "Агростимулин" өсу реттегіші 850 г берді. Ең жоғары көрсеткіш 1390 г «Нумика» препаратымен өңделген нұсқасында байқалды. "Агростимулин" өсу реттегішін қолданған нұсқаларына келетін болсақ сабақ саны мен сабағының салмағы жақсы көрсеткіш бергені байқалады, тауарлы түйнектің массасы орта есеппен 67,5 г берді. Өнімділік 11,6 т/га. "Нумика" өсу реттеуішін қолданған кезде картоптың өнімділігі орташа есеппен 19,0 т/га, бақылау нұсқасынан 69,6% жоғары болды. Тауарлығы 79 % көрсетті. Ең жоғары өнімділікті Нумика – 19 т/га , "Зеребра агро" - 18 т/га және Энрайвел – 16,2 т/га өсу реттеуіштермен өңделген нұсқалар көрсетті.

РЕЗЮМЕ

В статье представлены результаты анализа влияния регуляторов роста на ботву, массу и количество клубней, товарность, урожайность картофеля. Основной целью данного исследования является определение влияния регуляторов роста на урожайность картофеля в Акмолинской области. В исследовании использовались 5 различных стимуляторов роста: Зеребра агро, Агростимулин, Нумика, Энрайвел, Гуфос. В качестве объекта исследования был

использован сорт картофеля Невский. Научно-исследовательские эксперименты проводились в ТОО "Кокшетауское опытно-производственное хозяйство". Полевые опыты по контролю и учету проводились в соответствии с методикой исследования растений картофеля и методикой полевого эксперимента. Полученные данные подверглись математической обработке с использованием методики полевого эксперимента Б.А. Доспехова. Масса картофеля в контрольном варианте согласно учетным работам составил 817 г с площади 0,072 га. В варианте, обработанном регулятором роста "Зеребра Агро", составила 1320 г, а регулятором роста "Агростимулин" - 850 г. Самый высокий показатель наблюдался в варианте, обработанном препаратом "Humika" - 1390 г. В вариантах, в которых использовался регулятор роста "Агростимулин", наблюдались хорошие показатели по количеству стеблей и массе стеблей, масса товарного клубня составила в среднем 67,5 г. Урожайность 11,6 т/га. При использовании регулятора роста "Humika" урожайность картофеля в среднем составляла 19,0 т/га, что на 69,6% выше контрольного варианта. Товарность показала 79%. Наибольшую урожайность показали варианты, обработанные регуляторами роста Humika – 19 т/га, "Зебра агро" - 18 т/га и Энрайвел – 16,2 т/га.

UDC 631.961.6, 635.032/.034
IRSTI 68.35.57:

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-91-97

Salybekova N.N., PhD, associate professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-3750-1023>
Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan city, avenue B.Sattarkhanov 29, 161200, Kazakhstan, nurdana.salybekova@ayu.edu.kz

Yusupov B.Y., candidate of biological sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7114-0391>
Caravansaray Tourist Complex, Turkestan city, avenue B.Sattarkhanov 17, 161200, Kazakhstan, b.yussupov@mail.ru

Alpamysova G.B., candidate of agricultural sciences, <https://orcid.org/0000-0002-1533-0366>
South Kazakhstan University named after M. Auezov, X13F808, Tauke Khan Avenue 5, Shymkent, Republic of Kazakhstan, xap68@mail.ru

Nagiyeva A. G., PhD, <https://orcid.org/0000-0001-5381-8541>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nagievaliya@mail.ru

Serzhanova A.E., senior teacher, <https://orcid.org/0000-0002-8769-509X>
Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan city, avenue B.Sattarkhanov 29, 161200, Kazakhstan, aikerim.serzhanova@ayu.edu.kz

Babayeva G.A., senior teacher, <https://orcid.org/0000-0001-7763-7120>
Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan city, avenue B.Sattarkhanov 29, 161200, Kazakhstan, gulmira.babayeva@ayu.edu.kz

BIOTECHNOLOGICAL FEATURES OF MICROCLONAL REPRODUCTION OF *TULIPA* L. SPECIES

ANNOTATION

The research work is devoted to the problem of conservation of rare and endangered species of *Tulipa* L. using the tissue cultivation method. Tulips are bulbous geophytes with high decorative value all over the world. Anthropogenic impact on this species has led to a decrease in the population of wild tulips. The paper presents the results of a study of the effect of the hormonal composition of the nutrient medium on the morphogenesis of *Tulipa* L. explants in vitro. During the period of introduction into sterile culture, single-soil nodular segments of adult plants were used as the primary explant, internodes and leaves of one-month explants were used during the period of micropropagation. The study suggests the optimization of sterilization plant materials, nutrient media and adaptation of newly restored plants using bulbs and seeds of selected taxa.

In a modified Murashige-Skuga nutrient medium, micro leaves and internodes of shoots formed from calluses were grown in the dark. The study used cuttings of bulbs of an adult plant. The disinfection method was carried out using a complex chemical treatment. The effectiveness of sterilization, consisting of fungicidal, bactericidal processes, was determined by the viability of explants after sterilization. It is noteworthy that ethanol treatment, starting with a simple soap wash, significantly increased the viability of explants. In addition, the study examines the results of in vitro

cultivation, in which the level of viability after cultivation was observed, as well as the development of morphological indicators of germination.

Key words: types of tulips, bulbs, phenophase, culture medium, clonal micropropagation.

Introduction. There are 36 species of *Tulipa* L in Kazakhstan, 20 of which are listed in the Red Book. The vast majority of more than 60% of the endemic species of the tulip genus have a limited range. Tulips (*Tulipa* L.) have significant decorative and aesthetic value all over the world [1]. Currently, the number of species of the genus is unknown due to difficulties in the taxonomy of the genus, confusion in classifications, high rates of interspecific hybridization and polymorphism [2]. In Kazakhstan, many species of *Tulipa* L are listed in the Red Book. For example, among the rare and endangered tulips: Greig's Tulip (*Tulipa greigii* Regel), Kaufman's tulip (*Tulipa kaufmanniana* Regel), Albert's Tulip (*Tulipa albertii* Regel), Borshchov's Tulip (*Tulipa borszczowii* Regel), False-flowered tulip (*Tulipa dasystemonoides* Vved.), Korolkov's Tulip (*Tulipa korolkowii* Regel), Lehmann's Tulip (*Tulipa lehmanniana* Mercl.), the Erect tulip (*Tulipa orthopoda* Vved.) are listed in the Red Book. The species *Tulipa* L. is an economically valuable cultivated plant due to its high decorative indicators. In recent years, the habitats have been declining as a result of excessive plowing of natural meadows, cattle breeding and ruthless pulling of flowers by local residents [3, 4].

The method of tissue cultivation is used to solve the problem of preserving the number of rare species of *Tulipa* L. [5]. The microclonal reproduction of the species has not yet been sufficiently studied [6, 7]. The culture of cell tissues of *Tulipa* L. species is of great interest to researchers, since it allows reproducing unique species, hybrid genotypes, selecting valuable mutant forms and preserving rare species in collections [8, 9]. In the field of microclonalization, research is intensively developing in the direction of microclonal reproduction of *Tulipa biebersteiniana* Schult & Schult fil., *T. gesneriana* L. and *Tulipa kaufmanniana* Regel, whereas data on tissue culture of other *Tulipa* L. species few.

There is also no data in the literature on tissue culture of *Tulipa orthopoda* Vved. and *Tulipa bifloriformis*. In this regard, we were faced with the task of developing a method of microclonal reproduction of these two species and studying their morphogenetic features in vitro.

Material and methods. The objects of the study were *Tulipa orthopoda* Vved species. and *Tulipa bifloriformis*. Single nodular segments of adult plants were used as the primary explant at the stage of introduction into sterile culture. In the micro-reproduction itself, nodal segments, internodes and leaves of monthly micro-plants obtained in a non-hormonal environment were used.

The basis of the Murasi-Skuga nutrient medium was made up of vitamins and trace elements, phytohormones added in accordance with the methodology [10, 11, 12]. Of the phytohormones, cytokinins (6 BAP (6-benzylaminopurine), (isoprene-2-yl) adenine, zeatin, tidiazuron (TDZ), kinetin) and auxins (2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), IBC (indolbutylic acid). To prevent the development of microflora, antibiotics were added to the nutrient medium: cefotaxime, carbenicillin, gentamicin. A modified WPM medium without organic additives was used as a control. The pH of the medium is adjusted to 5.6–5.8 before sterilization. Autoclave treatment for 20 minutes at 1.1 atm. The material was grown at a temperature of 25 ± 1 °C, with a photoperiod of 16 hours and illumination of 2–3 thousand lux. The number of repetitions in each variant was 30. Statistical processing was carried out using the Microsoft Excel program [13–16].

Research results and their discussion. In our work, we investigated various stages of microclonal reproduction of *Tulipa bifloriformis* and *Tulipa orthopoda* Vved species. The entire period of micropropagation can be divided into 3 stages. The first stage is the explantation of primary plant tissue. At this stage, a plant with high viability, free from infection, and actively reproducing is obtained. At the second stage, micro-propagation itself is carried out, that is, an increase in the number of organogenic structures in the explant, induction of processes from them and rooting of propagated shoots in a nutrient medium. This stage is characterized by the use of heterogeneous compounds of various hormones and other biologically active substances, various explants in large quantities, as well as the use of various growing conditions. The third stage is the planting of micro-plants from sterile conditions into the soil.

Tissue culture of *Tulipa orthopoda* Vved. The initial material was obtained from one vegetative bud of the parent plant *Tulipa orthopoda*. It is known that field material is characterized by a high level of microflora infection, which makes it difficult to obtain sterile material. To reduce the degree of contamination, part of the plant is dug out in early spring and planted in a laboratory on specially

prepared soil. At the initial stage of flowering, cuttings are cut, sterilized, cut into single bud segments of shoots and planted in a nutrient medium of MS with the addition of 6BAP at a concentration of 2.0-5.0 mg / l. It should be noted that growing the mother plant in the laboratory made it possible to obtain a sterile culture with almost no problems, and all the planted buds turned into sprouts. If, in subsequent transitions, a bacterial infection occurred in the form of a cloudy white areola in the nutrient medium at the base of the explants, we immediately applied the following methods: sterilization with antiseptics, periodic cultivation of micro-plants in a nutrient medium supplemented with antibiotics.

To study the process of morphogenesis *in vitro*, segments of single-soil shoots, shoot tips and interarticular spaces were used as an explant, which were isolated from monthly microclonal plants grown in a non-hormonal environment under sterile conditions (table 1).

Table 1 – Optimization sterilizing agents and their concentrations

Sterilizing agents	Concentration	Time
Soapy water	-	30 min
Fungicide "Luna"	10%	3 hours
Calcium	11 %	30 min
Hypochlorite is a solution of hydrogen peroxide	3%	3 sec
Alcohol	90%	3 sec
Sterilizing agents	Concentration	time

The preparation of the plant material for sterilization consisted of the following stages: 1) the bulbs were washed in soapy water at room temperature for 30 minutes 2) the bulbs were placed for 3 hours in a solution of the fungicide "Luna" 3) after half an hour in a solution of calcium hypochlorite 4) before planting in the laminar flow box, it was kept for about 3 seconds in a solution of hydrogen peroxide, then in alcohol 90%-3 seconds.

The explants were placed in a nutrient medium supplemented with hormones (Table 2). After 30 days, the explants were transferred together with the extracted structures to a new hormone-free environment to determine regenerative capacity and obtain regenerants, where cultivation continued for another 25 days under optimal conditions.

Table 2 – Quantitative ratio of the nutrient medium depending on the hormonal composition

Components	Content Per 1 liter of distilled water
1	2
Macrosols KNO ₃ CaCl ₂ · 2H ₂ O NH ₄ NO ₃ MgSO ₄ · 4H ₂ O KH ₂ PO ₄	50 ml
Microsols H ₃ PO ₄ MnSO ₄ · 4H ₂ O ZnSO ₄ KI Na ₂ MoCl ₄ · 2H ₂ O CuSO ₄ · 5H ₂ O CoCl ₂ · 6H ₂ O	10 ml
Mesoinosite	0,1g
Glycine	0,0005g

1	2
Vitamin	0,5ml
IAA	0,1ml
6 BAP	0,5ml
Agar	8g
Sucrose	30g

During the first and second planting, the development of nodal segments and the growth of the resulting shoots were noted. In the nutrient medium with the addition of 6 BAP, the formation of lateral shoots from the lower axillary buds with the formation of microgrowths was observed.

Callus formation at the ends of nodal segments of plants was observed in 100% of explants in almost all experimental variants, with the exception of the variant with kinetin 5.0 mg/l. The calluses were 2-3 mm in diameter, brownish-green in color, dense, shiny. The formation of adventitious buds in the first pass was observed in media with the following hormones: 6 BAP 0.5 ml/l, IAA 0.1 ml/L. The number of buds in one explant varied from 1 to 2. Thus, it was found that additional cultivation of internodes with kidneys obtained during the first planting for 20 days in a non-hormonal environment practically does not affect the morphogenetic activity of explants. The formation of calluses was observed in all explants grown in media with the addition of 6 BAP 0.5 ml/l. As a result of the study, an effective method for obtaining a sterile culture of *Tulipa orthopoda* was proposed. The effect of a wide range of hormones on the processes of *Tulipa orthopoda* morphogenesis in tissue culture has been studied. This species is *Tulipa* L. It has a low proliferative and organogenic ability when using single-stem segments of shoots and internodes as an explant [17-20].

Tissue culture of *Tulipa bifloriformis*. In February, shoots of *Tulipa bifloriformis* were collected. To cause swelling of the kidneys, the sprout is placed in water and kept at 25°C, 2000-3000 lux illumination for 2-3 weeks. Then the parts of the sprout are cut off and sterilized with 0.1% diacid solution for 20-30 minutes. After sterilization was completed, the material was washed three times with autoclaved distilled water. Isolated pods with stem parts were placed in a laminar box in a medium containing 6 BAP at a concentration of 0.5-2 mg/l. The material was grown under 2000-3000 lux illumination, a photoperiod of 16 hours and a temperature of 25 ± 1 °C. Every two weeks, explants containing calluses were removed from necrotic areas and moved to a new medium of a similar composition. Two months after planting, many buds and calluses with shoots formed on the explants. The sprouts were grown in a nutrient medium with a low cytokinin content, and then transplanted into a non-hormonal medium.

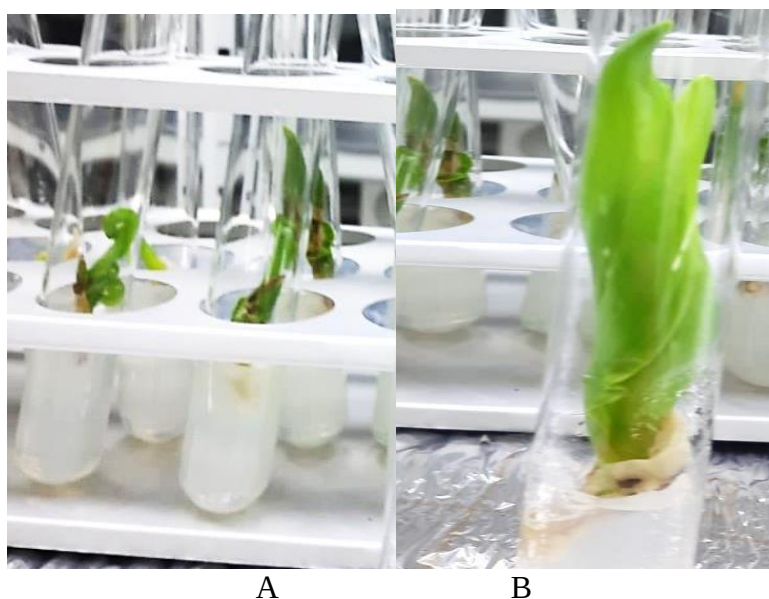


Figure 1 – Leaf sprouts sprouted from bulbous parts of tulip species using benzoaminopurine (0.5 mg/ l) (A), development of organogenesis ready for adaptation (B)

Micropropagation was performed using leaves and internodes as an explant. It was found that the regeneration of shoots occurs in a nutrient medium even in the absence of growth hormones in both types of explants studied. Induction of shoot formation occurs in 50% of leaves and 100% of internodes. However, two more plantings were carried out in a non-hormonal environment so that the resulting regenerants were suitable for transplanting into the soil according to morphological parameters.

Table 3 – Meffect of the hormonal composition of the nutrient medium on the organogenesis of leaves and internodes of *Tulipa bifloriformis*

Hormones – ml/l	Number of explants, %	
	With sprouts	
	<i>l</i>	<i>i</i>
Indolylacetic acid 0.1	15	43,5
BAP 0,5	85,4	83,9
BAP 0,5 + IAA 0,1	89,7	97,5
Kinetin 0,5	75,6	45,7

Explants: *l* – leaf, *i* – internodes

15 experimental variants of nutrient media were tested to increase the rate of reproduction (Table 3). Regenerating plants were obtained from internodes and leaves as a result of reproduction and subsequent regeneration of calluses. After 4 weeks of cultivation, a dense, shiny, yellow-green callus with internodes was formed in all experimental variants. In most of the media used, induction of adventitious kidneys was observed in the callus at the end of the first pass. The most intensive process of shoot formation in nodal intervals was observed in a medium with 0.5 ml/l. The number of random kidneys on the explant was 3-8. The formation of adventitious buds on callus in nutrient media containing only cytokinins occurred only in the second planting after growing callus in a non-hormonal environment. In these experimental versions, the ability of calluses to form growths was 80%, respectively. At the third stage, the transplantation of *Tulipa bifloriformis* microplants into the soil was studied. The plants have successfully adapted to the soil. Thus, as a result of studies of *Tulipa bifloriformis*, a sterile culture was obtained, optimal nutrient media for leaf and internode explants were selected, and a regeneration method was developed.

Conclusion. Studies conducted using methods of culturing cells and tissues of *Tulipa* L. have shown the possibility of preserving rare species. The low proliferative and organogenic ability of *Tulipa orthopoda* tissue culture was found when using interstitial spaces as explants. For this species, the most effective in vitro micropropagation method was recommended for reproduction by apical shoots, axillary buds from meristematic node tissues when grown in a non-hormonal environment. As a result of the work carried out, an effective method for obtaining a sterile culture of *Tulipa orthopoda* was proposed, a sterile culture was obtained, and a method for the regeneration of *Tulipa bifloriformis* was developed. For the latter, the optimal environment was chosen for each type of explant used at the breeding stage.

REFERENCES

- 1 Tolenova, A.D. Plant communities with the participation of *Tulipa tarda* Stapf. in Kazakhstan: floristic composition and analysis [Text]/ A.D.Tolenova, A.A.Ivaschenko, I.M.Moysiyenko// March 2021 DOI: 10.26577/EJE.2021.v66.i1.06
- 2 Christenhusz, M.J. Tiptoe through the tulips-cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae) [Text] / M.J. Christenhusz, R.Govaerts, J.C.David, T.Hall, K. Borland, P.S.Roberts, M.F. Fay// Botanical journal of the Linnean Society 172: 2013.-280–328. <https://doi.org/10.1111/boj.12061>.
- 3 Аралбаев, Н.К. Красная книга: Дикорастущие редкие и исчезающие виды растений [Текст] / Н.К.Аралбаев, Н.К.Жапарова, Г.М.Кудабаева, М.П.Данилов, П.В.Веселова, Р.О.Закирова // Книга вторая. - Алматы, 2002. -148 с.

- 4 Botschantzeva, Z.P. Tulips: Taxonomy, Morphology, Cytology, Phytogeography and Physiology. Translated and edited by H.Q. Varekamp [Text] / Z.P. Botschantzeva // Institute for Horticultural Plant Breeding. A.A. Balkema, Rotterdam, 1982. - 230 pp https://www.si.edu/object/siris_sil_149573.
- 5 Marasek, A. «Analysis of introgression of the Tulipa fosteriana genome into Tulipa gesneriana using GISH and FISH» [Text] / Marasek, Agnieszka и Keiichi Okazaki // Euphytica 160(2): 217–30. 2008. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9539-7>.
- 6 Shukrullozoda, R.Sh. Vegetative and seed reproduction of tulips to preserve flora biodiversity [Text] / R.Sh.Shukrullozoda // 1st international conference: Conservation of Eurasian biodiversity: contemporary problems, solutions and perspectives. Part II. 15-17 may, 2023, Andijan State University, Andijan, Uzbekistan. 2023. – 71-73 p.
- 7 Shukrullo qizi, S R. Morphology and distribution patterns of Tulipa fosteriana and Tulipa ingens [Text] / S. R. Shukrullo qizi, D. D. Burxonovich, K.Ky Kudratovich, K. B. Esanovich, T.K.Sharobitdinovich // Plant Science Today.; 10 (2): 2023. - 426–438. <https://doi.org/10.14719/pst.2296>
- 8 Apushev, A.K. Biomorphological analysis of tulip varieties on substrates in covered ground in Turkestan [Text] / A.K. Apushev, B.Yu.Yusupov, N. Salybekova, A.Mamadaliev // Journal of Human, Earth, and Future. 4, V 2, 2023. - P. 207 – 220,. DOI: 10.28991/HEF-2023-04-02-06.
- 9 Apushev, A. Preliminary results of the introduction of wild tulip species in the soil and climatic conditions of Turkestan [Text] / A. Apushev, B.Yusupov, B.Toizhigitova, A. Mamadaliev, A.Mambaeva // Kazakh National Agrarian Research University. Research, results, scientific journal. №4(100) 2023, p. 120-129. N 4(100)2023, ISSN 2304-3334. <https://doi.org/10.37884/4-2023/14>
- 10 Murashige, T. Clonal crops through tissue culture [Text] / T. Murashige // In Plant Tissue Cult, and Its Biotechnol. Appl., B. etc.: Spring. –Verl.-1977.-P.392-403.
- 11 Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures [Text] / T.Murashige, F.Skoog // Physiol. Plant. 15: 4731962 -497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
- 12 Podwyszynska, M. «Endogenous cytokinin dynamics in micropropagated tulips during bulb formation process influenced by TDZ and iP pretreatment» [Text] / Malgorzata Podwyszynska, Novák Ondřej, Doležal Karel, Strnad Miroslav // Plant Cell, Tissue and Organ Culture 119(2): 2014.-331–46. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0537-x>.
- 13 Wright, N.A. The growth of tulip tissue [Text] / N.A.Wright, P.G.Alderson//Acta Horticulturae 109, 1980, p-263-270.
- 14 Wilson, B. Tulipa: the taxonomy and evolutionary history of the genus and its impact on conservation priorities in Central Asia (Doctoral dissertation, University of Cambridge). -2023. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02165-z>
- 15 Shukrullozoda, R. Optimization of sterilization process and culture medium for the micropropagation of Tulipa fosteriana and Tulipa ingens/ R.Shukrullozoda, D.Dekhonov, X.Khaydarov // Scientific bulletin of Namangan state university. №8, 2022. p. 103-110.
- 16 Maslanka, Induction of bulb organogenesis in in vitro cultures of tarda tulip (Tulipa tarda Stapf.) from seed-derived explants / M. Maslanka, A. Bach // In Vitro Cell Dev Biol Plant, 2014. 50:712–721. doi: 10.1007/s11627-014-9641-1
- 17 Maslanka, M. The effect of abscisic acid, ethylene and inhibitors of their biosynthesis (Fluridone and salicylic acid) on somatic embryos conversion in tulips/ M.Maslanka, A. Bach// Ecological Chemistry and Engineering, 2010. 17:1135–1139
- 18 Minas, G.J. In vitro propagation of Akama Tulip via adventitious organogenesis from bulb slices. Acta Horticulturae. 313-316. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.755.40
- 19 Podwyszynska, M. Formation of tulips bulbs in vitro/ M.Podwyszynska, H.Ross // Acta Horticulturae 616(616):413-419. DOI: 10.17660/ActaHortic.2003.616.62
- 20 Rocha, D.I. Alternative induction of de novo shoot organogenesis or somatic embryogenesis from in vitro cultures of mature zygotic embryos of passion fruit 120 (Passiflora edulis Sims) is modulated by the ratio between auxin and cytokinin in the medium / D.I.Rocha, C.C.Monte-Bello, M.C. Dornelas // Plant Cell Tissue and organ culture. – 2015. – Vol. 120. – P. 1087-1098.

ТҮЙІН

Зерттеу жұмысы ұлпа дақылы әдісін қолдана отырып, *Tulipa L.* түрлерінің сирек кездесетін және жойылу қаупі бар түрлерін сақтап қалу мәселесіне арналды. Қызғалдақ - бұл бүкіл әлемде сәндік құндылығы жоғары пиязшық тәрізді геофиттер. Бұл түрге антропогендік әсер жабайы қызғалдақтардың популяциясының азаюына әкелді. *Tulipa L.* экспланттарының *in vitro* морфогенезіне қоректік ортаның гормондық құрамының әсерін зерттеу нәтижелері берілген. Стерильді культураға енгізу кезеңінде бастапқы эксплант ретінде ересек өсімдіктердің бір бүршікті түйінді сегменттері пайдаланылды, микрокөбейту кезеңінде бір айлық микроөсімдіктердің түйін аралықтары және жапырақтары пайдаланылды. Зерттеу стерилизациялық өсімдік материалдарын, қоректік орталарды оңтайландыруды және таңдалған таксондардың баданалары мен тұқымдарын пайдалану арқылы жаңадан қалпына келтірілген өсімдіктерді бейімдеуді ұсынады.

Модификацияланған Мурасига-скуга қоректік ортасында, каллустың түзілуінен өсіп шыққан өскіндердің микрожапырақтары мен түйінаралықтары қараңғыда өсірілді. Зерттеу барысында ересек табиғи өсімдіктің пиязшықтарының кесінділері қолданылды. Зарарсыздандыру әдісі кешенді химиялық өңдеулер арқылы жүргізілді. Фунгицидтік, бактерицидтік процестерден тұратын стерилдеудің тиімділігі экспланттардың стерилдеуден кейінгі өміршендігімен анықталды. Атап айтар болсақ, жай сабындық жуудан бастап этанолмен өңдеу экспланттардың өміршендігін айтарлықтай арттырды. Сонымен қатар, зерттеу өскіннің морфологиялық көрсеткіштерін дамытумен қатар, өсіруден кейінгі өміршендік деңгейі байқалған *in vitro* өсіру нәтижелерін зерттейді.

РЕЗЮМЕ

Исследовательская работа посвящена проблеме сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов *Tulipa L.* с использованием метода культивирования тканей. Тюльпаны-луковичные геофиты, имеющие высокую декоративную ценность во всем мире. Антропогенное воздействие на этот вид привело к сокращению популяции диких тюльпанов. В работе представлены результаты исследования влияния гормонального состава питательной среды на морфогенез эксплантатов *Tulipa L. in vitro*. В период введения в стерильную культуру в качестве первичного эксплантата использовались однопочвенные узловые сегменты взрослых растений, в период микроразмножения использовались междоузлия и листья одномесячных эксплантов. Исследование предлагает оптимизацию стерилизационных растительных материалов, питательных сред и адаптацию вновь восстановленных растений с использованием луковиц и семян выбранных таксонов.

В модифицированной питательной среде Мурасига-Скуга микролистья и междоузлия побегов, образовавшиеся из каллусов, были выращены в темноте. В исследовании использовались черенки луковиц взрослого растения. Метод обеззараживания проводился с помощью комплексной химической обработки. Эффективность стерилизации, состоящей из фунгицидных, бактерицидных процессов, определялась жизнеспособностью эксплантатов после стерилизации. Примечательно, что обработка этанолом, начиная с простой мыльной промывки, значительно повысила жизнеспособность эксплантатов. Кроме того, в исследовании изучаются результаты культивирования *in vitro*, в которых наблюдался уровень жизнеспособности после культивирования, а также развитие морфологических показателей прорастания.

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14870298).

УДК 633.111.1:631.559.2:575.167(574.2)
МРНТИ 68.35.03,68.35.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-97-110

Хусаинов А.Т., доктор биологических наук, профессор, **основной автор,** <https://orcid.org/0000-0001-6328-4133>

НАО «Кокшетауский университет имени Шокана Уалиханова», г. Кокшетау, ул. Абая 76, 020000, Казахстан, abil_tokan@mail.ru

Айдарбекова Т.Ж., докторант специальности «Агрономия», <https://orcid.org/0000-0001-9486-6734>

НАО «Кокшетауский университет имени Шокана Уалиханова», г. Кокшетау, ул. Абая 76, 020000, Казахстан, aidarbekova_t@mail.ru

Боме Н.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, РФ, ул. Володарского, 6

Сыздыкова Г.Т., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-3511-8311>

НАО «Кокшетауский университет имени Шокана Уалиханова», г. Кокшетау, ул. Абая 76, 020000, Казахстан, syzdykova_1956@mail.ru

Khussainov A. T., Doctor of Biological Sciences, Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0001-6328-4133>

NPJSC «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, Abay str. 020000, Kazakhstan, abil_tokan@mail.ru

Aidarbekova T. Zh., doctoral student, specialty «Agronomy», <https://orcid.org/0000-0001-9486-6734>

NPJSC «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, Abay str. 76, 020000, Kazakhstan, aidarbekova_t@mail.ru

Boma N. A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Tyumen State University, Tyumen, Russia, Volodarsky str., 6 bomena@mail.ru

Syzdykova G. T., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3511-8311>

NPJSC «Kokshetau University named after Shokan Ualikhanov», Kokshetau, Abay str. 76, 020000, Kazakhstan, syzdykova_1956@mail.ru

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
(*Triticum aestivum* L.) ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА
ОБЫКНОВЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА
YIELD AND GRAIN QUALITY OF SPRING SOFT WHEAT (*Triticum aestivum* L.) LINES
UNDER DIFFERENT LEVELS OF MINERAL NUTRITION ON THE ORDINARY
CHERNOZEM SOIL IN NORTHERN KAZAKHSTAN**

Аннотация

В данной статье приводятся результаты исследования урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы при разных уровнях минерального питания на черноземе обыкновенном Северного Казахстана.

Опыты закладывали в ТОО «Кокшетауское опытно-производственное хозяйство» в 2021-2022 гг. Изучали 9 линий яровой мягкой пшеницы среднеранней группы спелости.

Результаты исследования показали, что на фоне без применения минеральных удобрений существенную прибавку урожая зерна обеспечивают линии Эритроспермум 738 сп2/09 – 7,3%, Лютесценс 821 сп2/08 – 16,2%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 18%, Лютесценс 814 сп2/09 – 34,8 %, Лютесценс 1148 сп2/09 – 38,2 % по сравнению с стандартом Омская 36; на фоне ½ расчетной дозы удобрений - линии Лютесценс 821 сп2/08 – 8,1%, Эритроспермум 738 сп2/09 – 11,3%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,3%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 34,1% и Лютесценс 814 сп2/09 – 35,1% и на фоне полной расчетной дозы удобрений - Лютесценс 857 сп2/05 – 10,5%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,2%, Лютесценс 821 сп2/08 – 13,5 %, Эритроспермум 738 сп2/09 – 27,9 % и Лютесценс 814 сп2/09 – 35,8 % по сравнению со стандартом. На всех уровнях минерального питания максимальную прибавку урожая обеспечила линия Лютесценс 715 сп2/04, которая составила 66,3%, 58,8% и 44,5% по сравнению со стандартом соответственно.

Применение минеральных удобрений в ½ и полной расчетной дозах способствовали улучшению технологических качеств зерна по следующим показателям: по массе 1000 зерен Лютесценс 1143 сп2/09, Лютесценс 715 сп2/04, Лютесценс 783 сп2/07; по натуре зерна - Лютесценс 783, Эритроспермум 738 сп2/09; Лютесценс 821 сп2/08, Лютесценс 814 сп2/09,

Лютесценс 715 сп2/04 , Эритроспермум 738 сп2/09; по содержанию клейковины - Лютесценс 1143 сп2/09, Лютесценс 1206 сп2/19 и Лютесценс 814 сп2/09; Лютесценс 814 сп2/09, Эритроспермум 738, Лютесценс 1148 сп2/09 и Лютесценс 1143 сп2/09; по содержанию сырого протеина - Лютесценс 1206 сп2/19, Лютесценс 814 сп2/09 и Лютесценс 1143 сп2/09; Лютесценс 1206, Лютесценс 814 сп2/09, Лютесценс 1148 сп2/09.

ANNOTATION

This article presents the results of a study on the yield and grain quality of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) under different levels of mineral nutrition on the ordinary chernozem soil in Northern Kazakhstan.

The experiments were conducted at the LLP «Kokshetau Experimental and Production Farm» in 2021-2022. The study included 9 lines of spring soft wheat of the mid-early maturity group.

The results of the study showed that, in the absence of mineral fertilizers, significant grain yield increases were observed in the lines Erythrosperrum 738 sp2/09 (7,3%), Lutescens 821 sp2/08 (16,2%), Lutescens 1143 sp2/09 (18%), Lutescens 814 sp2/09 (34,8%), and Lutescens 1148 sp2/09 (38,2%) compared to the standard Omskaya 36. At half of the calculated fertilizer dose, the yield increases were observed in the lines Lutescens 821 sp2/08 (8,1%), Erythrosperrum 738 sp2/09 (11,3%), Lutescens 1143 sp2/09 (12,3%), Lutescens 1148 sp2/09 (34,1%), and Lutescens 814 sp2/09 (35,1%). At the full calculated dose of fertilizers, the yield increases were observed in the lines Lutescens 857 sp2/05 (10,5%), Lutescens 1143 sp2/09 (12,2%), Lutescens 821 sp2/08 (13,5%), Erythrosperrum 738 sp2/09 (27,9%), and Lutescens 814 sp2/09 (35,8%) compared to the standard. At all levels of mineral nutrition, the maximum yield increase was achieved by the line Lutescens 715 sp2/04, with increases of 66,3%, 58,8%, and 44,5% compared to the standard, respectively.

The application of mineral fertilizers at $\frac{1}{2}$ and full calculated doses contributed to the improvement of grain technological qualities by the following indicators: in terms of the 1000-kernel weight for Lutescens 1143 sp2/09, Lutescens 715 sp2/04, Lutescens 783 sp2/07; in terms of grain **type** for Lutescens 783, Erythrosperrum 738 sp2/09, Lutescens 821 sp2/08, Lutescens 814 sp2/09, Lutescens 715 sp2/04, Erythrosperrum 738 sp2/09; in terms of gluten content for Lutescens 1143 sp2/09, Lutescens 1206 sp2/19, Lutescens 814 sp2/09, Lutescens 814 sp2/09, Erythrosperrum 738, Lutescens 1148 sp2/09, and Lutescens 1143 sp2/09; and in terms of crude protein content for Lutescens 1206 sp2/19, Lutescens 814 sp2/09, Lutescens 1143 sp2/09, Lutescens 1206, Lutescens 814 sp2/09, and Lutescens 1148 sp2/09.

Ключевые слова: яровая пшеница, среднеранние линии, удобрение, урожайность, клейковина, масса 1000 зерен, натура зерна.

Key words: spring wheat, mid-early maturity lines, fertilizer, yield, gluten, 1000-kernel weight, grain type.

Введение. Увеличение объемов производства зерна в значительной степени зависит от применения современных агротехнологий, включая использование новых высокоурожайных сортов, адаптивных к конкретным природно-климатическим условиям. Важным фактором формирования урожая также является обеспечение оптимальных условий питания растений. Только при совместном использовании высокоурожайных сортов и интенсивных технологий можно достичь высоких показателей урожайности и качества зерна [1, с. 81-84; 2].

На формирование урожая зерновых культур огромное влияние оказывают агроклиматические условия [3]. В задачу селекционера входит подбор сорта, обеспечивающим получение высокого урожая и качества зерна в конкретных биоклиматических условиях [4].

Основным показателем качества зерна пшеницы является содержание клейковины в ней, от которой зависит сила муки [5]. Погодные условия и питательный режим оказывают большое влияние на качество зерна яровой пшеницы [6]. Так, Мальцева Л.Т и Филипова Е.А (2011) отмечают, что в засушливых условиях наблюдается сокращение продолжительности длины вегетационного периода и повышение содержания клейковины в зерне пшеницы [6, с. 6-9].

Olgun M. и другие (2023) указывают, что содержание белка, масса 1000 зерен, натура зерна в сильной степени зависят от температуры воздуха [7]. А натура зерна яровой пшеницы формируется за счет крупности, выравненности и плотности зерновок. Засуха, ливни и другие

абиотические факторы в фазе молочно-восковой спелости яровой пшеницы отражаются на натуре зерна. Недостаток азотного питания растений, а также избыточное увлажнение в период налива зерна может резко снизить стекловидность. Но, на формирование клейковины в зерне существенное влияние оказывает генотип сортов [8]. Установлено, что низкая влажность и высокая температура воздуха, недостаток влаги в почве в период вегетации пшеницы повышают содержание белка в зерне по сравнению с более влажным вегетационным периодом [9].

Значительное повышение урожайности яровой пшеницы может быть достигнуто при внесении оптимальных доз удобрений [10]. Содержание белка в зерне можно улучшить за счет оптимизации условий азотного питания [9, с. 753-761]. В опытах Логинова Ю. П., Казак А.А., Плотникова Д.В. (2019) применение минеральных удобрений на планируемую урожайность позволило получить прибавку 1,31 т/га, что выше контроля. В условиях рыночной экономики важно получить высокую урожайность в сочетании с хорошим качеством зерна [11].

Экспериментальные данные Sultanov F.S. и др. (2019) подтвердили, что минеральные удобрения оказывают существенное влияние на рост и развитие растений, на составляющие урожая - количество продуктивных стеблей, число зерен в колосе, массу 1000 зерен. Внесение удобрений из расчета на планируемую урожайность 4,0 т/га обеспечивает максимальную производительность 3,43 т/га зерна хорошего качества с содержанием сырого протеина 15,9 % и клейковины 35,0% [12]

Szmigiel, A. и др. (2016) отмечают, что применение дозы азотного удобрения в пределах 56-92 кг/га действующего вещества способствовало повышению фитомассы пшеницы до 72-123 кг/га, но снижало показатели формирования генеративных органов пшеницы [13].

В исследованиях Артемьева А.А., Гурьянова А.М. применение удобрений оказало положительное влияние на массу 1000 зерен, коэффициент продуктивной кустистости, высоту растений и длину колоса. Размах варьирования урожайности сортов яровой пшеницы составил 1,27 т/га при величине коэффициента вариации 18,5 %. В контроле они составили 0,45 т/га и 23,3 % соответственно. В варианте с традиционной технологией применения удобрений размах варьирования составил 0,71 т/га, при дифференцированном внесении удобрений – 0,63 т/га [14].

Самый высокий уровень рентабельности (92,3 %) отмечен в варианте с внесением только азота из расчета 30 кг действующего вещества на 1 га. Использование комплексных минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{45}K_{45}$ экономический целесообразно при получении валового сбора зерна в объеме, окупающем вложенные производственные затраты [15].

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2021-2022 гг. по паровому предшественнику на полях ТОО «Кокшетауское опытно-производственное хозяйство» (с. Шагалалы) Зерендинского района в условиях Северного Казахстана.

Опыт закладывался по следующей схеме: 1. Омская 36 – стандарт, 2. Эритроспермум 738 сп2/09, Лютесценс 814 сп2/09, Лютесценс 1148 сп2/09, Лютесценс 857 сп2/05, Лютесценс 857 сп2/19, Лютесценс 1143 сп2/09, Лютесценс 783 сп2/07, Лютесценс 821 сп2/08, Лютесценс 715 сп2/04.

Линии изучались по трем фонов: 1 – без удобрений, 2 – $\frac{1}{2}$ расчетной дозы, 3 – полная расчетная доза.

Материалом исследования послужили линий яровой мягкой пшеницы среднеранней группы спелости из трех селекционных центров Казахстана: НИИ земледелия и растениеводства, Павлодарская СХОС и НПЦЗХ им. А.И. Бараева. Стандартом для среднеранней группы служил сорт Омская 36.

При планируемой урожайности зерна 2,5 т/га $\frac{1}{2}$ расчетной дозы составила $N_{31}P_{33}$, полная расчетная доза - $N_{62}P_{66}$; вносились аммиачная селитра и двойной гранулированный суперфосфат.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный, средне гумусный, маломощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса 4,01 %, pH – 7,1. Обеспеченность почвы нитратным азотом средняя — 9,3 мг/кг почвы, подвижным фосфором низкая — 4,0 мг/кг почвы, калием высокая — 360 мг/кг почвы.

Перед посевом на опытном поле отбирались почвенные пробы на глубине 0-40см по общепринятой методике. В почвенных образцах определяли: гумус по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [16]; pH водной вытяжки потенциометрическим методом [16, с.

26-31]; нитратный азот дисульфобензидовым методом по Грандваль-Ляжу [17], подвижный фосфор и обменный калий по методу Б.П. Мачигина [18].

Площадь учетной площадки составила 20 м², общая площадь – 25 м². Повторность – 4-х кратная. Варианты размещались систематизировано. Посев проводили 22-23 мая, норма высева – 3,0 млн всхожих семян на 1 га, сеялкой СЗС – 2,1.

Учеты и наблюдения за растениями проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [19], а также согласно методическим указаниям по учету и контролю за посевными качествами семян по ГОСТу 12038-84 [20]. Показатели качества зерна оценивали по массе 1000 зерен – ГОСТ 12042-80 [21]; натуре зерна – ГОСТ 12840-64 [22], содержание и качество клейковины определяли в соответствии с Межгосударственным стандартом «Методы определения количества и качества клейковины в пшенице» - ГОСТ 13586.1-68 [23], содержание сырого протеина в зерне определяли в Аналитическом центре по определению качества почвы и растениеводческой продукции ТОО «НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева» (Лаборатория биохимии и технологии качества) по методу Кьельдаля [24].

Уборку урожая проводили в фазе полной спелости зерна комбайном «Wintersteiger» сплошным методом. Урожай зерна приводили к среднему стандарту, 14% влажности и 100 % чистоте.

Для оценки метеорологических условий использовали данные по количеству выпавших осадков и температурному режиму в сравнении со среднееголетними данными (ГМС «Шагалалы»).

Экспериментальные данные были проанализированы в программе Microsoft Excel, AgStat (<http://www.agstat.com/>). По результатам дисперсионного анализа рассчитывали наименьшую существенную разность ($НСР_{0,05}$), а также вычисляли средние ($\bar{M}$), коэффициенты вариации (C_v) и корреляции (r) по Б.А. Доспехову [25].

Изучены продолжительность вегетационного периода, рассчитан гидротермический коэффициент по Силянинову, урожайность и элементы его структуры.

Метеорологические условия в годы исследования отличались по количеству выпавших осадков и температурному режиму, что повлияло на продолжительность межфазных периодов и вегетационного периода в целом. Создавшиеся метеорологические условия оказали существенное влияние и на формирование основных элементов структуры урожайности. Так гидротермический коэффициент в среднем за вегетационный период 2021 году равнялась 0,4 это почти в два раза меньше, чем среднее многолетних данных - ГТК=0,9 (рисунок 1).

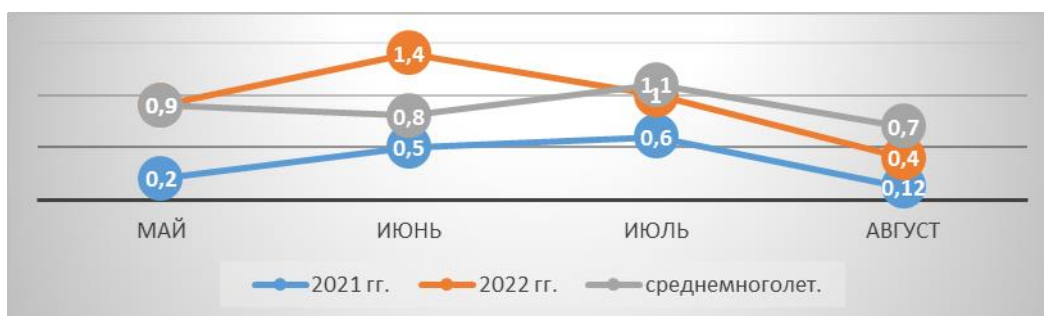


Рисунок 1 – Гидротермический коэффициент (ГТК) по данным ГМС «Шагалалы»

2021 году май месяц был очень засушливый ГТК равен 0,2, тогда как 2022 году и среднее многолетние данные ГТК составили 0,9. Создавшиеся метеорологические условия сильно повлияли на полевую всхожесть и дружность появления всходов у линии яровой мягкой пшеницы.

В июне месяце 2021 году также наблюдалась засуха, особенно в первой и второй декаде при этом значение ГТК равно 0,5, это на 0,9 единиц меньше, чем 2022 году. Влагообеспечение в июне 2022 года (ГТК=1,4) положительно сказалось на прохождении межфазного периода «кущение-выход в трубку», значение среднееголетних данных ГТК равно – 0,8.

Июль месяц в годы исследования также отличался. Так в 2021 году ГТК равен 0,6 что на 0,4-0,5 единиц ниже в сравнение с 2022 годом и со среднееголетними данными. В августе

месяце 2021-2022 году гидротермический коэффициент составил 0,12-0,4, это меньше, чем среднегодовое значение на 0,58-0,3 единицы (рисунок 1).

Результаты и их обсуждение. В варианте, где минеральные удобрения не вносились в годы исследования (2021-2022 гг.) масса 1000 зерен у линий яровой мягкой пшеницы находилась в пределах 32,8-40,9 г, среднее значение ее равнялась 36,7 г; максимальная масса 1000 зерен установлена у линий Лютесценс 1143 сп2/09 – 40,9 г; Лютесценс 715 сп2/04 – 39,1 г и Лютесценс 783 сп2/07 – 38,2 г. Натура зерна колебалась в пределах 715-792 г/л и в среднем составила 768 г/л. Высокой натурой зерна отличались линии Лютесценс 715 сп2/04 – 792 г/л, Лютесценс 821 сп2/08 – 790 г/л и Эритроспермум 738 сп2/09 – 781 г/л. По содержанию клейковины исследуемые линии относятся к 1 классу качества зерна: в среднем составляет – 32%. Максимально высокое содержание клейковины установлено у линий Лютесценс 715 сп2/04 – 34,2%, Эритроспермум 738 сп2/09 – 33,8% и Лютесценс 814 сп2/09 – 33,2%. Они отличались и высоким содержанием сырого протеина в зерне: в среднем 16,4%. Максимальное содержание сырого протеина отмечено у линий Лютесценс 715 сп2/04 и Лютесценс 814 сп2/09 – 17,3 %.

Таблица 1 – Технологические показатели качества зерна линий яровой мягкой пшеницы при разных уровнях минерального питания, среднее за 2021-2022 гг.

Сорт, линия	Масса 1000 семян, г	Натура зерна, г/л	Клейковина, %	Сырой протеин, %	ИДК*
1	2	3	4	5	6
Без удобрений					
Омская 36 ст-т	35,5	715	31,0	15,96	83,3
Эритроспермум 738 сп2/09	35,0	781	33,8	16,84	82,6
Лютесценс 814 сп2/09	37,4	776	33,2	17,34	71,5
Лютесценс 1148 сп2/09	35,7	761	31,7	16,61	78,5
Лютесценс 857 сп2/05	37,1	764	29,7	15,02	76,7
Лютесценс 1206 сп2/19	32,8	762	32,1	16,84	74,3
Лютесценс 1143 сп2/09	40,9	775	32,7	16,21	86,1
Лютесценс 783 сп2/07	38,2	763	31,2	15,82	84,7
Лютесценс 821 сп2/08	35,7	790	30,0	15,74	79,1
Лютесценс 715 сп2/04	39,1	792	34,2	17,34	73,1
Среднее значение	36,7	768	32,0	16,37	79,0
Lim (лимит)	32,8-40,9	715-792	29,7-34,2	15,02-17,34	71,5-86,1
R (размах)	8,1	77	4,5	2,32	14,6
Фон - ½ расчетной дозы					
Омская 36 ст-т	36,7	764	33,1	17,05	79,6
Эритроспермум 738 сп2/09	36,8	791	34,0	17,34	77,3
Лютесценс 814 сп2/09	38,6	788	34,3	17,92	61,3
Лютесценс 1148 сп2/09	38,0	785	33,9	17,71	86,6
Лютесценс 857 сп2/05	37,8	765	33,5	17,49	65,9
Лютесценс 1206 сп2/09	39,0	764	34,4	17,92	63,5
Лютесценс 1143 сп2/09	40,6	788	35,4	17,78	81,9
Лютесценс 783 сп2/07	39,2	821	32,6	16,90	59,5
Лютесценс 821 сп2/08	37,1	789	33,3	16,94	79,1
Лютесценс 715 сп2/04	39,7	789	34,9	17,63	75,9
Среднее значение	38,4	784	33,94	17,47	73,1
Lim (лимит)	36,7-40,6	764-821	32,6-35,4	16,90-17,92	59,5-86,6
R (размах)	3,9	57	2,8	1,02	27,1

1	2	3	4	5	6
Фон – полная расчетная доза					
Омская 36 ст-т	37,2	763	33,0	17,49	83,2
Эритроспермум 738 сп2/09	37,8	790	35,5	18,14	74,8
Лютесценс 814 сп2/09	38,0	793	36,6	18,72	62,4
Лютесценс 1148 сп2/09	37,6	786	35,5	18,36	87,9
Лютесценс 857 сп2/05	38,1	773	33,5	17,78	79,1
Лютесценс 1206 сп2/19	34,3	771	36,7	18,94	73,0
Лютесценс 1143 сп2/09	40,1	785	35,4	18,21	85,7
Лютесценс 783 сп2/07	39,7	780	33,2	17,12	85,0
Лютесценс 821 сп2/08	37,2	793	33,5	17,49	78,0
Лютесценс 715 сп2/04	39,7	791	34,5	17,56	74,3
Среднее значение	38,0	782,5	34,7	17,98	78,34
Lim (лимит)	34,3-40,1	763-793	33,0-36,7	17,12-18,94	62,4-87,9
R (размах)	5,8	30	3,7	1,82	25,5

*ИДК – индекс деформации клейковины

По индексу деформации клейковины линий Лютесценс 814 сп2/09, Лютесценс 857 сп2/05, Лютесценс 1206 сп2/19 и Лютесценс 715 сп2/04 – относятся к хорошему значению; остальные исследуемые линии – к удовлетворительно слабому индексу (таблица 1).

Внесение $\frac{1}{2}$ расчетной дозы минеральных удобрений оказало положительное влияние на технологические качества зерна у линий яровой мягкой пшеницы. На данном фоне масса 1000 зерен, варьировала от 36,7 до 40,6 г/л, в среднем равна – 38,4 г/л. Высокой массой 1000 зерен отличались линии Лютесценс 1143 сп2/09 – 40,6 г/л, Лютесценс 715 сп2/04 – 39,7 г/л, Лютесценс 783 сп2/07 – 39,2 г/л, Лютесценс 1206 сп2/19 – 39,0 г/л. Натура зерна колебалась в пределах 764-821 г/л, в среднем составила 784 г/л. Наибольшая натура установлена у линий Лютесценс 783 сп2/07 – 821 г/л и Эритроспермум 738 сп2/09 – 791 г/л. Содержание клейковины составляет в пределах 32,6-35,4% – в среднем 33,9%, это относится к 1 классу качеству зерна. Наиболее высоким качеством по данному показателю обладают линии Лютесценс 1143 сп2/09 – 35,4%, Лютесценс 1206 сп2/09 – 34,4% и Лютесценс 814 сп2/09 – 34,3%. Содержание сырого протеина варьирует в пределах 16,9-17,9 % и в среднем составляет 17,5%. Наиболее высокое содержание сырого протеина установлено у линии Лютесценс 1206 сп2/09, Лютесценс 814 сп2/09 – 17,9% и Лютесценс 1143 сп2/09 – 17,8%. По индексу деформации клейковины (ИДК) в среднем относится к хорошему показателю, но линии Лютесценс 1148 сп2/09, Лютесценс 1143 сп2/07, Омская 36, Лютесценс 821 сп2/08 удовлетворительно слабо деформированы: ИДК составил соответственно – 86,6, 81,9, 79,6 и 79,1 (таблица 1).

На фоне полной расчетной дозы внесения минеральных удобрений масса 1000 зерен составила в пределах 34,3-40,1 г, в среднем – 38,0 г. Наиболее высокая масса 1000 зерен отмечена у линий Лютесценс 1143 сп2/09 – 40,1 г, Лютесценс 783 сп2/07 и Лютесценс 715 сп2/04 – 39,7 г. Натура зерна колебалась в пределах 763-793 г/л и в среднем составила 782,5 г/л; наиболее высокой натурой обладали линии Лютесценс 821 сп2/08, Лютесценс 814 сп2/09 – 793 г/л, Лютесценс 715 сп2/04 – 791 г/л и Эритроспермум 738 сп2/09 – 790 г/л. Содержание клейковины, в зависимости от линии составила 33,0 - 36,7%, среднее значение ее 34,7 %, что относится к 1 классу качества зерна. Высоким содержанием клейковины отличились линии Лютесценс 814 сп2/09 – 36,6%; Эритроспермум 738 сп2/09 и Лютесценс 1148 сп2/09 – 35,5% и Лютесценс 1143 сп2/09 – 35,4%. Содержание сырого протеина составило в пределах 17,1 - 18,9%, в среднем – 18,0%. Наиболее высоким содержанием сырого протеина отмечались линии Лютесценс 1206 - 18,9%, Лютесценс 814 сп2/09 – 18,7 % и Лютесценс 1148 сп2/09 – 18,4 %. По показателям ИДК, в среднем относится к удовлетворительно слабо деформированы – 78,3, но на линиях Лютесценс 715 сп2/04, Лютесценс 857 сп2/05, Эритроспермум 738 сп2/09 и Лютесценс 814 сп2/09 ИДК составляет в пределах 62,4 - 74,8, что относится к хорошему показателю по ИДК (таблица 1). Исследования показали, что уровень минерального питания положительно влияет на технологические качества зерна линий яровой мягкой пшеницы. Так

масса 1000 зерен на фоне – без удобрений в среднем составила 36,7 г, на фоне – $\frac{1}{2}$ расчетной дозы 38,4 г и на фоне – полная расчетная доза 38,0 г, то есть на удобренных фонах она была выше на 3,5-4,6 %, по сравнению с неудобренным фоном. Натура зерна по указанным фонам составила соответственно 768, 784 и 782,5 г/л. И здесь на удобренных фонах натура зерна была выше на 1,9-2,1%. Содержание клейковины по фонам составило соответственно 32 %, 34,7% и 33,9%; на удобренных фонах она была выше на 5,9-8,4%. Количество сырого протеина составило соответственно 16,4%, 17,5% и 18,0%, что выше неудобренного фона на 6,7-9,8%. Показатели ИДК составили соответственно 79,0 73,1 78,3, то есть на удобренных фонах степень деформации клейковины снижается на 0,7-5,9 показателя.

Урожайность сорта Омская 36 (стандарт) в среднем за 2 года на фоне без удобрений составила 1,78 т/га. Урожайность исследуемых линий яровой мягкой пшеницы колебалась в пределах: 1,24 - 2,96 т/га. Существенные прибавки урожая дали линии Эритроспермум 738 сп2/09 – 7,3%, Лютесценс 821 сп2/08 – 16,2 %, Лютесценс 1143 сп2/09 – 18%, Лютесценс 814 сп2/09 – 34,8%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 38,2% по сравнению с контролем. Максимальную прибавку урожая – 66,3% обеспечила линия Лютесценс 715 сп2/04 (таблица 2).

На фоне $\frac{1}{2}$ расчетной дозы урожайность зерна яровой пшеницы Омская 36 (стандарт) была выше нулевого фона и составила 2,11 т/га. Урожайность исследуемых линий колебалась от 1,65-3,35 т/га. Существенную прибавку урожая обеспечили линии Лютесценс 821 сп2/08 – 8,1%, Эритроспермум 738 сп2/09 – 11,3%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,3%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 34,1% и Лютесценс 814 сп2/09 – 35,1% по сравнению со стандартом. Максимальная прибавка урожая также получена от линии Лютесценс 715 сп2/04 – 58,8%.

На фоне полной расчетной дозы урожайность зерна яровой пшеницы сорта Омская 36 составила 2,29 т/га. Линии яровой пшеницы дали урожайность в пределах 1,98-3,31 т/га. Существенную прибавку урожая обеспечили линии Лютесценс 857 сп2/05 – 10,5%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,2 %, Лютесценс 821 сп2/08 – 13,5%, Эритроспермум 738 сп2/09 – 27,9% и Лютесценс 814 сп2/09 – 35,8 % по сравнению со стандартом. Максимальную прибавку урожая получили от линии Лютесценс 715 сп2/04 – 44,5%.

Таблица 2 – Урожайность зерна у линии яровой мягкой пшеницы среднеранней группы спелости в зависимости от уровня минерального питания, т/га

Сорт, линия	Урожайность, т/га			Прибавка к контролю	
	2021	2022	средние	т/га	%
1	2	3	4	5	6
Без удобрений					
Омская 36 (стандарт)	0,79	2,77	1,78		-
Эритроспермум 738 сп2/09	0,67	3,16	1,91	0,13	7,3
Лютесценс 814 сп2/09	0,60	4,20	2,40	0,62	34,8
Лютесценс 1148 сп2/09	0,96	3,95	2,46	0,68	38,2
Лютесценс 857 сп2/05	0,73	2,53	1,63	- 0,15	- 8,4
Лютесценс 1206 сп2/19	0,66	2,31	1,48	-0,30	-16,8
Лютесценс 1143 сп2/09	0,99	3,21	2,10	0,32	18,0
Лютесценс 783 сп2/07	0,70	1,78	1,24	-0,54	-30,3
Лютесценс 821 сп2/08	0,77	3,16	1,96	0,18	16,2
Лютесценс 715 сп2/04	0,95	4,96	2,96	1,18	66,3
Среднее по группе	0,78	3,20	2,0±0,53		
Фон - $\frac{1}{2}$ расчетной дозы					
Омская 36 (стандарт)	0,83	3,39	2,11		-
Эритроспермум 738	0,98	3,69	2,35	0,24	11,3
Лютесценс 814 сп2/09 с	0,75	4,94	2,85	0,74	35,1
Лютесценс 1148 сп2/09	0,98	4,68	2,83	0,72	34,1
Лютесценс 857 сп2/05	0,81	3,30	2,06	-0,05	-2,4
Лютесценс 1206 сп2/19	0,67	2,62	1,65	-0,46	-21,8

1	2	3	4	5	6
Лютесценс 1143 сп2/09	1,04	3,69	2,37	0,26	12,3
Лютесценс 783 сп2/07	0,71	3,04	1,88	-0,23	-10,9
Лютесценс 821 сп2/08	0,77	3,78	2,28	0,17	8,1
Лютесценс 715 сп2/04	0,90	5,79	3,35	1,24	58,8
Среднее по группе	0,84	3,89	2,4±0,51		
Фон – полная расчетная доза					
Омская 36 (стандарт)	1,01	3,56	2,29		-
Эритроспермум 738	1,13	4,72	2,93	0,64	27,9
Лютесценс 814 сп2/09	0,91	5,30	3,11	0,82	35,8
Лютесценс 1148 сп2/09	1,11	5,20	3,16	0,87	38,0
Лютесценс 857 сп2/05	1,09	3,96	2,53	0,24	10,5
Лютесценс 1206 сп2/19	0,84	3,36	2,10	-0,19	-8,3
Лютесценс 1143 сп2/09	1,16	3,97	2,57	0,28	12,2
Лютесценс 783 сп2/07	0,86	3,10	1,98	-0,31	-13,5
Лютесценс 821 сп2/08	0,91	4,28	2,60	0,31	13,5
Лютесценс 715 сп2/04	0,95	5,66	3,31	1,02	44,5
Среднее по группе	1,0	4,31	2,7±0,46		
НСР ₀₅	0,08	0,08	0,08		
НСР ₀₅ фактор А (сорт)	0,05	0,02	0,04		
НСР ₀₅ фактор В (удобрения)	0,04	0,07	0,06		

На опытном поле чернозем обыкновенный характеризовался низким содержанием нитратного азота и подвижного фосфора. Испытуемые линии яровой пшеницы показали хорошую отзывчивость на минеральные удобрения. При внесении половины нормы азотно-фосфорных удобрений урожайность их повысилась на 11,5-51,6%. Наиболее отзывчивыми на удобрения оказались линии Эритроспермум 738 сп2/09, Лютесценс 857 сп2/05 и Лютесценс 783 сп2/07, где урожайность зерна, по сравнению с нулевым фоном повысилась соответственно на 23,0%, 26,3% и 51,6%. На фоне полной расчетной дозы удобрений прибавка урожая была еще выше – 11,8-53,4%. Наиболее отзывчивыми на уровень минерального питания оказались линии Лютесценс 1148 сп2/09 – 28,5%, Лютесценс 814 сп2/09 – 29,6%, Лютесценс 821 сп2/08 – 32,7%, Лютесценс 857 сп2/05 – 55,2% по сравнению с неудобренным фоном. Наибольшую прибавку обеспечила линия Лютесценс 783 сп2/07 – 59,7%.

Таким образом, при экстенсивном введении земледелия наиболее устойчивые урожаи дали линии Лютесценс 814 сп2/09 – 2,4 т/га, Лютесценс 1148 сп2/09 – 2,46 т/га и Лютесценс 715 сп2/04 – 2,96 т/га. При умеренной интенсификации земледелия (на фоне половины расчетной дозы) выделялись также линии Лютесценс 1148 сп2/09 – 2,83 т/га, Лютесценс 814 сп2/09 – 2,85 т/га и Лютесценс 715 сп2/04 – 3,35 т/га. При интенсивном земледелии (на фоне полной расчетной дозы) выделялись линии Эритроспермум 738 сп2/09 – 2,93 т/га, Лютесценс 814 сп2/09 – 3,11 т/га, Лютесценс 1148 сп2/09 – 3,16 т/га и Лютесценс 715 сп2/04 – 3,31 т/га. Полученные урожайные данные на разных уровнях минерального питания подтверждают высокую пластичность указанных линий, за исключением линии Эритроспермум 738 сп2/09.

Исследование показали различную отзывчивость линии яровой мягкой пшеницы на уровнях минерального питания.

На фоне половины дозы удобрения урожайность зерна, в зависимости от линий, повысилась на 12,0-58,3 %. Наибольшую прибавку урожая обеспечили линии Лютесценс 857 сп2/05 – 31,3%, Лютесценс 821 сп2/08 – 35,0% и Лютесценс 783 сп2/07 – 58,3%.

На фоне полной расчетной дозы удобрения урожайность зерна, в зависимости от линий, повысилась на 10,0-66,7 %. Наибольшую прибавку урожая обеспечили линии Эритроспермум 738 сп2/09 – 52,6 %, Лютесценс 857 – 56,3 % и Лютесценс 783 – 66,7 % (рисунок 2).

Расчеты парной корреляции показали, что на фоне без применения удобрения величина урожая находится в прямой средней зависимости от природы зерна ($r = 0,42$) и содержания клейковины в зерне ($r = 0,47$), а также в прямой умеренной зависимости от содержания сырого протеина в зерне яровой пшеницы ($r = 0,62$).

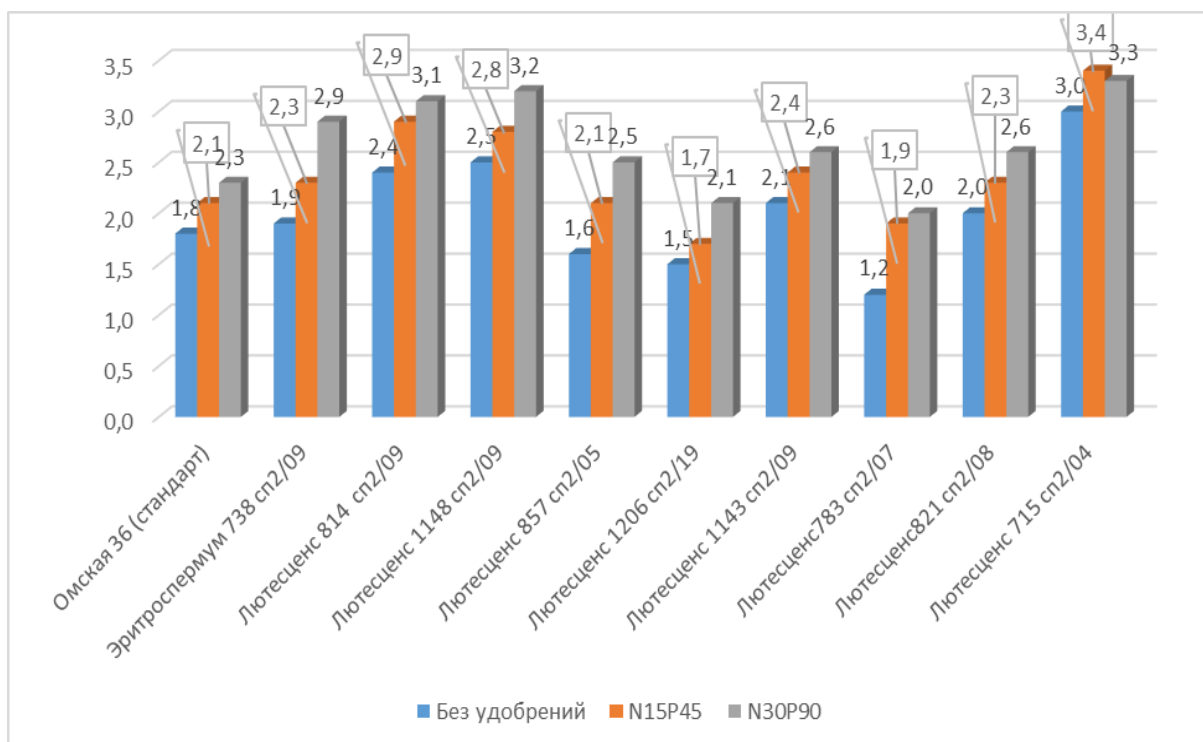


Рисунок 2 – Урожайность зерна линии яровой мягкой пшеницы среднеранней группы спелости в зависимости от уровня минерального питания, т/га (средние за 2021-2022 гг.)

На фоне внесения половины расчетной дозы минеральных удобрений урожайность зерна яровой пшеницы находилась в прямой слабой корреляционной зависимости от стекловидности ($r = 0,37$) и содержания сырого протеина ($r = 0,28$), а также в умеренной корреляционной зависимости от содержания клейковины в зерне ($r = 0,50$).

На фоне внесения полной расчетной дозы минеральных удобрений урожайность зерна яровой пшеницы находилась в заметной корреляционной зависимости от стекловидности зерна ($r = 0,31$), содержания клейковины в нем ($r = 0,35$), а также в умеренной зависимости от природы зерна ($r = 0,69$).

Расчеты множественной корреляцией зависимости показателей технологических качеств зерна линии мягкой яровой пшеницы на разных уровнях минерального питания показали на их взаимное влияние. Так, на фоне без применения минеральных удобрений на формирование природы зерна и заметное влияние на содержание клейковины ($r = 0,35$) и сырого протеина ($r = 0,32$). Другие показатели не оказали существенного влияния друг на друга.

На фоне внесения половины расчетной дозы минеральных удобрений установлена слабая корреляционная связь массы 1000 зерен с натурой зерна ($r = 0,30$), и заметная связь с содержанием сырого протеина ($r = 0,50$) и клейковины ($r = 0,62$). Содержание клейковины в зерне находилось в тесной корреляционной зависимости от содержания сырого протеина в зерне ($r = 0,80$). Другие показатели также не оказали существенного влияния друг на друга.

На фоне внесения полной расчетной дозы минеральных удобрений на формирование массы 1000 зерен оказали заметное воздействие натура зерна ($r = 0,39$). Натура зерна находилась в слабой корреляционной зависимости от содержания клейковины в нем ($r = 0,32$). Содержание клейковины в зерне находилось в очень тесной корреляционной зависимости от содержания сырого протеина в нем ($r = 0,94$).

Закключение. На фоне без применения минеральных удобрений лучшие результаты показали: по массе 1000 зерен линии Лютесценс 1143 сп2/09 – 40,9 г; Лютесценс 715 сп2/04 –

39,1 г и Лютесценс 783 сп2/07 – 38,2 г; по натуре зерна - Лютесценс 715 сп2/04 – 792 г/л, Лютесценс 821 сп2/08 – 790 г/л, Эритроспермум 738 сп2/09 – 781 г/л; по содержанию клейковины - Лютесценс 715 сп2/04 – 34,2 %, Эритроспермум 738 сп2/09 – 33,8 %, Лютесценс 814 сп2/09 – 33,2 %; и сырого протеина линий Лютесценс 715 сп2/04 и Лютесценс 814 сп2/09 – 17,3 %.

На фоне $\frac{1}{2}$ расчетной дозы минеральных удобрений выделились: по массе 1000 зерен линий Лютесценс 1143 сп2/09 – 40,6 г; Лютесценс 715 сп2/04 – 39,7 г, Лютесценс 783 – 39,2 г, Лютесценс 1206 – 39,0 г.; по натуре зерна - Лютесценс 783 – 821 г/л и Эритроспермум 738 сп2/09 – 791 г/л.; по содержанию клейковины - Лютесценс 1143 сп2/09 – 35,4 %, Лютесценс 1206 сп2/19 – 34,4 % и Лютесценс 814 сп2/09 – 34,3 % и сырого протеина линий Лютесценс 1206 сп2/19, Лютесценс 814 сп2/09 – 17,9 % и Лютесценс 1143 сп2/09 – 17,8 %.

На фоне полной расчетной дозы минеральных удобрений выделились: по массе 1000 зерен линий Лютесценс 1143 сп2/09 – 40,1 г, Лютесценс 783 и Лютесценс 715 сп2/04 – 39,7 г; по натуре зерна - Лютесценс 821 сп2/08, Лютесценс 814 сп2/09 – 793 г/л, Лютесценс 715 сп2/04 – 791 г/л и Эритроспермум 738 сп2/09 – 790 г/л; по содержанию клейковины - Лютесценс 814 сп2/09 – 36,6%; Эритроспермум 738, Лютесценс 1148 сп2/09 – 35,5%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 35,4 % и сырого протеина линий Лютесценс 1206 – 18,9%, Лютесценс 814 сп2/09 – 18,7%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 18,4%.

Существенные прибавки урожая зерна на фоне без удобрения наблюдались у линии Эритроспермум 738 сп2/09 – 7,3%, Лютесценс 821 сп2/08 – 16,2%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 18%, Лютесценс 814 сп2/09 – 34,8%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 38,2 % по сравнению с стандартом Омская 36. Максимальную прибавку урожая – 66,3% обеспечила линия Лютесценс 715 сп2/04.

На фоне $\frac{1}{2}$ расчетной дозы существенную прибавку урожая обеспечили линии Лютесценс 821 сп2/08 – 8,1%, Эритроспермум 738 сп2/09 – 11,3%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,3%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 34,1% и Лютесценс 814 сп2/09 – 35,1% по сравнению со стандартом. Максимальная прибавка урожая также получена от линии Лютесценс 715 сп2/04 – 58,8%.

На фоне полной расчетной дозы существенную прибавку урожая обеспечили линии Лютесценс 857 сп2/05 – 10,5%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,2%, Лютесценс 821 сп2/08 – 13,5%, Эритроспермум 738 сп2/09 – 27,9% и Лютесценс 814 сп2/09 – 35,8% по сравнению со стандартом. Максимальную прибавку урожая получили от линии Лютесценс 715 сп2/04 – 44,5%.

Наиболее интенсивным следует отнести линии Эритроспермум 738 сп2/09, Лютесценс 857 сп2/05 и Лютесценс 783 сп2/07, которые на фоне полной расчетной дозы удобрений обеспечили прибавку урожая зерна 52,6%, 56,3%, 66,7% и на фоне половины расчетной дозы – 31,3%, 35,0%, 58,3% соответственно.

На фоне без применения минеральных удобрений на формирование натуры зерна оказало заметное влияние на содержание клейковины ($r = 0,35$) и сырого протеина ($r = 0,32$). На фоне половины расчетной дозы минеральных удобрений установлена слабая корреляционная связь массы 1000 зерен с натурой зерна ($r = 0,30$), заметная связь с содержанием сырого протеина ($r = 0,50$) и клейковины ($r = 0,62$). Содержание клейковины в зерне находилось в тесной корреляционной зависимости от содержания сырого протеина в зерне ($r = 0,80$). На фоне полной расчетной дозы минеральных удобрений на формирование массы 1000 зерен оказали заметное воздействие натура зерна ($r = 0,39$). Натура зерна находилась в слабой корреляционной зависимости от содержания клейковины в нем ($r = 0,32$). Содержание клейковины в зерне находилось в очень тесной корреляционной зависимости от содержания сырого протеина в нем ($r = 0,94$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бекенова, Л.В. Результаты изучения сортообразцов яровой мягкой пшеницы в условиях северо-востока Казахстана [Текст] / Л.В. Бекенова, Л.А. Ерошенко, С.В. Жаркова // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. X Международной научно-практической конф.: в 3 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, - 2015. – Кн.2. – С. 82-84.

2 Жаркова, С.В. Формирование основных показателей структуры урожая сортов мягкой пшеницы и их оценка в засушливых условиях Павлодарской области (Казахстан) [Текст] /

С.В. Жаркова, А.К. Алтыбаева // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб.ст XIII Международной научно-практической конф: в 2 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, - 2018. – Кн. 1. – С. 294-296.

3 <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1530790#:~:tex>

4 Викулин, Е.В. Влияние факторов среды на селекцию яровой мягкой пшеницы [Текст] / Е.В Викулин, Г.В. Игнатьева, Сатарина С.Е // Владимирский земледелец. - 2016. - С. 26-30.

5 Абдуазимов, А.М. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы на качество зерна в южном регионе Узбекистана [Текст] / А.М. Абдуазимов // Аграрная наука. - 2018. - №1. - С. 23-24.

6 Мальцева, Л.Т., Филипова, Е.А. Влияние природных факторов на вегетационный период, продуктивность и качество сортов мягкой пшеницы [Текст] / Л.Т. Мальцева, Е.А. Филипова // Аграрный Вестник Урала. - 2011. -№4. - С. 6-9.

7 Olgun, M. and et.all. Investigation of climate-quality relationship in bread wheat (T. aestivum L.) by novel statistic a approach (ESOGÜ quality index) [Text] / M. Olgun, Y. Karaduman, S. Belen, A. Akin, M. Yalçın, ZB Başçiftçi and et.all. // Environmental Monitoring and Assessment, - 2023, - P. 195 (5): 533 (doi.org/10.1007/s10661-023-11108-w).

8 Кинчаров, А.И, Муллаянова, О.С. Формирования качества зерновых сортов яровой мягкой пшеницы в средне волжском регионе [Текст] / А.И Кинчаров, О.С. Муллаянова // Аграрная наука. - 2020. -№11-12. - С.79-82.

9 Novak L., Liubych V., Poltoretskyi S., Andrushchenko M. Technological indices of spring wheat grain depending on the nitrogen supply [Text] / L. Novak, V. Liubych, S. Poltoretskyi, M. Andrushchenko // Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations, Springer International Publishing, - 2019. - P. 753-761. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_73

10 Jaroslav Bernas., Lukas J., Koppensteiner, Marie Tichá., Hans-Peter Kaul., Agnieszka Klimek-Копыра, Pia Euteneuer., Gerhard Moitz., Reinhard W. Neugschwandtner. Optimal environmental design of nitrogen application rate for facultative wheat using lifecycle assessment [Text] //European Journal of Agronomy.– 2023.-[P.146](https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126813). №126813 (https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126813)

11 Логинов, Ю. П., Казак, А.А., Плотников, Д.В. Урожайность и качество зерна пшеницы сорта Ирень в зависимости от минерального питания в Тюменской области [Текст] / Ю. П. Логинов, А.А. Казак, Д.В. Плотников, // Известия ОГАУ. - 2019. - №4 -С. 78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urozhaynost-i-kachestvo-zerna-pshenitsy-sorta-iren-v-zavisimosti-ot-mineralnogo-pitaniya-v-tyumenskoy-oblasti>

12 Sultanov, F.S., Yudin, A.A., Gabdrakhimov, O.B. Impact of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat cultivar Marsianka [Text] / F.S. Sultanov, A.A. Yudin, O.B. Gabdrakhimov // International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies, WIAFT-V 2021Volgograd17 - 2021. -P. 848. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012231

13 Szmigiel, A., Kotodziejczyk, M., Oleksy A., Kuling, B. Efficiency of nitrogen fertilization in spring wheat [Text] // International Journal of Plant Production. – 2016. -10 (4): 447-456

14 Артемьев, А.А., Гурьянов А.М. Возделывание яровой пшеницы при различных технологиях применения минеральных удобрений [Текст] / А.А. Артемьев, А.М. Гурьянов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. -№3 (381), том 64, - С. 78-81.

15 Sultanov, F.S., Yudin, A.A./ Productivity and grain quality of a new spring wheat variety Stolypinka International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies [Text] / F.S. Sultanov, A.A. Yudin // AGRITECH-III 2020 Krasnoyarsk18. - 2020. - Т. 548 (41). DOI:[10.1088/1755-1315/548/4/042065](https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042065)

16 Агрофизические и агрохимические методы исследования почв [Текст]: учебно-методическое пособие / сост. В.И. Терпелец, В.Н. Слюсарев – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 26-31 с.

17 Практикум по агрохимии [Текст]: учеб. Пособие. – 2е изд./Под редакцией академика РАСХН В.Г. Минеева. -М.: Изд-во МТУ, 2001. - 158 с.

18 Определение подвижного фосфора и калия в карбонатных почвах по методу Б.П. Мачигина в додификации ЦИНАО [Текст]/ ГОСТ 26205-91

19 Методика госсортоиспытания сельскохозяйственных культур [Текст]: Под ред. М.А. Федина. -М.: 1985, - 269 с.

- 20 ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести семян. Стандартиформ, - 2016. - С. 36.
- 21 ГОСТ 12042-80. Зерно. Зерновых и бобовых культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. Стандартиформ, - 2016.- С. 4.
- 22 ГОСТ 12840-64. Зерно. Методы определения натуры. М.: Стандартиформ, - 2016. - С. 1.
- 23 ГОСТ 13586.1-68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Стандартиформ, -2016. - С. 1.
- 24 ГОСТ 26889-86. Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля, М.: Стандартиформ, - 2010. – С. 8.
- 25 Доспехов Б.А. Методика опытного дела (с основами статистической обработки результатов исследований) Москва.1985.

REFERENCE

- 1 Bekenova, L.V. Rezul'taty izucheniya sortobrazcov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah severo-vostoka Kazahstana [Tekst] / L.V. Bekenova, L.A. Eroshenko, S.V. Zharkova // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu: sb. st. H Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konf.: v 3 kn. – Barnaul: Izd-vo AGAU, - 2015. – Kn.2. – S. 82-84.
- 2 Zharkova, S.V. Formirovanie osnovnyh pokazatelej struktury urozhaya sortov myagkoj pshenicy i ih ocenka v zasushlivykh usloviyah Pavlodarskoj oblasti (Kazakhstan) [Tekst] / S.V. Zharkova, A.K. Altybaeva // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu: sb.st HIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konf: v 2 kn. – Barnaul: Izd-vo AGAU, - 2018. – Kn. 1. – S. 294-296.
- 3 <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1530790#:~:tex>
- 4 Vikulin, E.V. Vliyanie faktorov sredy na selekciyu yarovoj myagkoj pshenicy [Tekst] / E.V Vikulin, G.V. Ignat'eva, Satarina S.E // Vladimirsij zemledec. - 2016. - S. 26-30.
- 5 Abduazimov, A.M. Iskhodnyj material dlya selekcii myagkoj yarovoj pshenicy na kachestvo zerna v yuzhnom regione Uzbekistana [Tekst] / A.M. Abduazimov // Agrarnaya nauka. - 2018. - №1. - S. 23-24.
- 6 Mal'ceva, L.T., Filipova, E.A. Vliyanie prirodnyh faktorov na vegetacionnyj period, produktivnost' i kachestvo sortov myagkoj pshenicy [Tekst] / L.T. Mal'ceva, E.A. Filipova // Agrarnyj Vestnik Urala. - 2011. -№4. - S. 6-9.
- 7 Olgun, M. and et.all. Investigation of climate-quality relationship in bread wheat (T. aestivum L.) by novel statistic a approach (ESOGÜ quality index) [Text] / M. Olgun, Y. Karaduman, S. Belen, A. Akin, M. Yalçın, ZB Başçiftçi and et.all. // Environmental Monitoring and Assessment, - 2023. - P. 195 (5): 533 (doi.org/10.1007/s10661-023-11108-w).
- 8 Kincharov, A.I, Mullayanova, O.S. Formirovaniya kachestva zernovyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy v sredne volzhskom regione [Tekst] / A.I Kincharov, O.S. Mullayanova // Agrarnaya nauka. - 2020. -№11-12. - S.79-82.
- 9 Novak L., Liubych V., Poltoretskyi S., Andrushchenko M. Technological indices of spring wheat grain depending on the nitrogen supply [Text] / L. Novak, V. Liubych, S. Poltoretskyi, M. Andrushchenko // Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations, Springer International Publishing. - 2019. - P. 753-761. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_73
- 10 Jaroslav Bernas., Lukas J., Koppensteiner, Marie Tichá., Hans-Peter Kaul., Agnieszka Klimek-Kopyra, Pia Euteneuer., Gerhard Moitz., Reinhard W. Neugschwandtner. Optimal environmental design of nitrogen application nrate for facultative wheat using lifecycle assessment [Text] //European Journal of Agronomy.–2023. -P.146. №126813 (<https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126813>)
- 11 Loginov, Yu. P., Kazak, A.A., Plotnikov, D.V. Urozhajnost' i kachestvo zerna pshenicy sorta Iren' v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya v Tyumenskoj oblasti [Tekst] / Yu. P. Loginov, A.A. Kazak, D.V.Plotnikov, // Izvestiya OGAU. - 2019. - №4 -P. 78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urozhajnost-i-kachestvo-zerna-pshenitsy-sorta-iren-v-zavisimosti-ot-mineralnogo-pitaniya-v-tyumenskoy-oblasti>
- 12 Sultanov, F.S., Yudin, A.A., Gabdrakhimov, O.B. Impact of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat cultivar Marsianka [Text] / F.S. Sultanov, A.A. Yudin, O.B. Gabdrakhimov // International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies, WIAFT-V 2021Volgograd17 June 2021. -2021. -P. 848. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012231

13 Szmigiel, A., Kotodziejczyk, M., Oleksy A., Kuling, B. Efficiency of nitrogen fertilization in spring wheat [Text] // International Journal of Plant Production. – 2016. -10 (4): 447-456

14 Artem'ev, A.A., Gur'yanov A.M. Vozdelyvanie yarovoj pshenicy pri razlichnyh tekhnologiyah primeneniya mineral'nyh udobrenij [Tekst] / A.A. Artem'ev, A.M. Gur'yanov // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2021. -№3 (381), tom 64, - S. 78-81.

15 Sultanov, F.S., Yudin, A.A./ Productivity and grain quality of a new spring wheat variety Stolypinka International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies [Text] / F.S. Sultanov, A.A. Yudin // AGRITECH-III 2020 Krasnoyarsk18. - 2020. - T. 548 (41). DOI:[10.1088/1755-1315/548/4/042065](https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042065)

16 Agrofizicheskie i agrohimicheskie metody issledovaniya pochv [Tekst]: uchebno-metodicheskoe posobie / sost. V.I. Terpelec, V.N. Slyusarev – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 26-31 s.

17 Praktikum po agrokimii [Tekst]: ýcheb. Posobie. – 2e izd./Pod redaktsiei akademika RASHN V.G. Mineeva. -M.: Izdd-vo MTÝ, 2001. - 158 s.

18 Opredelenie podvizhnogo fosfora i kaliya v karbonatnyh pochvah po metodu B.P. Machigina v dodifikacii CINAО [Tekst]// GOST 26205-91

19 Metodika gossortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]: Pod red. M.A. Fedina. - M.: 1985. – 269 s.

20 GOST 12038-84 Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti semyan. Standartinform, - 2016. - S. 36.

21 GOST 12042-80. Zerno. Zernovyh i bobovyh kul'tur. Metod opredeleniya massy 1000 zeren ili 1000 semyan. Standartinform, - 2016. -S. 4.

22 GOST 12840-64. Zerno. Metody opredeleniya natury. M.: Standartinform, - 2016. -S. 1.

23 GOST 13586.1-68. Zerno. Metody opredeleniya kolichestva i kachestva klejkoviny v pshenice. M.: Standartinform, - 2016. -S. 1.

24 GOST 26889-86. Produkty pishchevye i vkusovye. Obshchie ukazaniya po opredeleniyu soderzhaniya azota metodom K'el'dalya, M.: Standartinform, -2010. -S. 8.

24 Dospekhov B.A. Metodika opytnogo dela (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) Moskva.1985.

ТҮЙІН

Бұл мақалада Солтүстік Қазақстанның кәдімгі қара топырағындағы минералды қоректенудің әртүрлі деңгейлеріндегі жаздық жұмсақ бидай дәнінің өнімділігі мен сапасын зерттеу нәтижелері келтірілген.

2021-2022 жылдары «Көкшетау тәжірибелік-өндірістік шаруашылығы» ЖШС-де тәжірибелер жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, минералды тыңайтқыштарды қолданбай, астық өнімділігінің едәуір өсуі Омская 36 стандартымен салыстырғанда Эритроспермум 738 сп2/09 – 7,3%, Лютесценс 821 сп2/08 – 16,2%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 18%, Лютесценс 814 сп2/09 – 34,8%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 38,2% линиялары жо,ары көрсетті; ½ тыңайтқыштардың есептік мөлшерінде - Лютесценс 821 сп2/08 – 8,1%, Эритроспермум 738 сп2/09– 11,3%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,3%, Лютесценс 1148 сп2/09 – 34,1% және Лютесценс 814 сп2/09- 35,1% және тыңайтқыштардың толық есептік мөлшерінде стандартпен салыстырғанда - Лютесценс 857 сп2/05 – 10,5%, Лютесценс 1143 сп2/09 – 12,2%, Лютесценс 821 сп2/08 – 13,5 %, Эритроспермум 738 сп2/09 – 27,9% және Лютесценс 814 сп2/09 – 35,8%. Минералды қоректенудің барлық деңгейлерінде өнімділіктің максималды өсуін Лютесценс 715 сп2/04 қамтамасыз етті, ол сәйкесінше стандартпен салыстырғанда 66,3%, 58,8% және 44,5% құрады.

Минералды тыңайтқыштарды ½ және толық есептік мөлшерде қолдану астықтың технологиялық сапасын келесі көрсеткіштер бойынша жақсартуға ықпал етті: 1000 тұқымның массасы бойынша Лютесценс 1143 сп2/09, Лютесценс 715 сп2/04, Лютесценс 783 сп2/07; астықтың көлемдік салмағы бойынша - Лютесценс 783, Эритроспермум 738 сп2/09; Лютесценс 821 сп2/08, Лютесценс 814 сп2/09, Лютесценс 715 сп2/04 , Эритроспермум 738 СР2/09; дән уызы бойынша - Лютесценс 1143 СР2/09, Лютесценс 1206 СР2/19 және Лютесценс 814 СР2/09; Лютесценс 814 СР2/09, Эритроспермум 738, Лютесценс 1148 СР2/09 және Лютесценс 1143 СР2/09; шикі протеин мөлшері бойынша - Лютесценс 1206 сп2/19, Лютесценс 814 сп2/09 және Лютесценс 1143 сп2/09; Лютесценс 1206, Лютесценс 814 сп2/09, Лютесценс 1148 сп2 / 09.

УДК 634.1.03; 634.1.055
МРНТИ 68.35.53

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-111-120

Каримов К.Б., руководитель, **основной автор**, <https://orcid.org/0009-0005-4578-363X>
ИП «Международный экспериментальный коллекционный сад-питомник памяти С.И.Исаева», Республика Казахстан, г. Уральск, улица Курмангазы 154-5, sad.pitomnik@mail.ru
Умурзакова Р.М., гл.агроном, <https://orcid.org/0009-0007-0797-3285>
ИП «Международный экспериментальный коллекционный сад-питомник памяти С.И.Исаева», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Курмангазы 154-5, 20july@mail.ru
Аюпов Е.Е., доктор PhD, <https://orcid.org/0000-0001-6357-2522>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», Республика Казахстан, г. Уральск, ул. Жангир хана 51, ergalib@mail.ru

Karimov K.B., director, **the main author**, <https://orcid.org/0009-0005-4578-363X>
IP «International Experimental Collection Garden-Nursery in Memory of S.I. Isaev», Republic of Kazakhstan, Uralsk, Kurmangazy Street 154-5, sad.pitomnik@mail.ru
Umurzakova R.M., chief agronomist, <https://orcid.org/0009-0007-0797-3285>
IP «International Experimental Collection Garden-Nursery in Memory of S.I. Isaev», Republic of Kazakhstan, Uralsk, Kurmangazy Street 154-5, 20july@mail.ru
Ayupov Y.E., doctor PhD, <https://orcid.org/0000-0001-6357-2522>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan», Republic of Kazakhstan, Uralsk city, st. Zhangir Khan 51, ergalib@mail.ru

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ И СОРТО-ПОДВОЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ECONOMIC AND BIOLOGICAL ASSESSMENT CLONE ROOTS AND VARIETAL-ROOTROOT COMBINATIONS APPLE TREES IN THE CONDITIONS OF WEST KAZAKHSTAN REGION

Аннотация

В статье показаны результаты исследований подвоев и сорто–подвойных комбинаций яблони.

Одним из ключевых критериев для подвоев яблони является их продуктивность, которая определяется количеством и качеством отводков на единицу площади.

Тип подвоя оказывает значительное воздействие на процесс окоренения. ОБ 3-4 по окореняемости отводков превосходят контрольный подвой на 1 балл. Отводки подвоев СА-1, СА-1, Отб 1 Буз.бор Отб 3 Буз.бор, 18-7, СПС-7, ОБ 3-7-К, 57-225 имели окоренение 2 балла среди изучаемых подвоев и практически имели слабое разветвление.

Рост побегов окореняемых отводков происходил непрерывно. Исследования показали, что отводки подвоя СА-2, отб 1 Буз.бор, К-2, АРМ-18, ОБ 3-4 демонстрируют наивысшую способность к образованию корней и низкая у подвоев Парадизка Сердюкова и СПС-7.

Полученные результаты показали, что окулировка оказала существенное влияние на сохранность однолетних саженцев. Так, у сорта Аэлита к концу вегетации при окулировке на подвое 62-396 отмечено сохранность саженцев на 100 %, а на сортах Народное и Беркутовское сохранность окулировок показало, соответственное 53 и 63% и эти показатели, были самыми наименьшими по подвоям и сортам в опыте. По окулировке сортов Народное и Беркутовское подвой ОБ 3- 4 оказался самым лучшим по сохранности однолетних саженцев.

ANNOTATION

The article shows the results of studies of rootstocks and varietal-rootstock combinations of apple trees.

One of the important indicators of apple tree rootstocks is their productivity - the yield and quality of layering per unit area.

A fairly high yield of layerings was observed for rootstock 3 Buz.bor, amounting to an average of 17,736.1 pieces over three years. per hectare, which was 68% higher compared to the control option.

Rooting has a significant influence on the type of rootstock. OB 3-4 are superior to the control rootstock by 1 point in rooting ability of the cuttings. Layerings of rootstocks SA-1, SA-1, sample 1 Buz.bor, sample 3 Buz.b, 18-7, SPS-7, OB 3-7krasny, 57-225 had a rooting score of 2 among the studied rootstocks and practically had weak branching.

The growth of shoots of rooted layerings occurred continuously, the maximum ability for rooting was noted by us in layerings of the rootstock SA-2, selection 1 Buz.bor, K-2, ARM-18, OB 3-4 and low in the rootstocks Paradise Serdyukov and SPS-7.

The results obtained showed that budding had a significant impact on the safety of annual seedlings. Thus, in the Aelita variety, by the end of the growing season, when budding on rootstock 62-396, the safety of seedlings was 100%, and in the Narodnoye and Berkutovskoe varieties, the safety of budding showed 53 and 63%, respectively, and these figures were the lowest for rootstocks and varieties in the experiment. According to the budding of varieties Narodnoye and Berkutovskoe, the rootstock OB 3-4 turned out to be the best in terms of preservation of annual seedlings.

Ключевые слова: Западно - Казахстанская область, подвой, сорта, продуктивность, окореняемость, сохранность однолетних саженцев.

Key words: West Kazakhstan region, rootstock, varieties, productivity, rooting, safety of annual seedlings.

Введение. Почвенно-климатические условия Западно - Казахстанской области, благоприятны для успешного возделывания основной плодовой культуры яблони. Многолетняя практика культивирования плодово-ягодных культур в регионе, подтверждённая существованием ценных местных сортов, признанных за пределами региона и продолжающих использоваться по сей день, служит красноречивым доказательством [1].

Основная стратегия преодоления данной проблемы заключается в внедрении в практику промышленного садоводства Западно - Казахстанской области подвоев и сорто-подвойных сочетаний., характеризующихся устойчивостью к лимитирующим факторам резко-континентального климата. Изучение и дальнейшее внедрение в производство перспективных форм клоновых подвоев и сортовых подвойных комбинаций яблони, адаптированных к условиям Западного региона, является весьма актуальным.

Исследования российских и казахстанских ученых, связанные с изучением клоновых подвоев и сорто-подвойных комбинаций яблони в условиях Поволжья и Казахстана представлены во многих научных работах [2,3,4,5]. Однако эти исследования не вполне подходят к почвенно-климатическим условиям резко-континентального климата Западного Казахстана. Эти проблемы изучены в Западно-Казахстанской области в работах К.Б.Каримова [6], А.Г.Шауленовой [7]. Несмотря на важность использования клональных подвоев яблони в сельском хозяйстве Западно-Казахстанской области, их хозяйственно-биологические свойства до сих пор недостаточно изучены. Данный пробел в знаниях обуславливает актуальность и необходимость проведения наших исследований.

Целью исследований – является изучение перспективных карликовых подвоев яблони для производства однолетних саженцев яблони в сочетании с различными сорто-подвойными комбинациями, пригодных для резко-континентальных климатических условий регионов Казахстана.

Для выполнения намеченной цели были поставлены следующие задачи:

1. По ценным хозяйственно-биологическим признакам выделить оптимальные сорто-подвойные комбинации.
2. Выявить наиболее продуктивные сорто-подвойные комбинации яблони для промышленного садоводства.

Объекты, материалы и методы исследований. Объект и предмет исследования – формы клоновых подвоев и сортов яблони европейской, российской и казахстанской селекции.

В ИП Международном экспериментальном коллекционном саду-питомнике памяти С.И. Исаева с 2018 года проводится комплексное изучение подвоев яблони российской СА-1

(КХ «Сакмарское», Оренбург), СА-2 (КХ «Сакмарское», Оренбург), Малыш Будаговского (Мичуринский), Парадизка Сердюкова (Ленинград), Отб 1 Буз.бор (Бузулукский бор, Оренбург), Отб 3 Буз.бор (Бузулукский бор, Оренбург), Отб 2 Буз.бор К-2 (Бузулукский бор, Оренбург), 18-7 (Жигулевские сады, Самара), ОБ 2-14 (Ботанический сад ОГУ), ОБ 4-3 (Ботанический сад ОГУ), К-2 (Крымский подвой), СПС-7 (Саратовский подвой), ОБ 3-7-К (Ботанический сад ОГУ), ОБ 3-7-3 (Ботанический сад ОГУ), 57-225 (Мичуринский), ОБ 3-4 (Ботанический сад ОГУ), 62-396 (Мичуринский) и иностранной селекции (Армения – АРМ-18).

Контролем служил подвой 62-396, широко распространённый в России.

В ходе испытаний проводилась оценка различных сочетаний подвоев с перспективными сортами Народное, Беркутовское и Аэлита.

Методика проведения исследований. В целях достижения поставленных задач на территории плодового сада индивидуального предпринимателя «Международный экспериментальный коллекционный сад-питомник памяти С.И. Исаева» были проведены следующие исследования:

- изучение подвоев в коллекционном маточнике;

- изучение подвоев в питомнике;

Схема опыта по изучению клоновых подвоев яблони:

1. В соответствии с методическими рекомендациями по комплексному изучению клоновых подвоев яблони [8] коллекционный маточник был высажен вертикально;

Для каждой формы подвоя было высажено по 10 отводков, с трехкратным повторением. В питомнике эти подвои были окулированы перспективными сортами в трехкратной повторности для изучения их совместимости. Анализ степени совместимости и качества получаемого посадочного материала проводился на основе использования следующих сортов:

- Народное;

- Беркутовское;

- Аэлита.

Каждого сорта было высажено по 10 штук в трехкратной повторности. Схема размещения растений однорядная, расстояние между рядами 0,7 м, в ряду между растениями – 0,2 м.

Исследование проводилось в строгом соответствии с установленными методами и принципами комплексного изучения клоновых подвоев яблони. [8]. При проведении учетов и наблюдений придерживались Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [9].

Учеты и наблюдения начинаются в год окулировки: осенью подсчитывается количество прижившихся глазков. Весной (во втором поле питомника) проводится ревизия сохранившихся и проросших глазков на окулянтах. В конце вегетации каждого года подсчитывается количество однолеток или двухлеток.

Сила роста в целом по сорту определяется осенью глазомерно и выражается в баллах по отношению к силе роста районированных сортов и сравнительно с другими сортами на этом же подвое:

- 1 - очень слабый рост;

- 2 - слабый;

- 3 - средний;

- 4 - хороший;

- 5 - мощный рост.

Для определения высоты делают промеры мерной рейкой выделенных учетных саженцев однолеток и двухлеток; диаметр штамбика измеряют штангенциркулем на высоте 10 см от места окулировки сорта. Указывают число однолеток, давших разветвления. В третьем поле питомника отмечают интенсивность ветвления в баллах:

- 1 - слабая побегообразовательная способность (на двухлетке образуется менее 5 боковых ветвей);

- 2 - средняя (6-8 ветвей);

- 3 - растения сильно ветвятся (дают более 9 ветвей).

При измерении высоты однолеток и двухлеток промеряются боковые разветвления и отмечают, в какой части саженца они образовались (нижней, средней, верхней). Образование побегов (часто укороченных) в нижней части саженца приводит к формированию дерева с компактной кроной и ранним плодоношением. При образовании длинных боковых побегов, отходящих под острым углом в верхней части однолетки, формируются сильнорослые высокие деревья. Отмечают также случаи появления цветков и плодов на особо скороплодных сортах.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа по Доспехову Б.А., а так же с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. Важнейшей составляющей современных интенсивных садов выступают вегетативно размножаемые клоновые подвои. [11, 12, 13, 14]. Многолетняя практика применения карликовых подвоев в различных почвенно-климатических условиях как в стране, так и за рубежом, однозначно свидетельствует о высокой экономической эффективности данного метода [12,13].

В условиях Западного Казахстана, характеризующихся бесснежными зимами и засушливым летом, отбор подвоев должен проводиться с особым вниманием к их адаптивному потенциалу [15]. Многие исследования показали, что подвой оказывает существенное воздействие на множество агробиологических характеристик сорта, таких как сила роста, урожайность, продолжительность жизни и адаптационные способности к среде обитания. [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

Г. В. Трусевичем сформулированы ключевые требования к подвоям, используемым в сельскохозяйственном производстве. Подвои должны соответствовать экологическим условиям конкретного региона, обладать высокой совместимостью с привитыми сортами и не ухудшать их хозяйственные характеристики, а по возможности, улучшать их.

Кроме того, подвои должны ограничивать рост привитых сортов и способствовать раннему вступлению в плодоношение.

Важно отметить, что слаборослые подвои отличаются по ряду показателей: продуктивность в маточнике, выход стандартных отводков, эффективность укоренения, хрупкость корневой системы, ветвление и изогнутость побегов. [12].

В связи с ростом спроса на посадочный материал для интенсивных яблоневых садов, а также с тем, что его производство напрямую зависит от наличия качественных подвойных материалов, значительная часть исследований посвящена изучению методов размножения подвоев [13].

Важнейшими критериями оценки качества подвоев считаются следующие параметры: величина отводки, диаметр условного основания побега, степень развития корневой системы, а также присутствие боковых ответвлений [11].

Срок наступления различных фаз развития клоновых подвоев существенно варьируется в зависимости от метеорологических условий конкретного года.

Многолетние наблюдения, проведенные в течение пяти лет в коллекционном маточнике, позволили установить, что в условиях Западно-Казахстанской области период активного роста маточных кустов преимущественно приходится на апрель.

Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность использования подвоев яблони, является их продуктивность. Под ней понимается количество и качество отводков, получаемых с единицы площади.

Продуктивность и качественные характеристики отводков напрямую зависят от типа вегетативно размножаемого подвоя. Эти показатели в значительной степени определяются общей силой развития отводков, которая выражается в количестве пластической массы в надземной части растения и развитости корневой системы.

По результатам исследований выявлено значительное межгодовое колебание количества отводков у подвоя СПС-7 и контрольного подвоя 62-396. За три года наблюдения эти подвои продемонстрировали наименьший средний выход отводков – 3541,7 и 5635,9 тысяч штук на гектар соответственно. Наибольшее количество отводков было зафиксировано у подвоев Отб 3

Буз.бор. Отб 3 Буз.бор, АРМ-18, 57-225 и ОБ-3-4. (Таблица 1)

Отмечался значительный выход отводков у подвоя. Отб 3 Буз.бор в среднем за три года 17736,1 шт. с одного гектара, который на 68 % был выше по сравнению с контрольным

вариантом. Таблица 1 демонстрирует показатели продуктивности материнских растений яблонь, используемых в данном исследовании.

Таблица 1 – Продуктивность подвоев яблони по выходу отводков в маточнике

Подвой	2018	2019	2020	Среднее за 3 года
СА-1	4500,0	17500,0	8750,0	10250,0
СА-2	8125,0	5833,3	12500,0	8819,4
Малыш Будаговского	5416,7	7500,0	7500,0	6805,6
Парадизка Сердюкова	4687,5	12500,0	22500,0	13229,2
Отб 1 Буз.бор	12500,0	7083,3	7083,3	8888,9
Отб 3 Буз.бор	13833,3	11458,3	27916,7	17736,1
Отб 2 Буз.бор К-2	8666,7	8000,0	14833,3	10500,0
18-7	4500,0	8750,0	13437,5	8895,8
ОБ 2-14	8000,0	19166,7	5000,0	10722,2
ОБ 4-3	7250,0	3750,0	8333,3	6444,4
К-2	7000,0	11250,0	13333,3	10527,8
СПС-7	3125,0	5000,0	2500,0	3541,7
АРМ-18	17857,1	15000,0	19375,0	17410,7
ОБ 3-7-К	8333,3	13928,6	7857,1	10039,7
ОБ 3-7-3	5000,0	6750,0	9000,0	6916,7
57-225	7500,0	12115,4	25448,7	15021,4
ОБ 3-4	9950,0	11980,5	21590,9	14507,1
62-396 контроль	2714,3	6290,3	7903,2	5635,9

Исследование производительности различных подвойных яблонь в маточном питомнике выявило взаимосвязь между количеством отводков и типом подвоя, агротехническими методами выращивания и погодными условиями. В 2020 году неблагоприятные метеорологические условия негативно повлияли на рост и развитие растений в маточном питомнике. В течение года наблюдалась засуха с повышенными летними температурами. Недостаток влаги негативно сказался на показателях качества отводков, что проявилось в уменьшении количества боковых побегов и высоты растений, а также снижении их способности к укоренению (таблица 3).

В течение всего периода вегетации наблюдался непрерывный рост побегов окорененных отводков. Анализ динамики роста позволил установить две фазы наиболее интенсивного развития подвоев. Первая фаза, как правило, начиналась в первую декаду июня у всех изученных подвоев за исключением карликового подвоя 62-396. Длительность этой фазы варьировалась в зависимости от индивидуальных особенностей подвоев. В начальный двадцатидневный период июня наблюдался наиболее интенсивный рост подвоев СПС-7 и 18-7. СПС-7, 18-7, Парадизка Сердюкова и ОБ 3-7. Их рост составил от 100 до 115 см. У подвоя 62-396 интенсивный рост наступал позже других подвоев – в III декаде мая и продолжалась до III декады июня, высота составила 70 см. (таблица 2).

Подвой СПС-7 продемонстрировал наибольший прирост в группе карликовых подвоев, увеличившись за сезон на 115 см.

Показатели роста подвоя ОБ 2-14 (75 см) и Малыш Будаговского (75 см) оказались близки к контрольному варианту. Высота остальных карликовых подвоев варьировалась в пределах 80-95 см.

Исследования продемонстрировали значимое влияние типа подвоя на процесс укоренения. Так, в условиях ЗКО в 2020 году подвой ОБ 3-4 по окореняемости отводков превосходит контрольный подвой на 1 балл.

Таблица 2 – Окореняемость, сила роста и наличие боковых побегов подвоев яблони в маточнике

Наименование подвоя	2020 год			2021 год			2022 год		
	Окореняемость в баллах	Сила роста (высота отводков), см	Наличие боков. Ветвлений, балл	Окореняемость в баллах	Сила роста (высота отводков), см	Наличие боков. Ветвлений, балл	Окореняемость в баллах	Сила роста (высота отводков), см	Наличие боков. Ветвлений, балл
СА-1	2	80	2	3	80	1	3	85	1
СА-2	3	80	1	4	85	2	4	75	2
Малыш Будаговского	3	75	2	3	70	2	3	65	2
Парадизка Сердюкова	2	110	2	2	90	2	2	75	2
Отб 1 Буз.бор	2	80	3	4	90	2	4	85	2
Отб 3 Буз.бор	2	90	3	3	90	2	3	85	2
Отб 2 Буз.бор К-2	3	85	2	3	85	2	3	90	2
18-7	2	105	2	2	100	2	3	90	2
ОБ 2-14	3	75	1	3	70	1	4	60	1
ОБ 4-3	3	95	2	3	90	2	3	65	2
К-2	3	80	2	4	85	1	4	70	1
СПС-7	2	115	2	2	100	2	2	30	2
АРМ-18	3	80	2	4	80	2	4	70	2
ОБ 3-7-3	3	85	1	3	80	1	4	50	1
ОБ 3-7-К	2	105	3	3	100	3	4	80	3
57-225	2	95	1	3	105	1	3	100	1
ОБ 3-4	5	80	1	4	85	1	5	80	1
62-396	3	70	2	3	85	2	3	80	2

Отводки подвоев СА-1, СА-1, Отб 1 Буз.бор, Отб 3 Буз.б, 18-7, СПС-7, ОБ 3-7красный, 57-225 имели окоренение 2 балла среди изучаемых подвоев и практически имели слабое разветвление.

Таким образом, максимальная способность к окоренению, отмечена нами у отводков подвоя СА-2, Отб 1 Буз.бор, К-2, АРМ-18, ОБ 3-4 и низкая у подвоев Парадизка Сердюкова и СПС-7.

Проведенные исследования показали, что все исследуемые подвой соответствуют необходимым критериям для проведения операции окулировки. В этой связи был заложен опыт по определению влияния окулировки на сохранность однолетних саженцев яблони, привитых на подвой 62-396, К-2 и ОБ 3-4. Для этих целей были использованы сорта яблони интенсивного типа Народное, Беркутовское и Аэлита. (таблица 3).

Полученные результаты показали, что окулировка оказала существенное влияние на сохранность однолетних саженцев.

Так, у сорта Аэлита к концу вегетации при окулировке на подвое 62-396 отмечена сохранность саженцев на 100 %, а на сортах Народное и Беркутовское сохранность окулировок

показала, соответственно 53% и 63% и эти показатели, были самыми наименьшими по подвоям и сортам в опыте.

Таблица 3 – Влияние окулировки на сохранность однолетних саженцев на разных подвоях сортов яблони

№ п/п	Подвой	сорт Народное			сорт Беркутовское			сорт Аэлита			Всего общая по сортам		
		Заокулировано 08.2018	Ревизия 06.2019	Сохранность окулировок %	Заокулировано 08.2018	Ревизия 06.2019	Сохранность окулировок %	Заокулировано 08.2018	Ревизия 06.2019	Сохранность окулировок %	Заокулировано 08.2018	Ревизия 06.2019	Сохранность окулировок %
1	62-396	15	8	53	8	5	63	5	5	100	28	18	64
4	К-2	46	40	87	45	35	78	39	31	79	130	106	82
16	ОБ 3-4	45	42	93	38	33	87	111	86	77	194	161	83
	Итого	106	90	85	91	73	80	155	122	79	352	285	81

По окулировке сортов Народное и Беркутовское подвой ОБ 3-4 оказался самым лучшим по сохранности однолетних саженцев.

Закключение. В Республике Казахстан садоводство занимает ведущее место в агропромышленном комплексе, поскольку производство плодов и овощей играет важную роль в обеспечении населения необходимыми витаминами для поддержания здоровья.

Основным путем решения этой проблемы является введение в промышленное садоводство Западного Казахстанской области подвоев и сорто-подвойных комбинаций, характеризующихся устойчивостью к лимитирующим факторам резко-континентального климата. Исследование и внедрение в промышленное производство перспективных клонных подвоев и оптимальных сочетаний сортов с подвоями для яблоневых деревьев, адаптированных к условиям Западного региона, является весьма актуальным.

В ходе коллекционного изучения в маточнике были выделены перспективные карликовые подвои яблони Отб 3 Буз.бор, ОБ 3-4, 57-225, АРМ-18 с хорошей способностью к укоренению, небольшим количеством боковых ветвлений, продуктивность, которых за годы изучений стабильно увеличивается и требует дальнейшего изучения в питомнике и саду в сочетании с различными сорто-подвойными комбинациями яблони.

Опыт закладки питомника и возделывания в почвенно-климатических условиях Западно-Казахстанской области подвоев и сортов яблони показывает, что эти культуры являются перспективными плодовыми культурами, необходимо этот вопрос изучить более детально и подготовить рекомендации для сельскохозяйственных товаропроизводителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Житель Уральска Кайрат Каримов возрождает яблоневые сады [Текст]/ <https://khabar.kz/ru/news/item/115650-zhitel-uralska-kajrat-karimov-vozrozhdaet-yablonevye-sady>/2019.
- 2 Избасаров, Д.С. Основы современного интенсивного сада в Казахстане [Текст]/ Д.С. Избасаров, К.Г. Карычев // Наука селу. Вестник Академии с.-х. наук. -Алматы: АСХН РК. -2001. -№ 1. -С.11-13.

- 3 Карычев, К.Г. Новые слаборослые подвои для посадки продуктивных садов [Текст]/ К.Г.Карычев, А.И.Янкова //Научное обеспечение Государственной агропродовольственной программы Республики Казахстан на 2003-2005 годы. -Астана, 2003.- 297с.
- 4 Савин, Е.З. Поведение клоновых подвоев яблони в маточнике и питомнике в условиях степной зоны Южного Урала [Текст]/ Е.З. Савин, М.М.Нигматянова, О.В.Аляева, Н.А. Дегтярёв // Вестник ОГУ. -2010. -№ 6. -С. 20-28.
- 5 Мурсалимова, Г.Р. Хозяйственно-биологическая характеристика перспективного клонового подвоя яблони [Текст]/ Г.Р.Мурсалимова // Современное садоводство – Contemporary horticulture. -2017. -№4. -С. 15-19.
- 6 Каримов, К.Б. Изучение приживаемости вегетативно размножаемых подвоев яблони в маточнике и питомнике в условиях Западно-Казахстанской области [Текст]/ К.Б. Каримов //Сборник материалов республиканской научно-практической конференции «Ивановские чтения – 2019». - Уральск -2019. –С. 2-5.
- 7 Шауленова, А. Г. Научные основы производства саженцев яблони в Западно-Казахстанской области [Текст]/ А.Г. Шауленова, А.С. Касенова, Р. М. Умурзакова, Е.Е. Аюпов // Наука и образование. - 2020. - № 3-2(60). - С.77-82.
- 8 Седова, Е.Н. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [Текст]/ Е.Н. Седова, Т.П. Огольцова// Рос. акад. с.-х. наук. Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур. - Орел : ВНИИСПК, 1999. - 606 с.
- 9 Андриенко, М.В. Методика изучения подвоев плодовых культур в Украинской ССР [Текст]/ М.В. Андриенко, И.П. Гулько. - Киев, УНИИС, 1990. - 103 с.
- 10 Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). [Текст]/ Б. А.Доспехов . -М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
- 11 Алферов, В.А. Подвои плодовых пород [Текст]:/ В.А Алферов,Т.С. Ивашкова, Г.М. Дей// Питомник плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Краснодар. Издательско-полиграфическое и книготорговое производственное объединение «Адыгея», 1992.- С. 14-33.
- 12 Алфёров, В.А. Технологические резервы получения качественного посадочного материала [Текст]/В.А. Алферов // Оптимизация породно-сортового состава и систем возделывания плодовых культур. - Краснодар, СКЗ НИИСВ Россельхозакадемия, 2003. - С. 280-287.
- 13 Андреева, Н.В. Влияние подвоев на рост и плодоношение различных сортов яблони [Текст]/ Н.В.Андреева //Проблемы интенсификации садоводства. –Мичуринск: Мичуринское производственное полиграфическое объединение, 1989. – 213 с. – С. 25 – 26.
- 14 Андриенко, М.В. Методика изучения подвоев плодовых культур в Украинской ССР [Текст]/ М.В. Андриенко, И.П. Гулько. - Киев, 1990. - 103 с
- 15 Попов, В.Н. Семеноводство плодовых культур и его значение в повышении качества продукции садоводства [Текст]/ В.Н. Попов //Состояние и пути повышения эффективности садоводства Краснодарского края. – Краснодар, 1997. – С. 60-71.
- 16 Ефимова, И.Л. Плодоношение яблони на разных слаборослых подвоях в зависимости от плотности посадки [Текст]/ И.Л. Ефимова // Плодоводство и ягодоводство России. -2017. – Т. XLIX. – С.121-124.
- 17 Ефимова, И.Л. Применение регуляторов роста в маточнике подвоев яблони [Текст]/ И.Л. Ефимова, Н.В. Дрофичева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. 26. – С. 348-352.
- 18 Fallahi, E. Effects of tree rootstocks on photosynthesis, leaf mineral nutrition, and vegetative growth of BC-2 Fuji apple trees. [Text]/ E. Fallahi, I.J.Chun, G.H. Neilsen, W.M. Colt //J. Plant Nutr. -2001, - No.24, -P. 827–834.
- 19 Hermans, C. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation. [Text]/ C.Hermans, J.P. Hammond, P.J. White, N. Verbruggen //Trends Plant Sci. -2006, - No.11, -P.610–617.
- 20 Kviklys, D. Baltic fruit rootstock studies: evaluation of 12 apple rootstocks in North-East Europe. [Text] / D. Kviklys, N. Kvikliene, A.Bite, J.Lepsis, T.Univer, N.Univer, N.Uselis, J. Lanauskas, L. Buskiene.// Hortic. Sci. -2012, - No.39, -P.1–7.

21 Kviklys, D. Baltic fruit rootstock studies: evaluation of apple (*Malus domestica* Borkh.) new rootstocks. [Text] / D.Kviklys, N. Kvikliene, P. Bielicki, A. Bite, J. Lepsis, T. Univer, N. Univer, N. Uselis, J. Lanauskas // *Zemdirbyste*. – 2013, - No.100, -P. 441–446

22 Alizadeh, A. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. [Text] / A. Alizadeh, V. Alizade, L. Nassery, A. Eivazi // *Tech. J. Eng. App. Sci.* -2011, - No.1 (3), -P.86–94.

23 Atkinson, D.G., 1980. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. [Text] / , D.G. Atkinson // *Hortic. Rev.* -1980, - No.2, -P.424–490.

REFERENCES

1 Uralsk resident Kairat Karimov revives apple orchards [Текст] / <https://khabar.kz/ru/news/item/115650-zhitel-uralska-kajrat-karimov-vozhrozhdaet-yablonevye-sady/2019>.

2 Izbasarov, D.S. Basics of a modern intensive orchard in Kazakhstan [Text] / D.S. Izbasarov, K.G. Karychev // *Science of the village. Bulletin of the Academy of agricultural sciences*. - Almaty: ASKH RK. - 2001. - No. 1. - P.11-13.

3 Karychev, K.G. New dwarf rootstocks for planting productive orchards [Text] / K.G. Karychev, A.I. Yankova // *Scientific support for the State agro-food program of the Republic of Kazakhstan for 2003-2005*. - Astana, 2003. - 297 p.

4 Savin, E.Z. Behavior of clonal apple rootstocks in the mother plantation and nursery in the steppe zone of the Southern Urals [Text] / E.Z. Savin, M.M. Nigmatyanova, O.V. Alyaeva, N.A. Degtyarev // *Bulletin of OSU*. - 2010. - No. 6. - P. 20-28.

5 Mursalimova, G.R. Economic and biological characteristics of a promising clonal apple rootstock [Text] / G.R. Mursalimova // *Contemporary horticulture*. - 2017. - No. 4. - P. 15-19.

6 Karimov, K.B. Study of the survival rate of vegetatively propagated apple rootstocks in a mother plantation and nursery in the conditions of the West Kazakhstan region [Text] / K.B. Karimov // *Collection of materials of the republican scientific and practical conference "Ivanovo Readings - 2019"*. - Uralsk -2019. - P. 2-5.

7 Shaulenova, A. G. Scientific foundations of apple seedling production in the West Kazakhstan region [Text] / A. G. Shaulenova, A. S. Kasenova, R. M. Umurzakova, E. E. Ayupov // *Science and education*. - 2020. - No. 3-2 (60). - P. 77-82.

8 Sedova, E. N. Program and methods for variety study of fruit, berry and nut crops [Text] / E. N. Sedova, T. P. Ogoltsova // *Rus. acad. of agricultural sciences. All-Russian research institute of fruit crop selection*. - Orel: VNIISPK, 1999. - 606 p.

9 Andrienko, M. V. Methodology for studying rootstocks of fruit crops in the Ukrainian SSR [Text] / M.V. Andrienko, I.P. Gulko. - Kyiv, UNIS, 1990. - 103 p.

10 Dospekhov, B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). [Text] / B.A. Dospekhov. -M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.

11 Alferov, V.A. Rootstocks of fruit species [Text]: / V.A. Alferov, T.S. Ivashkova, G.M. Dey // *Nursery of fruit, berry and nut crops*. - Krasnodar. Publishing, printing and book-selling production association "Adygea", 1992. - P. 14-33.

12 Alferov, V.A. Technological reserves for obtaining high-quality planting material [Text] / V.A. Alferov // *Optimization of breed-variety composition and cultivation systems of fruit crops*. - Krasnodar, SKZ NIISV Russian Agricultural Academy, 2003. - P. 280-287.

13 Andreeva, N.V. Influence of rootstocks on the growth and fruiting of various apple varieties [Text] / N.V. Andreeva // *Problems of horticulture intensification*. - Michurinsk: Michurinsk Production Printing Association, 1989. - 213 p. - P. 25 - 26.

14 Andrienko, M.V. Methodology for studying rootstocks of fruit crops in the Ukrainian SSR [Text] / M.V. Andrienko, I.P. Gulko. - Kyiv, 1990. - 103 p.

15 Popov, V.N. Seed production of fruit crops and its importance in improving the quality of horticultural products [Text] / V.N. Popov // *The state and ways to improve the efficiency of horticulture in the Krasnodar Territory*. - Krasnodar, 1997. - P. 60-71.

16 Efimova, I.L. Fruiting of apple trees on different dwarf rootstocks depending on planting density [Text] / I.L. Efimova // *Fruit growing and berry growing of Russia*. -2017. - T. XLIX. - P.121-124.

17 Efimova, I.L. Application of growth regulators in the mother plantation of apple rootstocks [Text] / I.L. Efimova, N.V. Droficheva // *Fruit growing and berry growing of Russia*. – 2011. – T. 26. – P. 348-352.

18 Fallahi, E. Effects of tree rootstocks on photosynthesis, leaf mineral nutrition, and vegetative

growth of BC-2 Fuji apple trees. [Text]/ E. Fallahi, I.J.Chun, G.H. Neilsen, W. M. Colt //J. Plant Nutr. -2001, - No.24, -P. 827–834.

19 Hermans, C. How do plants respond to nutrient shortages by biomass allocation. [Text]/ C. Hermans, J.P. Hammond, P.J. White, N. Verbruggen //Trends Plant Sci. -2006, - No.11, - P.610–617.

20 Kviklys, D. Baltic fruit rootstock studies: evaluation of 12 apple rootstocks in North-East Europe. [Text] / D. Kviklys, N. Kvikliene, A. Bite, J. Lepsis, T. Univer, N. Univer, N. Uselis, J. Lanauskas, L. Buskiene.// Hort. Sci. -2012, - No.39, -P.1–7.

21 Kviklys, D. Baltic fruit rootstock studies: evaluation of apple (*Malus domestica* Borkh.) new rootstocks. [Text] / D.Kviklys, N. Kvikliene, P. Bielicki, A.Bite, J. Lepsis, T.Univer, N.Univer, N.Uselis, J. Lanauskas // Zemdirbyste. – 2013, - No.100, -P. 441–446 22 Alizadeh, A. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. [Text] / A.Alizadeh, V. Alizade, L. Nassery, A.Eivazi // Tech. J. Eng. App. Sci. -2011, - No.1 (3), -P.86–94.

23 Atkinson, D.G. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. [Text] / D.G. Atkinson // Hort. Rev. -1980, - No.2, -P.424–490.

ТҮЙІН

Мақалада алма ағаштарының тамырсабақтары мен сорт-тамыр сабақ комбинацияларын зерттеу нәтижелері көрсетілген.

Алма ағашының тамыр сабақтарының маңызды көрсеткіштерінің бірі олардың өнімділігі – аудан бірлігіне өнімділігі мен сапасы.

Үш жыл ішінде орташа 17736,1 дананы гектарға құрайтын 3 Буз.бор тамыр сабағы бойынша жеткілікті жоғары өнімділігі байқалды бұл бақылау нұсқасымен салыстырғанда 68%-ға жоғары болды.

Тамыр сабақ алма түріне айтарлықтай әсер етеді. ОБ 3-4 бақыланатын тамыр сабақ 1 баллға, кесінділердің тамыр алу қабілетіне жоғары. СА-1, СА-1, 1 Буз.бор сынамасы, 3 Буз.б, 18-7, СПС-7, ОБ 3-7 қызыл, 57-225 сынамаларының зерттелген тамыр сабақтарының ішінде 2 баллмен бағаланды және іс жүзінде әлсіз тармақталуы болды.

Тамыр сабақтар өркендерінің өсуі үздіксіз жүріп отырды, тамырдың максималды мүмкіндігін біз СА-2 тамыр сабақта, 1 Буз.бор, К-2, АРМ-18, ОБ 3-4 тамыр сабақтар селекциясында және төмендеуін Парадизам Сердюкова және СПС-7 тамыр сабақтарында байқадық.

Алынған нәтижелер біржылдық көшеттердің сақталуына бүршіктенудің айтарлықтай әсер еткенін көрсетті. Сонымен, Аэлита сортында вегетациялық кезеңнің соңына қарай 62-396 тамыр сабақта бүршіктену кезінде көшеттердің сақталуы 100%, ал Народное және Беркутовское сорттарында бүршіктену сақталуы сәйкесінше 53 және 63% көрсетті және бұл көрсеткіштер тәжірибеде тамыр сабақтары мен сорттары үшін ең төмен болды. Народное және Беркутовское сорттарының бүршік жаруы бойынша ОБ 3-4 тамыр сабақтың біржылдық көшеттерді сақталуы жағынан үздік болып шықты.

УДК 636.32/.38; 636.012; 59.002
МРНТИ 34.15.2; 68.39.31

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-120-129

Каримов Н.Ж., Ph.D, основной автор, <https://orcid.org/0000-0003-2445-6953>

РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45, 050040, Казахстан, peksg55@gmail.com

Кенжебекова Р.Т., Ph.D студент, <https://orcid.org/0000-0003-4343-5402>

РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45, 050040, Казахстан, rozakenzhebekova344@gmail.com

Чортонбаев Т.Д., д.с.н, профессор, <https://orcid.org/0009-0001-6807-5346>

«Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И.Скрябина» МОН КР, г. Бишкек, ул. Медерова, 68, 720005, Кыргызстан, tyrgoot@mail.ru

Karimov N., Ph.D, the main author, <https://orcid.org/0000-0003-2445-6953>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45,050040, Kazakhstan, peksg55@gmail.com

Kenzhebekova R., Ph.D student, <https://orcid.org/0000-0003-4343-5402>

RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, Almaty, st. Timiryazev 45, 050040, Kazakhstan, rozakenzhebekova344@gmail.com

Chortonbaev T., doctor of agricultural sciences, professor, «Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin» MES KR, Bishkek, Mederova st., 68, 720005, Kyrgyzstan, tyrgoot@mail.ru

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ЦЕННЫХ ПОРОДАХ ОВЕЦ КАЗАХСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ОБЩЕПОПУЛЯЦИОННОМ АСПЕКТЕ ANALYSIS OF STATISTICAL DATA ON VALUABLE BREEDS OF KAZAKH SHEEP IN A POPULATION-WIDE ASPECT

Аннотация

В данном исследовании проводится комплексная оценка статистических показателей ценных пород овец казахской селекции. Исследование затрагивает пять широко распространенных в Казахстане пород овец: Едильбай, казахская тонкорунная порода, Акжайык, казахская полугрубошерстная порода и Сарыарка. Особое внимание уделяется происхождению этих пород и их роли в сельскохозяйственной практике региона. Генотипизация с использованием технологий Illumina Beadchip и Illumina OvineSNP50 оценивает генетическое разнообразие данных пород, а также наблюдаемую и ожидаемую гетерозиготность и индекс фиксации Райта.

Методика исследования основана на сборе образцов ДНК с 11 казахстанских ферм, что гарантирует репрезентативность исходных данных. Использование системы Illumina iScan для генотипирования SNP маркеров позволило определить уровень генетического разнообразия между популяциями.

Результаты исследования не только показывают текущее состояние генетической структуры пород, но и дают возможность прогнозировать направления их селекционного развития. Анализы показателей гетерозиготности и индексов фиксации Райта демонстрируют уникальность казахских пород овец с точки зрения генетики, что имеет большое значение для развития национального сельского хозяйства и сохранения генетического разнообразия.

Исследование улучшает наше понимание генетического потенциала казахских пород овец, предоставляя полезные данные для разработки стратегий сохранения и оптимизации селекционных работ. Собранные данные могут быть использованы для разработки эффективных методов селекции, которые улучшат сельскохозяйственные характеристики этих пород, такие как устойчивость к болезням, качество шерсти и повышение продуктивности.

ANNOTATION

This study conducts a comprehensive evaluation of statistical indicators of valuable breeds of Kazakh selection sheep. The research covers five widely spread breeds in Kazakhstan: Edilbai, Kazakh fine-wool breed, Akzhaiyk, Kazakh semi-coarse wool breed, and Saryarka. Special attention is given to the origin of these breeds and their role in the agricultural practices of the region. Genotyping using Illumina Beadchip and Illumina OvineSNP50 technologies assesses the genetic diversity of these breeds, as well as observed and expected heterozygosity and Wright's fixation index.

The research methodology is based on the collection of DNA samples from 11 Kazakh farms, ensuring the representativeness of the initial data. The use of the Illumina iScan system for SNP marker genotyping has allowed for the determination of the level of genetic diversity among populations.

The results of the study not only show the current state of the genetic structure of the breeds but also provide the ability to predict the directions of their selective development. Analyses of heterozygosity indicators and Wright's fixation indexes demonstrate the uniqueness of Kazakh sheep breeds from a genetic point of view, which is of great importance for the development of national agriculture and the preservation of genetic diversity.

The research improves our understanding of the genetic potential of Kazakh sheep breeds, providing useful data for developing conservation strategies and optimizing breeding work. The

collected data can be used to develop effective breeding methods that will improve the agricultural characteristics of these breeds, such as disease resistance, wool quality, and increased productivity.

Ключевые слова: овцы, генотипирование, статистические показатели, генетическое разнообразие, популяция;

Key words: sheep, genotyping, statistical indicators, genetic diversity, population.

Введение. Овцеводство, как сфера животноводства, приобретает особенное значение, поскольку овцы представляют собой важный ресурс для человечества, обеспечивая ценным мясом, шерстью, кожей и молоком. Современные исследования, проводимые учеными по всему миру, фокусируются на генетических особенностях овец с целью усовершенствования их сельскохозяйственных характеристик. В этом контексте акцент делается на улучшении устойчивости к болезням, повышении качества шерсти, увеличении живой массы и выхода мяса [1-4].

В современном мире аграрной науки и животноводства оценка общепопуляционных статистических показателей имеет огромное значение для эффективного развития сельского хозяйства и повышения продуктивности животноводства. Особое внимание уделяется оценке генетического потенциала различных пород скота, и одними из ключевых ценных пород овец, являющихся объектом внимания многих исследователей, являются овцы казахской селекции [2, 3, 5-7].

В ранее проведенном группой исследователей комплексном метаанализе были синтезированы данные многочисленных исследований, чтобы предоставить обновленные оценки наследственности и генетических корреляций в отношении роста, размножения, устойчивости к паразитам, характеристик шерсти и туши. Эти параметры имеют жизненно важное значение для программ разведения, особенно в развивающихся странах, где овцеводство является важной сельскохозяйственной деятельностью [8].

Генетические основы репродуктивных качеств и роста ягнят были дополнительно выяснены в последующих исследованиях, которые использовали полногеномные исследования ассоциаций (GWAS) и анализ обогащения набора генов, чтобы точно определить гены, влияющие на эти признаки у иранских белуджских овец. Это исследование подчеркивает потенциал целевых стратегий селекции для улучшения этих экономически значимых признаков [9].

Другая исследовательская группа определила ключевые генетические маркеры, связанные с массой тела и особенностями телосложения у новорожденных овец, что дает представление о генетической архитектуре, которую можно использовать для улучшения этих признаков с помощью программ селекционного разведения [10].

Эти исследования в совокупности расширяют наше понимание генетических факторов, влияющих на характеристики овец, и подчеркивают важность интеграции генетической информации в программы разведения для оптимизации продуктивности и устойчивости овцеводства.

В данном исследовании рассматриваются пять пород овец, широко распространенных в Казахстане: Едильбай, Казахская тонкорунная, Акжайык, Казахская полугрубошерстная и Сарыарка. Порода Едильбай традиционно считается потомком древних пород овец Казахстана [3]. Она была создана в конце 19-го века в регионе Западного Казахстана и, вероятно, произошла от скрещивания астраханских овец с местными породами, хотя нет документальных данных о том, как эта порода была произведена. Овцы Едильбай хорошо приспособлены к условиям сухих степей и пустынь и выпасаются практически круглый год. Эта порода вызывает особый интерес, так как анализ митохондриальной ДНК подтверждает генетическую близость Едильбай к гипотетическому предку современных пород овец, хотя она не была дополнительно сравнена с другими породами овец, распространенными по всему миру [2, 11].

Порода Едильбай широко использовалась как источник для выведения других пород, таких как Казахская полугрубошерстная и Сарыарка. Работы над Казахской полугрубошерстной начались с трудов В.А. Бальмонта (Бальмонт, 1968). Жирнохвостая порода Сарыарка была создана в период с 1970 по 1998 год путем скрещивания улучшенных исходных жирнохвостых полугрубошерстных казахских овец с овцами Едильбай, с последующим

инбридингом животных нужного типа. Эти овцы характеризуются крепким здоровьем, что позволяет пасти их круглый год [11, 12].

Порода Казахская тонкошерстная овец была одобрена в качестве независимой породы 28 сентября 1945 года. Работы над этой породой начались В.А. Бальмонтом в 1931 году на юго-востоке Казахстана и включали в себя скрещивание Казахских овец с жирными хвостами и тонкошерстными овцами прекос. Животные этой породы отличаются быстрым ростом, крепким здоровьем и хорошей адаптацией к пастбищному выпасу круглый год [12, 13].

Мясо-шерстная порода Акжайык была выведена на востоке Казахстана в 1996 году путем сложного репродуктивного скрещивания овец с тонкой и полугрубой шерстью с баранами линкольнского и ромниевского типа, а затем инбридинга животных нужного типа. В течение многих лет научное руководство по отбору и разведению породы Акжайык осуществлялось В.В. Терентьевым [14].

В целом, существует недостаток детальных генетических исследований казахских пород овец. Поэтому, в данной работе, мы представляем результаты исследования по генотипизации овец в Казахстане с использованием технологии Illumina Beadchip и Illumina OvineSNP50 для анализа генетического разнообразия пяти местных пород казахских овец. Полученные генетические данные будут проанализированы и получат оценку по основным общепопуляционным статистическим показателям, включая анализ ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности, индекс фиксации Райта (Wright's fixation index). Мы исследуем эти важные статистические параметры, чтобы более глубоко понять генетическую структуру и потенциал этих пород, а также выявить факторы, влияющие на их генетическое разнообразие. Наша работа будет способствовать развитию эффективных методов селекции и сохранению генетических ресурсов казахских овец для будущих поколений.

Материалы и методы исследований. Образцы пяти пород овец были предоставлены 11 фермами по всему Казахстану: "Бирлик", "Атамекен", "Куаныш", "Салтанат" из Западно-Казахстанского региона; "Ажар" и "Р-Курты" из региона Алматы; "Кара Адыр" и "Хасиев" из Восточно-Казахстанского региона; "Отканжар" и "Сарысу" из Карагандинского региона; "Алтын Асель" из Актыбинского региона. Образцы из ушей овец были собраны, фиксированы этанолом и хранились при температуре -20°C . Перед обработкой образцы дважды промывались фосфатным буфером для удаления фиксаторов. ДНК извлекалась с использованием наборов для очистки ДНК и РНК MasterPure Complete (Lucigen Simplifying Genomics, США) и разбавлялась до концентрации 50 нг/мкл.

Генотипирование SNP проводилось с использованием системы Illumina iScan с микрочипами OvineSNP50 в соответствии с протоколом производителя [15, 16]. Исходные данные интенсивности в формате данных Illumina (IDAT) загружались в модуль генотипирования программы GenomeStudio v.2.0.4 для определения генотипов и контроля качества [15]. После начальной кластеризации SNP и статистической оценки выбрасывались образцы, у которых медианный показатель GC и частота вызова были менее 0,9, и заново рассчитывались статистические данные SNP. Все данные, которые остались после фильтрации (медианный показатель $\text{GC} \geq 0,9$ и частота вызова $\geq 0,9$ для образцов и SNP), экспортировались в формат PLINK (ped+map) с использованием плагина PLINK Input Report v2.1.4 для GenomeStudio. SNP с минорным аллельным частотным показателем (MAF) $< 0,02$ и отклонениями от равновесия Харди-Вайнберга на критическом уровне значимости 0,0001 исключались из набора данных с помощью программы PLINK 1.9 [17, 18].

Результаты и их обсуждение. Была проведена подготовка и отбор образцов ДНК для последующего молекулярно-генетического анализа. Из общего числа 6.161 образца и 54.241 однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) было отобрано 4.659 образцов и 30.597 SNP, соответствующих заданным критериям качества. 1502 образца были исключены из-за спорных или неподтвержденных происхождений, в результате чего для анализа осталось 4659 образцов. Было исключено 4063 SNP с низкой минорной аллельной частотой (MAF), отклоняющихся от равновесия Харди-Вайнберга ($p < 0,0001$), а также маркеры, не имеющие определенного геномного положения и не относящиеся к аутосомным маркерам [19].

В результате, для дальнейшей обработки оставалось 26.534 SNP маркера. Процент образцов, соответствующих критериям качества, различалось в зависимости от популяции.

Образцы, взятые с ферм "Бирлик" (порода Едильбай), "Кара Адыр" (порода Казахская полугрубошерстная) и "Куаныш" (порода Акжайык), проявляют самые высокие показатели качества генотипирования во всех популяциях, соответствуя среднему баллу GC-пар. Однако, образцы из хозяйств "Отканжар" и "Алтын Асель" (порода Казахская полугрубошерстная) демонстрируют низкое качество генетического материала, что может быть связано с различиями в условиях хранения и транспортировки материала между хозяйствами. Из общего числа 59 и 78 образцов соответственно были выбраны как подходящие для дальнейшего анализа.

Проведен анализ генетического разнообразия (H_e , H_o , F_{st}) для всех популяций овец [20]. Все популяции имеют схожие уровни наблюдаемой гетерозиготности (H_o), составляющей в среднем 0,385, что значительно не отличается от ожидаемой гетерозиготности (H_e). Значения ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности близки у всех пород. Индекс фиксации Райта (F_{st}) варьировал среди популяций, указывая на различия в генетической структуре.

Наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность пород и индексы фиксации Райта отражены в таблицах 1 и 2.

Для визуализации полученных данных были построены графики отображающие индексы фиксации Райта (Heatmap plots). Коэффициент фиксации Райта показывает степень генетического различия между популяциями, чем меньше значение, тем меньше различаются популяции. На графиках значения индекса представлены разными оттенками цвета: меньшим значениям соответствуют более светлые квадраты, более высоким – темные [21].

Самый низкий в пределах породы F_{st} (fixation index) находится между двумя популяциями Едильбай. Парный F_{st} в популяции казахских полугрубошерстных овец варьирует от 0,0089 (Алтын-Асель и Отканжар) до 0,0177 (Кара-Адыр и Отканжар). F_{st} между породами различается и позволяет разделить все популяции на две группы: Едильбай, Сарыарка, Казахская полугрубошерстная и Акжайык, Казахская тонкорунная.

Таблица 1 – Наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность пород

Порода	Популяция	Ожидаемая гетерозиготность (H_e)	Наблюдаемая гетерозиготность (H_o)
Акжайык	Атамекен	0,3835	0,3888
	Куаныш	0,3831	0,3892
	Салтанат	0,3865	0,3915
Едильбай	Бирлик	0,3827	0,3725
	Ажар	0,3742	0,3808
Казахская тонкорунная	Р-Курты	0,3866	0,3869
Казахская полугрубошерстная	Алтын Асель	0,3764	0,3849
	Кара Адыр	0,3711	0,3733
	Хасиев	0,3739	0,3769
	Отканжар	0,3765	0,3889
Сарыарка	Сарысу	0,3729	0,3750

Отдельные значения F_{st} по хромосомам показывают аналогичное распределение, за исключением хромосомы 16 (рис. 1). Хромосома 16 (рисунок 1 (с)) демонстрирует более высокие значения F_{st} по сравнению с хромосомами 1 и 26, что указывает на большую степень генетической дифференциации между популяциями. Высокие значения F_{st} на хромосоме 16

могут свидетельствовать о сильном влиянии селекции или о существовании на этой хромосоме генов, важных для адаптации. Кроме того, рисунок 1(с) показывает уникальные паттерны распределения генетической дифференциации, что дополнительно подтверждает генетические отличия, связанные с историческими селекционными процессами или природными факторами, имеющими воздействие на эту конкретную хромосому. По всей видимости, 16-я хромосома может содержать важные гены, отвечающие за устойчивость к болезням, продуктивность или другие экономически важные характеристики.

Таблица 2 – Парные индексы фиксации Райта (Fst - fixation index)

Популяция	Атамекен	Куаныш	Салтанат	Бирлик	Ажар	Р-Курты	Алтын Асель	Кара Адыр	Хасиев	Отканжар	Сарысу
Атамекен		0,0103	0,0108	0,0363	0,0349	0,0184	0,0335	0,0373	0,0349	0,0346	0,0381
Куаныш	0,0103		0,0134	0,0365	0,0348	0,0187	0,0329	0,0375	0,0346	0,0340	0,0379
Салтанат	0,0108	0,0134		0,0301	0,0278	0,0111	0,0252	0,0315	0,0280	0,0261	0,0309
Бирлик	0,0363	0,0365	0,0301		0,0052	0,0345	0,0109	0,0186	0,0155	0,0161	0,0139
Ажар	0,0349	0,0348	0,0278	0,0052		0,0322	0,0112	0,0193	0,0161	0,0159	0,0146
Р-Курты	0,0184	0,0187	0,0111	0,0345	0,0322		0,0298	0,0344	0,0313	0,0300	0,0354
Алтын Асель	0,0335	0,0329	0,0252	0,0109	0,0112	0,0298		0,0168	0,0131	0,0095	0,0132
Кара Адыр	0,0373	0,0375	0,0315	0,0186	0,0193	0,0344	0,0168		0,0122	0,0193	0,0213
Хасиев	0,0349	0,0346	0,0280	0,0155	0,0161	0,0313	0,0131	0,0122		0,0155	0,0180
Отканжар	0,0346	0,0340	0,0261	0,0161	0,0159	0,0300	0,0095	0,0193	0,0155		0,0168
Сарысу	0,0381	0,0379	0,0309	0,0139	0,0146	0,0354	0,0132	0,0213	0,0180	0,0168	

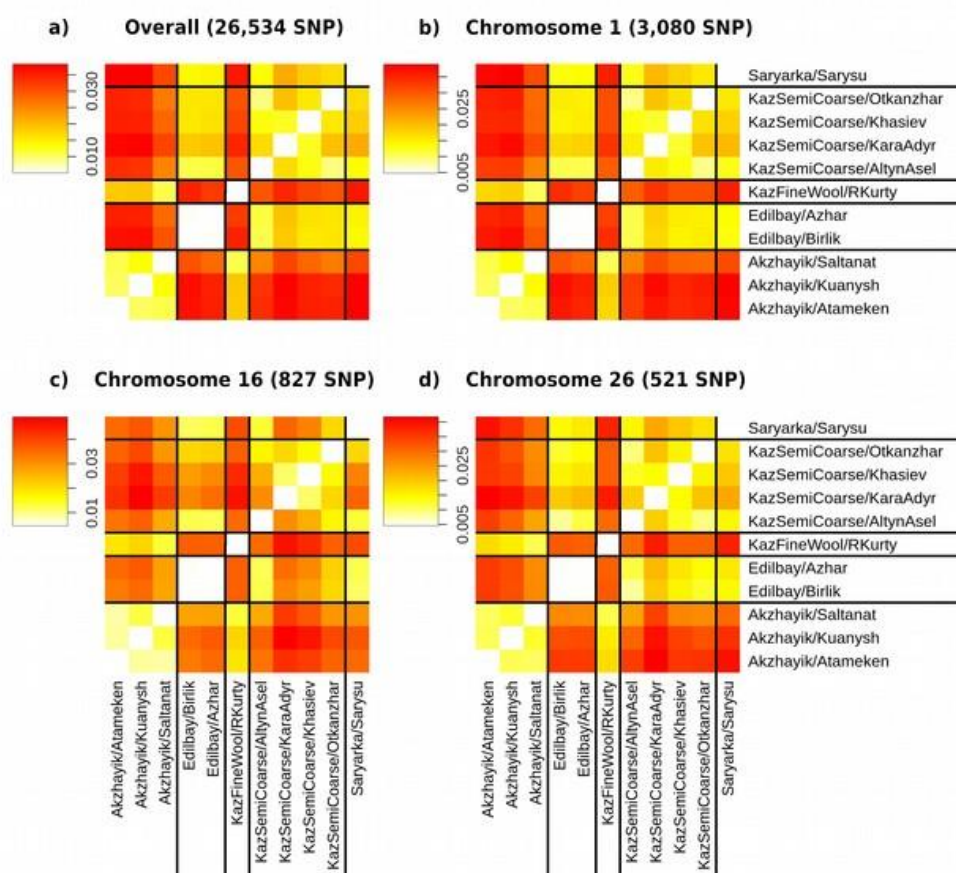


Рисунок 1 – Графики, иллюстрирующие парные индексы фиксации Райта для аутосом овец

Кроме того, на полученных графиках и таблицах можно наглядно увидеть различия в межпопуляционных значениях F_{st} для 16 хромосомы для популяций полугрубошерстных пород. Популяции из хозяйств Хасиев и Кара-Адыр значительно отличаются не только от других пород, но также от популяций хозяйств Отканжар и Алтын Асель той же породы. Это является дополнительным свидетельством специфики селекционных программ или различий экологических условий в разных регионах, что, в итоге, влияет на генетическую структуру популяции.

Наши результаты согласуются с выводами Tarjo и соавторов, которые сообщали о значительном генетическом разнообразии овец в Евразии. В этом исследовании использовали микросателлитные маркеры для оценки генетической структуры домашних овец и выявили высокую степень генетической вариабельности в популяциях северной Евразии [1]. Однако наше исследование углубляет эти выводы, предоставляя подробные данные по конкретным казахским породам, которые ранее были изучены недостаточно.

Другое исследование, проведенное Gholizadeh и соавторами выявило ассоциации между генетическими маркерами и признаками массы тела у белуджийских овец в Иране, подчеркивая важность геномных исследований для улучшения экономически значимых признаков овец [2]. Наше исследование дополняет эти результаты, показывая, что казахские породы также обладают значительным генетическим разнообразием, которое можно использовать для селекционных целей.

Исследование Esmaeili-Fard и соавторов также является значимым в контексте нашего исследования. Они использовали ассоциативное картирование и анализ обогащения путей для определения генов, влияющих на продуктивные признаки овец, и выявили ключевые гены и пути, влияющие на продуктивность [9]. В нашем исследовании также были идентифицированы генетические маркеры на 16-й хромосоме, которые могут существенно влиять на селекционный процесс. Эти данные подтверждают возможность использования геномных данных для улучшения селекционных программ.

Наша работа подтверждает, что казахские породы овец обладают значительным генетическим разнообразием. Подобные исследования локальных пород овец сохраняют свою актуальность и проводятся по всему миру [22-24], в связи с увеличением возможностей использования генетических данных. Так, в исследовании Fariello и соавторов анализировали данные Sheep HarMap и выявили сигнатуры отбора в мировых популяциях, используя методы, учитывающие иерархическую структуру популяций и информацию о неравновесии сцепления генов [23]. Работа Kijas и соавторов посвящена изучению генетической структуры овец на основе данных SNP, выявив значительное генетическое разнообразие внутри и между различными популяциями овец [24].

Заключение. В заключение, это исследование использует современные технологии Illumina BeadChip и Illumina OvineSNP50 для проведения глубокого анализа генетического разнообразия пяти основных пород казахских овец. Результаты показывают значительную генетическую вариабельность как внутри пород, так и между породами, что подчеркивает уникальность генетического состава этих пород. Индексы фиксации Райта и уровни гетерозиготности показали, насколько важно сохранить генетическое разнообразие казахских пород овец. Исследование предоставляет важную базу данных для разработки стратегий по сохранению и оптимизации селекционных работ, способствуя улучшению сельскохозяйственных характеристик этих пород, таких как устойчивость к болезням, качество шерсти и повышение продуктивности.

Таким образом, тщательное изучение разнообразия и генетической структуры казахских пород овец помогает нам понять эволюционное происхождение и адаптационные особенности этих пород, а также открывает новые возможности для селекционной работы, направленной на сохранение и развитие ценных аграрных ресурсов Казахстана.

Полученные результаты исследований позволят в дальнейшем выбирать и предсказывать направление селекционного процесса с учетом генетических характеристик данных ценных пород овец.

Примечание. Работа была выполнена в рамках проекта AP19577569 «Молекулярно-генетический анализ генофонда казахстанских популяций *Saiga tatarica tatarica* на основе полногеномного SNP-генотипирования»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Tapio, M. Microsatellite-based genetic diversity and population structure of domestic sheep in northern Eurasia [Text] / M. Tapio et al. // BMC Genet. – Vol. 11. – P. 76. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-76>
- 2 Gholizadeh, M. Genome wide association study of body weight traits in Baluchi sheep [Text] / M. Gholizadeh, G. Rahimi-Mianji, A. Nejati-Javaremi // J. Genet. – Vol. 94. – P. 143–146. <https://doi.org/10.1007/s12041-015-0469-1>
- 3 Isaeva, D. Characteristics of the Edilbay sheep breed of the Republic of Kazakhstan [Text] / D. Isaeva, O. Korotkevich // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-61-4-157-163>
- 4 Zhumadillayev, N. Improved productivity of sheep Edilbaevskoy, Saryarka and Kazakh fat-tailed semi-coarse-wooled breeds on the basis of the use of linear rams [Text] / N. Zhumadillayev et al. // Sheep, goats, woolen business. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-4-6-9>
- 5 Ombayev, A. Astrakhan breeds sheep of Kazakhstan [Text] / A. Ombayev et al. // , 55. – P. 17-23. <https://doi.org/10.32014/2020.2224-526x.3>
- 6 Begembekov, K. Economic efficiency of breeding of Aktohaysky sheep in scan fodding conditions of desert zones of central Kazakhstan [Text] / K. Begembekov et al. <https://doi.org/10.23947/INTERAGRO.2020.2.516-520>
- 7 Zhumadillayev, N., Production, F., Yuldashbayev, Y., Karynbayev, A. (2020). Improved productivity of sheep Edilbaevskoy, Saryarka and Kazakh fat-tailed semi-coarse-wooled breeds on the basis of the use of linear rams [Text] / N. Zhumadillayev et al. // Sheep, goats, woolen business. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-4-6-9>
- 8 Medrado, B. Meta-analysis of genetic parameters for economic traits in sheep [Text] / B. Medrado, V. Pedrosa, L. Pinto // Livestock Science. – Vol. 247. – P. 104477. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2021.104477>
- 9 Esmaeili-Fard, S. Genes and pathways affecting sheep productivity traits: Genetic parameters, genome-wide association mapping, and pathway enrichment analysis [Text] / S. Esmaeili-Fard et al. // Frontiers in Genetics. – Vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.710613>
- 10 Tao, L. Genome-wide association study of body weight and conformation traits in neonatal sheep [Text] / L. Tao et al. // Animal genetics. <https://doi.org/10.1111/age.12904>
- 11 Ermekov, M. A. Fat tailed sheep of Kazakhstan [Text] / M. A. Ermekov, A.V. Golodnov // Kaynar, Almaty. [In Russian].
- 12 Balmont, V. A. About application of heterosis in sheep husbandry [Text] / V.A. Balmont // Kolos [In Russian; original title: Ob ispol'zovanii geterozisa v ovcevodstve].
- 13 Balmont, V. A. Improvement of Kazakh fine-wool sheep breed on experimental farm named after Mynabyev [Text] / V. A. Balmont // Proc. Inst. Anim. Husb. Kazakh branch VASKhNIL 4 [In Russian; original title: Sovershenstvovanie kazahskoj tonkorunnoj porody ovec na eksperimental'noj baze im. Mynbaeva].
- 14 Terentyev, V. V. Development of new type of meat and wool crossbreed sheep in Western Kazakhstan [Text] / V. V. Terentyev // Development of New Breeds of Domestic Animals in Agriculture. Agropromizdat. – P. 199–203.
- 15 [Software] Illumina (2016). GenomeStudio Genotyping Module [Text]// <https://emea.illumina.com/techniques/microarrays/array-data-analysis-experimental-design/genomestudio.html>.
- 16 Magee, D. Technical note: High fidelity of whole-genome amplified sheep (*Ovis aries*) deoxyribonucleic acid using a high-density single nucleotide polymorphism array-based genotyping platform [Text] / D. Magee et al. // Journal of Animal Science. – Vol. 88(10). – P. 3183-3186. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2723>
- 17 Core Team, R. A language and environment for statistical computing [Text] / R. Core Team // <https://www.r-project.org>.
- 18 Chang, C. Second-generation PLINK: Rising to the challenge of larger and richer datasets [Text] / C. Chang et al. // GigaScience. – Vol. 4. <https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8>

- 19 Graffelman, J. A genome-wide study of Hardy-Weinberg equilibrium with next generation sequence data [Text] / J. Graffelman, D. Jain, B. S. Weir // Human Genetics. – Vol. 136(6). – P. 727–741. <https://doi.org/10.1007/s00439-017-1786-7>
- 20 Karsli, B. Assessment of genetic diversity and differentiation among four indigenous Turkish sheep breeds using microsatellites [Text] / B. Karsli et al. // Archives Animal Breeding. – Vol. 63. – P. 165-172. <https://doi.org/10.5194/aab-63-165-2020>
- 21 Pojskić, N. INGDIF - Simple measure based on analysis of genetic differentiation [Text] / N. Pojskić // , 1. – P. 56-58. <https://doi.org/10.31383/GA.VOL1ISS2PP56-58>
- 22 Денискова, Т.Е. Генетическая характеристика локальных пород овец Республики Таджикистан на основе применения STR-маркеров [Текст] / Т.Е. Денискова, Н.А. Раджабов, А.Н. Махмадшоев, В.А. Багиров, Н.А. Зиновьева // Генетика и разведение животных. – Вып. 1. – С. 3-8.
- 23 Fariello, M. Selection Signatures in Worldwide Sheep Populations [Text] / M. Fariello et al. // PLoS ONE. – Vol. 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103813>.
- 24 Kijas, J. A Genome Wide Survey of SNP Variation Reveals the Genetic Structure of Sheep Breeds [Text] / J. Kijas et al. // PLoS ONE. – Vol. 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004668>.

REFERENCES

- 1 Tapio, M. Microsatellite-based genetic diversity and population structure of domestic sheep in northern Eurasia [Text] / M. Tapio et al. // BMC Genet. – Vol. 11. – P. 76. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-76>
- 2 Gholizadeh, M. Genome wide association study of body weight traits in Baluchi sheep [Text] / M. Gholizadeh, G. Rahimi-Mianji, A. Nejati-Javaremi // J. Genet. – Vol. 94. – P. 143–146. <https://doi.org/10.1007/s12041-015-0469-1>
- 3 Isaeva, D. Characteristics of the Edilbay sheep breed of the Republic of Kazakhstan [Text] / D. Isaeva, O. Korotkevich // Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-61-4-157-163>
- 4 Zhumadillayev, N. Improved productivity of sheep Edilbaevskoy, Saryarka and Kazakh fat-tailed semi-coarse-wooled breeds on the basis of the use of linear rams [Text] / N. Zhumadillayev et al. // Sheep, goats, woolen business. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-4-6-9>
- 5 Ombayev, A. Astrakhan breeds sheep of Kazakhstan [Text] / A. Ombayev et al. // , 55. – P. 17-23. <https://doi.org/10.32014/2020.2224-526x.3>
- 6 Begembekov, K. Economic efficiency of breeding of Aktohaysky sheep in scan foddering conditions of desert zones of central Kazakhstan [Text] / K. Begembekov et al. <https://doi.org/10.23947/INTERAGRO.2020.2.516-520>
- 7 Zhumadillayev, N., Production, F., Yuldashbayev, Y., Karynbayev, A. (2020). Improved productivity of sheep Edilbaevskoy, Saryarka and Kazakh fat-tailed semi-coarse-wooled breeds on the basis of the use of linear rams [Text] / N. Zhumadillayev et al. // Sheep, goats, woolen business. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2020-4-6-9>
- 8 Medrado, B. Meta-analysis of genetic parameters for economic traits in sheep [Text] / B. Medrado, V. Pedrosa, L. Pinto // Livestock Science. – Vol. 247. – P. 104477. <https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2021.104477>
- 9 Esmaeili-Fard, S. Genes and pathways affecting sheep productivity traits: Genetic parameters, genome-wide association mapping, and pathway enrichment analysis [Text] / S. Esmaeili-Fard et al. // Frontiers in Genetics. – Vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.710613>
- 10 Tao, L. Genome-wide association study of body weight and conformation traits in neonatal sheep [Text] / L. Tao et al. // Animal genetics. <https://doi.org/10.1111/age.12904>
- 11 Ermekov, M. A. Fat tailed sheep of Kazakhstan [Text] / M. A. Ermekov, A. V. Golodnov // Kaynar, Almaty. [In Russian].
- 12 Balmont, V. A. About application of heterosis in sheep husbandry [Text] / V. A. Balmont // Kolos [In Russian; original title: Ob ispol'zovanii geterozisa v ovcevodstve].
- 13 Balmont, V. A. Improvement of Kazakh fine-wool sheep breed on experimental farm named after Mynabyev [Text] / V. A. Balmont // Proc. Inst. Anim. Husb. Kazakh branch VASKhNIL 4 [In

Russian; original title: Sovershenstvovanie kazahskoj tonkorunnoj porody ovec na eksperimental'noj baze im. Mynbaeva].

14 Terentyev, V. V. Development of new type of meat and wool crossbreed sheep in Western Kazakhstan [Text] / V. V. Terentyev // Development of New Breeds of Domestic Animals in Agriculture. Agropromizdat. – P. 199–203.

15 [Software] Illumina (2016). GenomeStudio Genotyping Module [Text] // <https://emea.illumina.com/techniques/microarrays/array-data-analysis-experimental-design/genomestudio.html>.

16 Magee, D. Technical note: High fidelity of whole-genome amplified sheep (*Ovis aries*) deoxyribonucleic acid using a high-density single nucleotide polymorphism array-based genotyping platform [Text] / D. Magee et al. // Journal of Animal Science. – Vol. 88(10). – P. 3183-3186. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2723>

17 Core Team, R. A language and environment for statistical computing [Text] / R. Core Team // <https://www.r-project.org>.

18 Chang, C. Second-generation PLINK: Rising to the challenge of larger and richer datasets [Text] / C. Chang et al. // GigaScience. – Vol. 4. <https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8>

19 Graffelman, J. A genome-wide study of Hardy-Weinberg equilibrium with next generation sequence data [Text] / J. Graffelman, D. Jain, B. S. Weir // Human Genetics. – Vol. 136(6). – P. 727–741. <https://doi.org/10.1007/s00439-017-1786-7>

20 Karsli, B. Assessment of genetic diversity and differentiation among four indigenous Turkish sheep breeds using microsatellites [Text] / B. Karsli et al. // Archives Animal Breeding. – Vol. 63. – P. 165-172. <https://doi.org/10.5194/aab-63-165-2020>

21 Pojskić, N. INGDIF - Simple measure based on analysis of genetic differentiation [Text] / N. Pojskić // , 1. – P. 56-58. <https://doi.org/10.31383/GA.VOL1ISS2PP56-58>

22 Deniskova, T.E. Geneticheskaya harakteristika lokal'nyh porod ovec Respubliki Tadzhikistan na osnove primeneniya STR-markerov [Tekst] / T.E. Deniskova, N.A. Radzhabov, A.N. Mahmashoev, V.A. Bagirov, N.A. Zinov'eva // Genetika i razvedenie zhivotnyh. – Vyp. 1. – S. 3-8.

23 Fariello, M. Selection Signatures in Worldwide Sheep Populations [Text] / M. Fariello et al. // PLoS ONE. – Vol. 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103813>.

24 Kijas, J. A Genome Wide Survey of SNP Variation Reveals the Genetic Structure of Sheep Breeds [Text] / J. Kijas et al. // PLoS ONE. – Vol. 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004668>

ТҮЙІН

Бұл зерттеуде қазақ селекциясының бағалы қой тұқымдарының статистикалық көрсеткіштеріне жан-жақты баға берілген. Зерттеу Қазақстанда кең таралған бес қой тұқымын қамтиды: Еділбай, қазақтың биязы жүнді тұқымы, Ақжайық, қазақтың жартылай биязы жүнді тұқымы және Сарыарқа. Бұл тұқымдардың шығу тегіне және олардың аймақтың ауыл шаруашылығы тәжірибесіндегі рөліне ерекше назар аударылады. Illumina Beadchip және Illumina OvineSNP50 технологияларын қолданатын генотиптеу осы тұқымдардың генетикалық әртүрлілігін, сондай-ақ байқалған және күтілетін гетерозиготалықты және Райттың фиксация индексі бағалайды.

Зерттеу әдістемесі қазақстандық 11 шаруашылықтан ДНҚ үлгілерін жинауға негізделген, бұл бастапқы деректердің репрезентативтілігіне кепілдік береді. SNP маркерлерін генотиптеу үшін Illumina iScan жүйесін пайдалану популяциялар арасындағы генетикалық әртүрлілік деңгейін анықтауға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері тұқымдардың генетикалық құрылымының қазіргі жағдайын көрсетіп қана қоймай, олардың селекциялық даму бағыттарын болжауға мүмкіндік береді. Гетерозиготалық көрсеткіштері мен Райт фиксация көрсеткіштерінің талдаулары ұлттық ауыл шаруашылығын дамыту және генетикалық әртүрлілікті сақтау үшін үлкен маңызы бар қазақ қой тұқымдарының генетикалық тұрғыдан бірегейлігін көрсетеді.

Зерттеу қазақ қой тұқымдарының генетикалық әлеуетін түсінуді жақсартады, табиғатты сақтау стратегияларын әзірлеу және асылдандыру жұмыстарын оңтайландыру үшін пайдалы деректер береді. Жиналған мәліметтер осы тұқымдардың ауруға төзімділігі, жүн сапасы және өнімділігін арттыру сияқты ауылшаруашылық сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік беретін тиімді өсіру әдістерін әзірлеу үшін пайдалануға болады.

УДК: 636.2:636.082.12
МРНТИ: 34.23.59

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-130-140

Ульянова Т.В., PhD, основной автор, <https://orcid.org/0000-0002-4814-2601>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, tatyana.poddudinskaya@gmail.com

Бейшова И.С., доктор биологических наук, ассоциированный профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2190>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, indira.bei@mail.ru

Шәмшідін Ә. С., кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5457-1720>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, 270180@mail.ru

Ковальчук А. М., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4106-4954>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, kovalchuk_s89@mail.ru

Кулбаев Р. М., магистр сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-9143-7264>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, rukhan89@mail.ru

Бейшов Р. С., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-6114-0002>

НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. Байтұрсынова 47, 110000, Республика Казахстан, mr.rus.kvn@mail.ru

Ulyanova T.V., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-4814-2601>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, tatyana.poddudinskaya@gmail.com

Beishova I. S., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2190>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, indira.bei@mail.ru

Shamshidin A. S., Candidate of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5457-1720>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, 270180@mail.ru

Kovalchuk A. M., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4106-4954>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, kovalchuk_s89@mail.ru

Kulbayev R.M., master of agricultural sciences, <https://orcid.org/0000-0001-9143-7264>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, rukhan89@mail.ru

Beishov R.S., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-6114-0002>

NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, mr.rus.kvn@mail.ru

РЕСЕКВЕНИРОВАНИЕ ПОЛНОГО ГЕНОМА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ WHOLE GENOME RESEQUENCING OF KAZAKH WHITE-HEADED CATTLE

Аннотация

В статье представлена характеристика первой полученной последовательности генома крупного рогатого скота казахской белоголовой породы в Казахстане.

Целью работы было провести ресеквенирование крупного рогатого скота казахской белоголовой породы, разводимой в Республике Казахстан.

Были собраны образцы цельной крови и волосных луковиц наиболее типичных эталонных представителей казахской белоголовой породы. Для проведения полногеномного ресеквенирования выделена ДНК из образцов отобранного биоматериала с использованием

коммерческих наборов «ДНК Экстран-2» (ООО «Синтол», РФ), «PureLink Genomic DNA Mini Kit» (Invitrogen, США). Качество выделенной ДНК проверяли в 1 %-ном агарозном геле. Концентрацию ДНК измеряли на спектрофотометре Agilent Cary 60. Секвенирование образцов проводилось по типу cPAS на платформе DNBSEQ-G400 в режиме парноконцевого секвенирования длиной 150 п.н. с генерацией не менее 9 ГБ данных на образец.

С использованием программы BWA 0.7.17 сиквенс казахской белоголовой породы был сопоставлен с самым последним доступным эталонным геномом *Bos taurus* ARS-UCD2.0 (GCF_002263795.3). Всего в геноме было идентифицировано 21 742 полиморфных вариантов, из которых 20 130 составили SNP, 1 612 - делеций/инсерций, 49 мультиааллельных вариантов и 19 мультиааллельных SNP. Было рассчитано соотношение транзиций/трансверсий (Ts/Tv), которое составило 1,79.

Таким образом, ресеквенирование генома казахской белоголовой породы является важным шагом для интенсификации мясного скотоводства и сохранения генофонда этой породы. Проведенная работа предоставляет собой исходные данные для дальнейших исследований с целью изучения генетических механизмов формирования основных хозяйственно-полезных признаков у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы и разработки для них генетических маркеров.

ANNOTATION

The article presents the characteristics of the first genome sequence obtained from Kazakh White-Headed cattle in Kazakhstan.

The aim of the work was to resequence Kazakh White-headed cattle bred in the Republic of Kazakhstan.

Whole blood and hair follicle samples were collected from the most typical reference representatives of the Kazakh White-Headed breed. To perform whole genome resequencing, DNA was isolated from samples of the selected biomaterial using commercial kits «DNA Extran-2» (ООО "Syntol", Russian Federation), "PureLink Genomic DNA Mini Kit" (Invitrogen, USA). The quality of isolated DNA was checked in 1% agarose gel. DNA concentration was measured using an Agilent Cary 60 spectrophotometer. Samples were sequenced according to cPAS type on the DNBSEQ-G400 platform in paired-end sequencing mode at a length of 150 bp, generating a minimum of 9 GB of data per sample.

Using BWA 0.7.17, the Kazakh White-Headed sequence was compared to the latest available *Bos taurus* ARS-UCD2.0 (GCF_002263795.3) reference genome. A total of 21,742 polymorphic variants were identified in the genome, of which 20,130 were SNPs, 1,612 were deletions/insertions, 49 were multiallelic variants and 19 were multiallelic SNPs. The transition/transversion ratio (Ts/Tv) was calculated to be 1.79.

Thus, the sequencing of the Kazakh White-headed cattle genome is an important step towards intensifying beef cattle breeding and conserving the gene pool of this breed. The work provided initial data for further research to study the genetic mechanisms of the most important economically useful traits in Kazakh White-Headed cattle and to develop genetic markers for them.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, казахская белоголовая порода, ДНК, геном, ресеквенирование.

Key words: cattle, Kazakh white-headed breed, DNA, genome, resequencing.

Введение. В 2009 г. было завершено секвенирование и сборка генома крупного рогатого скота (КРС) [1]. Развитие новых высокопроизводительных технологий генотипирования привело к широкому использованию в исследовании генома КРС ДНК маркеров на основе полиморфизмов единичных нуклеотидов (single nucleotide polymorphism, SNP) [2]. На их анализе основана современная геномная оценка, заключающаяся в исследовании ДНК животного и установлении замен единичных нуклеотидов в ее последовательности.

В настоящее время существует тенденция к замене местных пород или к их улучшению генетическим материалом от выдающихся коммерческих пород. Вследствие этого генетическое разнообразие, следы адаптации к местным условиям и информация об исторических связях, закодированные в геномах местных пород, часто бывают безвозвратно утеряны еще до того,

как они могли бы быть выявлены и изучены [3]. С другой стороны, геномы местных популяций могут быть использованы как источники комбинаций генетических вариантов, ценных для совершенствования коммерческих пород [4]. Первым шагом на пути к раскрытию этой информации является понимание происхождения и генетической структуры местных пород [5].

Местные породы КРС могут обладать ценным генетическим потенциалом для проведения селекции и создания новых пород в ответ на возникающие вызовы животноводству: изменение климата, угрозы заболеваний и изменившиеся запросы рынка [6]. Решение проблемы дальнейшего повышения продуктивности КРС, улучшения качества и расширения спектра производимой продукции требует лучшего понимания структуры и функции геномов животных.

Секвенирование дало огромное количество геномных данных крупного рогатого скота для глобальной характеристики генетического разнообразия популяций и идентификации областей генома в условиях естественного и искусственного отбора [7].

Хотя большинство усилий ученых-генетиков направлено на изучение популярных коммерческих пород, например голштино-фризского скота [8], растет интерес к генетике малочисленных местных пород из-за их уникальных адаптаций к местным условиям окружающей среды [5]. Местные породы КРС могут обладать ценным генетическим потенциалом для проведения селекции и создания новых пород [6]. Одной из таких пород для Республики Казахстан является казахская белоголовая порода, которая была сформирована в период с 1930 по 1950 г. путем скрещивания турано-монгольского казахского и калмыцкого скота с герефордами в Казахской ССР [9]. Она является одной из самых распространенных пород мясного направления продуктивности в нашей стране. Казахской белоголовой породе принадлежит большая роль в становлении и развитии отрасли специализированного мясного скотоводства в Казахстане, животных этой породы успешно разводят во многих регионах страны. Животные этой породы сочетают в себе превосходные мясные качества и скороспелость, унаследованные от герефордов, а также адаптивные свойства, характерные для местного скота, что позволяет успешно разводить породу во всех регионах республики с обширными естественными пастбищами [10].

До недавних пор исследования генофонда казахской белоголовой породы, разводимой в Казахстане, проводились с привлечением ограниченного числа микросателлитных ДНК-маркеров или отдельных SNP. Необходимо отметить, что геном и транскриптом отечественных пород крупного рогатого скота в настоящее время практически не изучен. В доступной литературе отсутствуют работы подобной тематики для местных популяций КРС, однако встречаются работы, посвященные изучению структуры только российской популяции казахской белоголовой породы с применением современных геномных технологий и поиску следов отбора в их геномах [11-13].

Цель данного исследования – проведение ресеквенирования крупного рогатого скота казахской белоголовой породы, разводимой в Республике Казахстан.

Материалы и методы исследований. Объектом для исследований послужила выборка крупного рогатого скота казахской белоголовой породы, состоящая из животных, выровненных по возрасту и полу, по фенотипическим показателям не уступающих стандарту породы. Были собраны образцы цельной крови и волосяных луковиц наиболее типичных эталонных представителей казахской белоголовой породы. Волосяные луковицы отбирали в количестве не менее 20-30 волос от одного животного в бумажные конверты выщипыванием, а цельную кровь отбирали в стерильные вакутейнеры с ЭДТА2, с помощью стерильных одноразовых игл из яремной вены животного. Всего отобраны образцы от 27 быков казахской белоголовой породы (КХ «Әлем», Западно-Казахстанская область Жанибекский район, п. Жанибек (n=12), и КХ «Нарын», Западно-Казахстанская область, Бокейординский район, село Бурли (n=15). Были собраны следующая информация о животных: индивидуальный номер, пол, возраст, фенотип (живая масса, высота в холке, высота в крестце, косая длина туловища, обхват груди, обхват пясти, глубина груди, ширина груди). Источниками являлись бонитировочные данные, а также данные племенного и зоотехнического учета.

Для проведения полногеномного ресеквенирования выделена ДНК из образцов отобранного биоматериала с использованием коммерческих наборов «ДНК Экстран-2» (ООО «Синтол», РФ), «PureLink Genomic DNA Mini Kit» (Invitrogen, США). Качество

выделенной ДНК проверяли в 1 %-ном агарозном геле. Концентрацию ДНК измеряли на спектрофотометре Agilent Cary 60. Образцы для анализа были подготовлены к секвенированию с помощью набора VAHTS Universal DNA Library Prep Kit for MGI (Vazym) по методикам, рекомендованным производителем. Контроль качества полученных пулов библиотек был проведен с помощью системы Qsep400 (BiOptic, New Taipei City, Taiwan), количественная оценка проводилась на приборе Qubit2.0. (ThermoFisher Scientific) с использованием набора реактивов HS dsDNA HS Assay (ThermoFisher Scientific) по протоколу производителя. Секвенирование образцов проводилось по типу cPAS на платформе DNBSEQ-G400 в режиме парноконцового секвенирования длиной 150 п.н. с генерацией не менее 9 ГБ данных на образец.

Полученные данные секвенирования анализировались по следующему протоколу. Данные с последовательностями адаптера или последовательностями низкого качества были отфильтрованы с использованием программного обеспечения SOAPnuke, разработанного BGI. Выравнивание прочтений на референсный геном коровы проводилось программой BWA 0.7.17. Использовалась референсная сборка генома коровы ARS-UCD2.0 (GCF_002263795.3). Программа SamTools 1.19.2 была использована для индексирования, сортировки и удаления дублирующих прочтений. Обнаружение вариантов проводилось, их фильтрация по качеству (порог DP $\geq$ 20) и сбор статистики проводились программой Vcftools 1.13.

Результаты и их обсуждение. Казахская белоголовая порода крупного рогатого скота представляет собой важный генетический ресурс, обладающий уникальными характеристиками, сформированными в результате долгого процесса адаптации к климатическим условиям Казахстана. Она не только имеет большое значение для мясного скотоводства, но и является важным элементом генетического фонда, способствующим устойчивому развитию сельского хозяйства в условиях изменяющегося климата и экономики. Исследования полного генома этой породы могут дополнительно прояснить вопросы генетического разнообразия и механизма формирования хозяйственно-полезных признаков.

Первоначально полученные образцы ДНК были оценены по степени деградации на электрофореze в агарозном геле (рисунок 1).

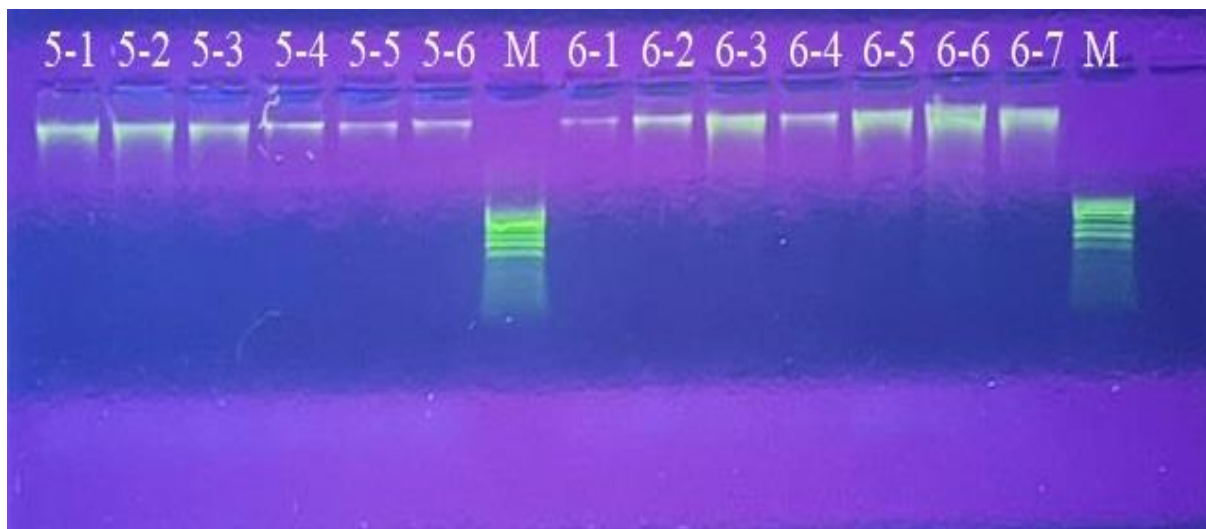


Рисунок 1 – Визуализация ДНК в 1% агарозном геле

Количественная оценка, а также соотношение ОП260/280 проводились путем измерения концентрации ДНК на спектрофотометре Agilent Cary 60 (таблица 1). Спектрофотометр оценивает отношение оптических плотностей при разных длинах волн, что позволяет определить соотношение ДНК и РНК, а также оценить степень загрязнения образца белками, фенолами и другими загрязнителями. В нашей работе средняя концентрация ДНК составила 82,5 ng/ul, а средний показатель отношения A260/A280 составил 1,6, что является достаточным для дальнейшего ресеквенирования.

Таблица 1 – Характеристика количественных показателей ДНК

№ образца	Идентификационный номер животного	Начальная концентрация, ng/ul	OD260/OD280
5-1	1027323	111,1	1,71
5-2	101398407	62,4	1,73
5-3	101027271	84,2	1,70
5-4	1545	74,6	1,61
5-5	101398515	51,0	1,62
5-6	101398497	92,5	1,63
6-1	KZL100715009	111,4	1,60
6-2	KZL100715063	114,2	1,70
6-3	KZL100715272	77,0	1,98
6-4	KZL100715311	82,5	1,62
6-5	KZL100715315	95,4	1,68
6-6	KZL100748807	71,0	1,71
6-7	KZL100748951	77,0	1,80

По результатам проведенной оценки качества и количества выделенной ДНК, а также отбора наиболее типичного быка с выдающимися фенотипическими характеристиками, для проведения полногеномного ресеквенирования выбран образец № 5-5 (рисунок 2, таблица 2).



Рисунок 2 – Бык казахской белоголовой породы

Таблица 2 – Описание отобранного образца КРС казахской белоголовой породы в КХ «Әлем» (ЗКО, Жанибекский район, п. Жанибек) для полногеномного ресеквенирования

№	№ животного	Пол	Возраст	Живая масса, кг	Высота в холке, см	Высота в крестце, см	Косая длина туловища, см	Обхват груди, см	Обхват пясти, см	Глубина груди, см	Ширина груди, см
5-5	101398515	бык	2 года	519	136	137	150	193	24	75	40

Для проведения секвенирования использовался метод cPAS (Combinatorial Probe-Anchor Synthesis), представляющий собой модификацию метода секвенирования cPAL (Combinatorial Probe-Anchor Ligation). На начальном этапе секвенирования к DNB присоединялся праймер для секвенирования (Ancor), после чего в реакцию добавляли четыре различных вида нуклеотидов, каждый из которых мечен уникальным флуоресцентным маркером. После инкорпорации нуклеотидов неспецифические остатки удалялись из реакции. Флуоресцентные метки затем детектировались, в последствии отщеплялись, а проточная ячейка промывалась.

Полученные последовательности, прошедшие первичную фильтрацию, с использованием программы BWA 0.7.17 выравнивали на референсный геном ARS-UCD1.2 (GCF_002263795.3), из свободной базы данных Ensembl Genome Browser [14]. Всего в геноме пар оснований 2 715 853 792. Было обнаружено кодирующих генов – 21 880, не кодирующих – 5 235. Также в сборке имеется 492 псевдогена.

Таблица 3 – Описательная статистика полиморфных вариантов, выявленных у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы

Образец № 5-5	Количество
Общее количество вариантов	21 742
Количество SNP	20 130
Количество делеций/инсерций (InDels)	1 612
Количество мультиаллельных вариантов	49
Количество мультиаллельных SNP	19
Транзиции	12935
Трансверсии	7226
Транзиции/трансверсии (Ts/Tv)	1.79
Транзиции (без дополнительных вариантов)	12930
Трансверсии (без дополнительных вариантов)	7200
Транзиции/трансверсии (без дополнительных вариантов)	1.80

По сравнению с референсным геномом всего было выявлено 21 742 полиморфных варианта (таблица 3). Большинство вариантов (92,59%) представляли собой двуаллельные однонуклеотидные полиморфизмы (SNP). Варианты инсерции/делеции (InDels) составили 7,41%. SNP, специфичные для казахской белоголовой породы могут быть полезны в дальнейших исследованиях, касающихся характеристики породы, тогда как степень родства между породами может определяться количеством общих SNP между ними.

Для оценки качества обнаруженных SNP было рассчитано соотношение транзиций/трансверсий (Ts/Tv), которое составило 1,79 (таблица 3). Наблюдаемые соотношения Ts/Tv соответствовали результатам в предыдущих исследованиях, проведенных на разных породах крупного рогатого скота [15-17], что указывает на качество полученных данных SNP в настоящей работе.

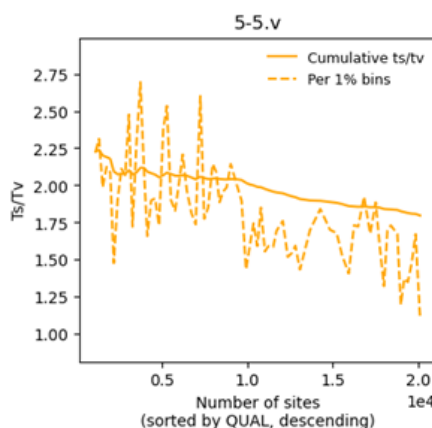


Рисунок 3 – График соотношения транзиции/трансверсии для вариантов, отсортированных по качеству

На рисунке 3 представлен график, показывающий соотношение транзиции/трансверсии (Ts/Tv) для генетических вариантов, отсортированных по качеству. Из рисунка видно, что значения соотношения транзиции к трансверсии варьируются от 1.0 до 2.75. Сплошная линия на графике (Cumulative Ts/Tv) показывает общее соотношение Ts/Tv по мере увеличения числа сайтов. Линия постепенно снижается, начиная с значения около 2.2 и заканчивая на уровне ниже 1.5, что указывает на уменьшение соотношения по мере снижения качества. Пунктирная линия (Per 1% bins) отражает соотношение Ts/Tv в интервалах по 1% сайтов. Она демонстрирует более выраженные колебания, достигая пиков и спадов в диапазоне от 1.0 до 2.75, что указывает на вариабельность соотношения Ts/Tv в зависимости от качества конкретных групп сайтов.

На высококачественных сайтах (левая часть графика) соотношение Ts/Tv выше, что обычно ожидаемо, так как транзиции более часты и более нейтральны с точки зрения эволюции. Соотношение Ts/Tv снижается по мере перехода к сайтам с более низким качеством, что может свидетельствовать о возрастании числа трансверсий, которые, как правило, более редки и могут быть более подвержены ошибкам.

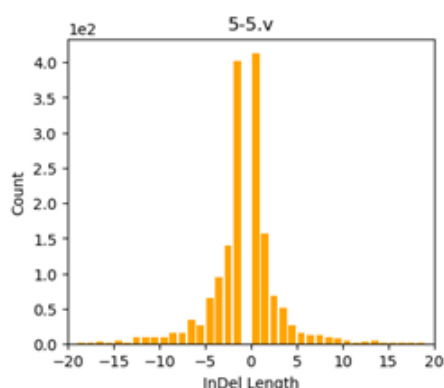


Рисунок 4 – Распределение длин инсерций/делеций (InDels)

На рисунке 4 представлено распределение длин инсерций/делеций (InDels). Длина InDels варьируется от -20 (делеция) до 20 (инсерция). Однако большинство определенных InDels короткие, что сопоставимо с другими исследованиями [18-20].

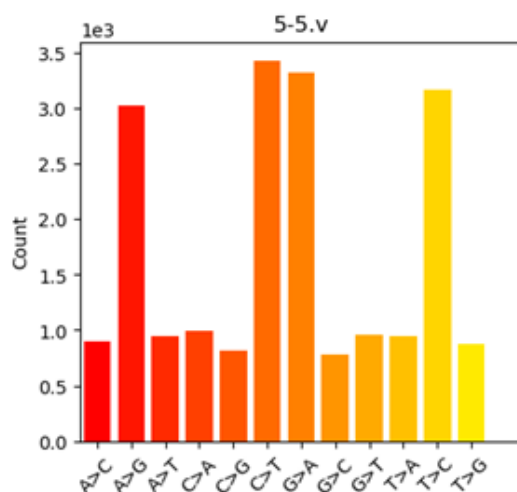


Рисунок 5 – Распределение типов однонуклеотидных замен

На рисунке 5 представлена диаграмма, отображающая распределение типов однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). По данным диаграммы видно, что наиболее часто встречаются мутации C>T и G>A. Мутации A>G и T>C также встречаются часто, с

количеством случаев чуть больше 3000. Остальные мутации встречаются реже, с количеством случаев от 800 до 1000.

Закключение. В проведенном нами исследовании представлен анализ крупного рогатого скота казахской белоголовой породы методом полногеномного ресеквенирования с использованием платформы DNBSEQ-G400. Выбранный метод ресеквенирования привел к обнаружению 20 130 SNP и 1 612 InDels в исследованных образцах крупного рогатого скота. Таким образом, секвенирование генома казахской белоголовой породы является важным шагом для интенсификации мясного скотоводства и сохранения генофонда этой породы. Проведенная работа предоставляет собой исходные данные для дальнейших исследований с целью изучения генетических механизмов формирования основных хозяйственно-полезных признаков у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы и разработки для них генетических маркеров.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023-2025 гг. № AP19680057 «Изучение хозяйственно-полезных признаков и характеристика генофонда крупного рогатого скота казахской белоголовой породы методом ресеквенирования и транскриптомного анализа», № государственной регистрации 0123PK00236.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium. The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution [Text] / Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium // Science. – 2009. – V. 324(5926). – P. 522-528. doi: 10.1126/science.1169588.

2 Shen, R. High-throughput SNP genotyping on universal bead arrays [Text] / R. Shen, J.B. Fan, D. Campbell, et al. // Mutation Research. – 2005. – V. 573(1-2). – P. 70-82. doi: 10.1016/j.mrfmmm.2004.07.022.

3 Gaouar, S.B. Admixture and local breed marginalization threaten Algerian sheep diversity [Text] / S.B. Gaouar, A. Da Silva, E. Ciani, et al. // PLoS One. – 2015. – V. 10(4). – P. e0122667-1-e0122667-13. doi: 10.1371/journal.pone.0122667.

4 Gao, Y. Single Cas9 nickase induced generation of NRAMP1 knockin cattle with reduced off-target effects [Text] / Y. Gao, H. Wu, Y. Wang, et al. // Genome Biol. – 2017. – V. 18(1). – P. 13-1-13-15. doi: 10.1186/s13059-016-1144-4.

5 Beynon, S.E. Population structure and history of the Welsh sheep breeds determined by whole genome genotyping [Text] / S.E. Beynon, G.T. Slavov, M. Farré, et al. // BMC Genet. – 2015. – V. 16. – P. 65-1-65-15. doi: 10.1186/s12863-015-0216-x.

6 Kantanen, J. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries [Text] / J. Kantanen, P. Lovendahl, E. Strandberg, et al. // Front. Genet. – 2015. – V. 6. – P. 52-1-52-9. doi: 10.3389/fgene.2015.00052.

7 Chen, N. BGVD: An Integrated Database for Bovine Sequencing Variations and Selective Signatures [Text] / N. Chen, W. Fu, J. Zhao, et al. // Genomics Proteomics Bioinformatics. - 2020. - V. 18(2). - P. 186-193. doi: 10.1016/j.gpb.2019.03.007.

8 van Binsbergen, R. Genomic prediction using imputed whole-genome sequence data in Holstein Friesian cattle [Text] / R. van Binsbergen, M.P. Calus, M.C. Bink, et al. // Genet. Sel. Evol. - 2015. - V. 47. - P. 71-1-71-13. doi: 10.1186/s12711-015-0149-x.

9 Dmitriev, N.G. Animal genetics resources of the USSR [Text] / N.G. Dmitriev, L.K. Ernst // Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. - 1989. - <http://www.fao.org/docrep/009/ah759e/ah759e00.html>.

10 Омбаев, А.М. Современные тенденции развития аграрной науки Казахстана в области животноводства [Текст] / А.М. Омбаев // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. - 2013. - № 6. - С. 3-18.

11 Yudin, N.S. Population structure and phylogeny of the Russian cattle breeds determined by whole genome genotyping [Text] / N.S. Yudin, A. Yurchenko, R. Aitnazarov, A. Plyusnina, D.M. Larkin // Plant & Animal Genome XXV (PAGXXV). - 2017. – P. 1069.

12 Igoshin, A. Genome-wide association study for body temperature maintenance under the cold stress in Siberian cattle [Text] / A. Igoshin, N. Belonogova, A. Yurchenko, Yudin N., et al. //

11-ая Международная конференция по биоинформатике регуляции и структуры геномов и системной биологии. – 2018. – 10.18699/BGRSSB-2018-183.

13 Yurchenko, A.A. Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation [Text] / A.A. Yurchenko, H.D. Daetwyler, N. Yudin, et al. // *Sci Rep.* - 2018. – V. 8. – P. 12984-1-12984-16. doi: 10.1038/s41598-018-31304-w.

14 Martin, F.J. Ensembl [Text] / F.J. Martin, M.R. Amode, A. Aneja, et al. // *Nucleic Acids Res.* – 2023. – V. 51(D1). – P. D933-D941. doi:10.1093/nar/gkac958.

15 Das, A. Deep sequencing of Danish Holstein dairy cattle for variant detection and insight into potential loss-of-function variants in protein coding genes [Text] / A. Das, F. Panitz, V.R. Gregersen, et al. // *BMC genomics.* - 2015. – V. 16(1). – P. 1-12. doi: 10.1186/s12864-015-2249-y.

16 Zwane, A.A. Genome wide SNP discovery in indigenous cattle breeds of South Africa [Text] / A.A. Zwane, R.D. Schnabel, J. Hoff, et al. // *Frontiers in Genetics.* - 2019. – V. 10. – P. 273-1-273-16. doi: 10.3389/fgene.2019.00273.

17 Weldenegodguad, M. Whole genome sequencing of three native cattle breeds originating from the northernmost cattle farming regions [Text] / M. Weldenegodguad, R. Popov, K. Pokharel, et al. // *Frontiers in genetics.* - 2019. – V. 9. – P. 728-1-728-13. doi: 10.3389/fgene.2018.00728.

18 Kawahara-Miki, R. Whole-genome resequencing shows numerous genes with nonsynonymous SNPs in the Japanese native cattle Kuchinoshima-Ushi [Text] / R. Kawahara-Miki, K. Tsuda, Y. Shiwa, et al. // *BMC Genomics.* - 2011. – V. 12(1). – P. 103-1-103-8. doi: 10.1186/1471-2164-12-103.

19 Choi, J-W. Massively parallel sequencing of Chikso (Korean brindle cattle) to discover genome-wide SNPs and InDels [Text] / J-W. Choi, X. Liao, S. Park, et al. // *Molecules and Cells.* - 2013. – V. 36(3). – P. 203-211. doi: 10.1007/s10059-013-2347-0.

20 Stafuzza, N.B. Single nucleotide variants and InDels identified from whole-genome resequencing of Guzerat, Gyr, Girolando and Holstein cattle breeds [Text] / N.B. Stafuzza, A. Zerlotini, F.P. Lobo, et al. // *PLoS One.* - 2017. – V. 12(3). – P. e0173954-1-e0173954-15. doi: 10.1371/journal.pone.0173954.

REFERENCES

1 Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium. The genome sequence of taurine cattle: a window to ruminant biology and evolution [Text] / Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium // *Science.* – 2009. – V. 324(5926). – P. 522-528. doi: 10.1126/science.1169588.

2 Shen, R. High-throughput SNP genotyping on universal bead arrays [Text] / R. Shen, J.B. Fan, D. Campbell, et al. // *Mutation Research.* – 2005. – V. 573(1-2). – P. 70-82. doi: 10.1016/j.mrfmmm.2004.07.022.

3 Gaouar, S.B. Admixture and local breed marginalization threaten Algerian sheep diversity [Text] / S.B. Gaouar, A. Da Silva, E. Ciani, et al. // *PLoS One.* – 2015. – V. 10(4). – P. e0122667-1-e0122667-13. doi: 10.1371/journal.pone.0122667.

4 Gao, Y. Single Cas9 nickase induced generation of NRAMP1 knockin cattle with reduced off-target effects [Text] / Y. Gao, H. Wu, Y. Wang, et al. // *Genome Biol.* – 2017. – V. 18(1). – P. 13-1-13-15. doi: 10.1186/s13059-016-1144-4.

5 Beynon, S.E. Population structure and history of the Welsh sheep breeds determined by whole genome genotyping [Text] / S.E. Beynon, G.T. Slavov, M. Farré, et al. // *BMC Genet.* – 2015. – V. 16. – P. 65-1-65-15. doi: 10.1186/s12863-015-0216-x.

6 Kantanen, J. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries [Text] / J. Kantanen, P. Lovendahl, E. Strandberg, et al. // *Front. Genet.* – 2015. – V. 6. – P. 52-1-52-9. doi: 10.3389/fgene.2015.00052.

7 Chen, N. BGVD: An Integrated Database for Bovine Sequencing Variations and Selective Signatures [Text] / N. Chen, W. Fu, J. Zhao, et al. // *Genomics Proteomics Bioinformatics.* - 2020. - V. 18(2). - P. 186-193. doi: 10.1016/j.gpb.2019.03.007.

8 van Binsbergen, R. Genomic prediction using imputed whole-genome sequence data in Holstein Friesian cattle [Text] / R. van Binsbergen, M.P. Calus, M.C. Bink, et al. // *Genet. Sel. Evol.* - 2015. - V. 47. - P. 71-1-71-13. doi: 10.1186/s12711-015-0149-x.

9 Dmitriev, N.G. Animal genetics resources of the USSR [Text] / N.G. Dmitriev, L.K. Ernst // Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. - 1989. - <http://www.fao.org/docrep/009/ah759e/ah759e00.html>.

10 Ombaev, A.M. Sovremennye tendencii razvitiya agrarnoj nauki Kazahstana v oblasti zhivotnovodstva [Tekst] / A.M. Ombaev // Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. - 2013. - № 6. - S. 3-18.

11 Yudin, N.S. Population structure and phylogeny of the Russian cattle breeds determined by whole genome genotyping [Text] / N.S. Yudin, A. Yurchenko, R. Aitnazarov, A. Plyusnina, D.M. Larkin // Plant & Animal Genome XXV (PAGXXV). - 2017. - P. 1069.

12 Igoshin, A. Genome-wide association study for body temperature maintenance under the cold stress in Siberian cattle [Text] / A. Igoshin, N. Belonogova, A. Yurchenko, Yudin N., et al. // 11-aya Mezhdunarodnaya konferenciya po bioinformatike regulyacii i struktury genomov i sistemnoj biologii. - 2018. - 10.18699/BGRSSB-2018-183.

13 Yurchenko, A.A. Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation [Text] / A.A. Yurchenko, H.D. Daetwyler, N. Yudin, et al. // Sci Rep. - 2018. - V. 8. - P. 12984-1-12984-16. doi: 10.1038/s41598-018-31304-w.

14 Martin, F.J. Ensembl [Text] / F.J. Martin, M.R. Amode, A. Aneja, et al. // Nucleic Acids Res. - 2023. - V. 51(D1). - P. D933-D941. doi:10.1093/nar/gkac958.

15 Das, A. Deep sequencing of Danish Holstein dairy cattle for variant detection and insight into potential loss-of-function variants in protein coding genes [Text] / A. Das, F. Panitz, V.R. Gregersen, et al. // BMC genomics. - 2015. - V. 16(1). - P. 1-12. doi: 10.1186/s12864-015-2249-y.

16 Zwane, A.A. Genome wide SNP discovery in indigenous cattle breeds of South Africa [Text] / A.A. Zwane, R.D. Schnabel, J. Hoff, et al. // Frontiers in Genetics. - 2019. - V. 10. - P. 273-1-273-16. doi: 10.3389/fgene.2019.00273.

17 Weldenegodguad, M. Whole genome sequencing of three native cattle breeds originating from the northernmost cattle farming regions [Text] / M. Weldenegodguad, R. Popov, K. Pokharel, et al. // Frontiers in genetics. - 2019. - V. 9. - P. 728-1-728-13. doi: 10.3389/fgene.2018.00728.

18 Kawahara-Miki, R. Whole-genome resequencing shows numerous genes with nonsynonymous SNPs in the Japanese native cattle Kuchinoshima-Ushi [Text] / R. Kawahara-Miki, K. Tsuda, Y. Shiwa, et al. // BMC Genomics. - 2011. - V. 12(1). - P. 103-1-103-8. doi: 10.1186/1471-2164-12-103.

19 Choi, J-W. Massively parallel sequencing of Chikso (Korean brindle cattle) to discover genome-wide SNPs and InDels [Text] / J-W. Choi, X. Liao, S. Park, et al. // Molecules and Cells. - 2013. - V. 36(3). - P. 203-211. doi: 10.1007/s10059-013-2347-0.

20 Stafuzza, N.B. Single nucleotide variants and InDels identified from whole-genome resequencing of Guzerat, Gyr, Girolando and Holstein cattle breeds [Text] / N.B. Stafuzza, A. Zerlotini, F.P. Lobo, et al. // PLoS One. - 2017. - V. 12(3). - P. e0173954-1-e0173954-15. doi: 10.1371/journal.pone.0173954.

ТҮЙІН

Мақалада Қазақстанда қазақтың ақбас тұқымды ірі қара малы геномының алғашқы алынған тізбегінің сипаттамасы келтірілген.

Жұмыстың мақсаты Қазақстан Республикасында өсірілетін қазақтың ақбас тұқымды ірі қара малын қайта секвенирлеу болды.

Қазақтың ақбас тұқымының типтік эталондық өкілдерінің тұтас қаны мен қыл үлгілері жиналды. Толық геномдық секвенирлеуді жүргізу үшін «ДНҚ Экстран-2» («Синтол» ЖШҚ, РФ), «PureLink Genomic DNA mini Kit» (Invitrogen, АҚШ) коммерциялық жиынтықтарын пайдалана отырып, іріктелген биоматериал үлгілерінен ДНҚ бөлінді. Бөлінген ДНҚ-ның сапасы 1% агарозды геледе тексерілді. ДНҚ концентрациясы Agilent Cary 60 спектрофотометрінде өлшенді. Үлгілерді секвенирлеу DNBSEQ-G400 платформасында cPAS

типі бойынша бір үлгіге кемінде 9 ГБ деректерді генерациялай отырып, ұзындығы 150 ж.н. болатын жұпты секвенирлеу режимінде жүргізілді.

BWA 0.7.17 бағдарламасын пайдалана отырып, қазақ ақбас тұқымының сиквенсі Bos taurus ARS-UCD2.0 (GCF_002263795.3) ең соңғы қолжетімді геномымен салыстырылды. Геномда барлығы 21 742 полиморфты вариация анықталды, оның 20 130-ы SNP, 1 612-сі делеция/инсерция, 49 мультиаллельді вариация және 19 мультиаллельді SNP болды. Транзиция/трансверсия қатынасы (Ts/Tv) есептеліп, 1,79-ды құрады.

Осылайша, қазақтың ақбас тұқымының геномын секвенирлеу етті мал шаруашылығын қарқындату және гендік қорын сақтау үшін маңызды қадам болып табылады. Жүргізілген жұмыс қазақтың ақбас тұқымды ірі кара малында негізгі шаруашылық-пайдалы белгілерді қалыптастырудың генетикалық тетіктерін және олар үшін генетикалық маркерлерді әзірлеу мақсатында одан әрі зерттеу үшін бастапқы деректерді ұсынады.

УДК 636.1:636.082.12

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-140-149

МРНТИ 68.39.49; 68.39.19

Бейшова И.С., д.б.н., ассоциированный профессор, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2190>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, indira_bei@mail.ru

Шәмшідін Ә. С., кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5457-1720>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, 270180@mail.ru

Кужебаева У.Ж., магистр вет. наук, <https://orcid.org/0000-0002-7887-3376>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, usya_999@mail.ru

Ульянов В.А., PhD, основной автор, <https://orcid.org/0000-0002-7500-1601>

НАО «Западно – Казахстанский аграрно – технический университет им. Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, vadimkst@mail.ru

Ульянова Т.В., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4814-2601>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г.Уральск, ул.Жангир хана 51, 090009, Казахстан, tatyana.poddudinskaya@gmail.com

Бекова Г.С., PhD докторант, <https://orcid.org/0000-0003-0230-1352>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, bek_gulmira@mail.ru

Салимова Д.К., PhD докторант, <https://orcid.org/0000-0003-3197-6586>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, salimova.dinara98@gmail.com

Beishova I.S., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0001-5293-2190>

NCJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Uralsk, Zhangir Khan street, 51, 090009, Kazakhstan, indira_bei@mail.ru

Shamshidin A. S., Candidate of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5457-1720>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, 270180@mail.ru

Kuzhebayaeva U.Zh., Master of Veterinary Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-7887-3376>

NCJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Uralsk, Zhangir Khan street, 51, 090009, Kazakhstan, usya_999@mail.ru

Ulyanov V.A., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-7500-1601>

NCJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Uralsk, Zhangir Khan street, 51, 090009, Kazakhstan, vadimkst@mail.ru

Ulyanova T.V., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4814-2601>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, tatyana.poddudinskaya@gmail.com

Bekova G.S., doctoral student, <https://orcid.org/0000-0003-0230-1352>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, Zhangir Khan st. 51, 090009, Kazakhstan, bek_gulmira@mail.ru

Salimova D. K., doctoral student, <https://orcid.org/0000-0003-3197-6586>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, Zhangir Khan st. 51, 090009, Kazakhstan, salimova.dinara98@gmail.com

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫБОРКИ И ОТБОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОРОД ЛОШАДЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛНОГЕНОМНОГО РЕСЕКВЕНИРОВАНИЯ FORMATION OF THE SAMPLE AND SELECTION OF DOMESTIC HORSE BREEDS FOR WHOLE-GENOME RESEQUENCING

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается формирование и отбор отечественных пород лошадей для проведения полногеномного ресеквенирования. Коневодство в нашей стране занимает одну из основных частей сельского хозяйства и национальной культуры. На сегодняшний день Казахстан занимает одно из ведущих мест по численности лошадей, данный факт способствует производить и экспортировать продукцию коневодства. Повышение продуктивности и адаптивных способностей является актуальной задачей. Для проведения исследования нами была сформирована группа отечественных пород лошадей с наилучшими бонитировочными данными из различных регионов Казахстана. Бонитировка проводилась согласно инструкции по бонитировке лошадей местных пород Казахстана. Отбор биологического материала в виде цельной крови и волосяных луковиц производился согласно методики анализа ПДАФ. Выделение ДНК проводили коммерческим набором PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (Invitrogen™) и «ДНК Экстран-2» (ООО «Синтол», г. Москва). Для определения качества и количества ДНК использовали соответственно метод гель-электрофореза и спектрофотометр Agilent Cary 60 (Agilent Technologies, Inc, США). Промеры и живая масса сформированной группы отечественных пород лошадей соответствовали стандартам пород. Выделенное ДНК характеризовалось хорошим качеством и количеством, в среднем концентрация составила 32 нг/мкл. По результатам проведенных исследований нами были отобраны 3 жеребца, пород джабе, мугалжар и адай для проведения дальнейшего ресеквенирования.

ANNOTATION

This study examines the formation and selection of domestic horse breeds for whole-genome resequencing. Horse breeding in our country plays a significant role in both agriculture and national culture. Currently, Kazakhstan ranks among the top countries in terms of horse population, a factor that supports the production and export of equine products. Enhancing productivity and adaptive capabilities remains a critical task.

For this research, we selected a group of domestic horse breeds with the best evaluation scores from various regions of Kazakhstan. The evaluation was conducted according to the guidelines for assessing local horse breeds in Kazakhstan. Biological material, including whole blood and hair follicles, was collected following the PDAF analysis methodology. DNA extraction was performed using the PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (Invitrogen™) and "DNA Extrane-2" (LLC "Sintol," Moscow). The quality and quantity of DNA were determined using gel electrophoresis and the Agilent Cary 60 spectrophotometer (Agilent Technologies, Inc., USA), respectively. The measurements and live weight of the selected domestic horse breeds met the breed standards. The extracted DNA was characterized by good quality and quantity, with an average concentration of 32 ng/μl. Based on the

results of the conducted research, we selected three stallions of the Zhabe, Mugalzhar, and Aday breeds for further resequencing.

Ключевые слова: *коневодство, отечественные породы лошадей, фенотип, живая масса, промеры*

Key words: *Horse breeding, domestic horse breeds, phenotype, live weight, measurements*

Введение. Коневодство в Республике Казахстан является одной из важных отраслей животноводства. На сегодняшний день численность поголовья составляет более 3 млн., уступая лишь США, Мексики, Китаю, Бразилии, Аргентине, Монголии [1, 2].

Отечественные породы лошадей представляют собой уникальные генетические популяции, адаптированные к специфическим условиям окружающей среды региона [3-6]. Они являются важной частью культурного наследия страны и играют ключевую роль в агропромышленном комплексе.

Формирование и отбор отечественных пород для проведения полногеномного ресеквенирования имеет особую значимость в контексте сохранения и улучшения генетического потенциала этих уникальных пород. В Казахстане разводят 14 пород и типов, которые включают в себя заводские и местные породы, сформировавшиеся в естественной среде. Общая структура племенного конского поголовья страны: 98% – породы и типы продуктивного направления; 0,7% – верхового; 0,6% – верхово-упряжного; 0,3% – рысистого; 0,4% – тяжело-упряжного направления [7]. Основное внимание в нашей стране уделено увеличению численности и совершенствованию отечественных пород лошадей. Эти породы и их помеси значительно отличаются между собой как по генотипу, фенотипу, так и по продуктивности. Данные породы характеризуются высокой выносливостью, неприхотливостью к условиям содержания и уникальными физическими характеристиками [8-10].

Большой интерес среди отечественных пород вызывают кушумская, мугалжарская, казахские лошади типа джабе, адайский тип казахской лошади. Кушумская порода лошадей, выведенная путем сложного воспроизводительного скрещивания, характеризуется крупным ростом, большой живой массой, по промерам и живой массе они превосходят все местные породы: средняя живая масса составляет 540 кг, промеры – 159-163-194-22 см у жеребцов, у кобыл – 490 кг и 154-159-188-20 см. Масть у данной породы гнедая, бурая, рыжая [12]. Мугалжарская порода лошадей мясо-молочного направления продуктивности, созданная методом чистопородного разведения и совершенствования лошадей казахской породы типа джабе и поглощения этими производителями лошадей местных популяций различных регионов республики. Данная порода характеризуется массивностью, крепкой конституцией, достаточной костистостью, нормальной постановкой и строением конечностей, однотонной мастью. Живая масса жеребцов мугалжарской породы в среднем достигает 553 кг, промеры 145-159-185-19 см. Масть у мугалжарских пород лошадей буланы, саврасые, рыжие, гнедые и мышастые [13]. Большую ценность в качестве мясных и молочных пород представляют джабе. Данная порода разводится практически на всей территории страны. Джабе в основном мелкорослые, крепкой конституции, живая масса 360 кг, средние промеры жеребцов 144,8-150,8-179,1-19 см. У кобыл живая масса составляет в среднем 320 кг, промеры 142,5-149,3-177,5-18,7 см. Масти данной породы разнообразны, но в основном гнедая и темно-рыжая. [14-16]. Адайский тип казахской лошади представляет большую ценность для табунного коневодства в Мангистауской области. Это своеобразный зональный тип казахской лошади, сложившийся в природно-экономических условиях Аралокаспийской пустынной зоны. Лошади достаточно высокие, обладают хорошо развитой мускулатурой. Живая масса жеребцов в среднем достигает 480-500 кг, средние промеры 143,7-146,8-167,8-18,6 см. Масть данных лошадей серая, гнедая, рыжая, буланая. [17, 18].

Достижения в области полногеномного секвенирования позволило провести углубленный анализ генетических вариаций присутствующие у лошадей. Известно, что истории

одомашнивания лошадей примерно 5000-6000 лет, за этот период генетическое разнообразие одомашненных животных постепенно изменяется за счет селекционных мероприятий в популяциях [19]. Стоит отметить, что традиционные методы разведения не дают ощутимого селекционного прогресса, в этой связи вызывает интерес изучение генетического профиля отечественных пород лошадей с применением секвенирования нового поколения.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе лаборатории биотехнологии и диагностики инфекционных болезней Испытательного центра НАО «Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана» и хозяйств различных областей Казахстана. Формирование выборки отечественных пород лошадей (мугалжар, кушум, казахская порода: джабе и адайский тип) производилось на основе сбора следующих данных: пол, возраст, живая масса. Взятие основных промеров лошадей: высота в холке, косая длина туловища, обхват груди, обхват пясти выполняли в соответствии с инструкцией по бонитировке [20]. Отбор биологического материала (цельная кровь и волосяные луковичи) производился с сентября по декабрь 2023 г. из хозяйств, расположенных в Западно-Казахстанской (Сырымский, Акжайыкский и Жангалинский районы), Актюбинской (Алгинский район) и Павлодарской (Майский район) областей. При отборе биоматериала использована «Методика анализа полиморфизма длин амплифицированных фрагментов (ПДАФ) для проведения молекулярно-генетической экспертизы сельскохозяйственных животных» [21]. Кровь отобрана из ярёмной вены в специальные системы забора крови с антикоагулянтом. Отбор волосяных луковичи осуществлялся в количестве не менее 15-20 волос, отобранных из хвоста вместе с отчетливо видимыми луковичами от каждого животного (рисунок 1).

Выделение ДНК из цельной крови отечественных пород лошадей проводили коммерческим набором PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (Invitrogen™), выделение ДНК из волосяных луковичи проводили коммерческим набором «ДНК Экстран-2» (ООО «Синтол», г. Москва). Качественный анализ выделенной ДНК проводился методом гель-электрофореза. Количественный анализ проводился путем измерения концентрации ДНК на спектрофотометре Agilent Cary 60 (Agilent Technologies, Inc, США).



Рисунок 1 – Отбор биологического материала (волосяных луковичи)

Результаты и их обсуждение. В целях достижения поставленных задач, нами был осуществлен выезд в хозяйства для проведения бонитировочных работ и отбора биологического материала. На рисунке 2 представлены жеребцы отечественных пород лошадей.



Рисунок 2 – Жеребцы отечественных пород лошадей
(А – джабе, Б – мугалжар, В – адай, Г – кушум)

По результатам бонитировочных данных нами были отобраны наиболее типичные представители и сформирована выборка отечественных пород лошадей (таблица 1).

Из данных таблицы 1 видно, что живая масса жеребцов варьируется от 420 кг (адай) до 650 кг (кушум) в зависимости от породы. Живая масса кобыл варьируется от 385 кг (адай) до 580 кг (мугалжар) в зависимости от породы. На рисунке 3 представлена столбчатая диаграмма, отображающая живую массу лошадей различных пород в зависимости от пола.

Таблица 1 – Промеры и живая масса отечественных пород лошадей

Порода	Половозрастная группа	Масть	Промеры, см				Живая масса, кг
			высота в холке	косая длина туловища	обхват груди	обхват пясти	
1	2	3	4	5	6	7	8
Кушум	Кобыла, 9 лет	Бурая	155	161	187	20	530
Кушум	Жеребец, 11,5 лет	Т. гнедая	163	168	197	20	600
Кушум	Жеребец, 8,5 лет	Гнедая	162	165	200	21	650
Кушум	Жеребец, 10,5 лет	Караковая	168	170	200	21	620
Мугалжар	Кобыла, 7 лет	Саврасая	148	154	183	20	530
Мугалжар	Кобыла, 8 лет	Саврасая	148	156	203	20,5	580
Мугалжар	Кобыла, 8 лет	Саврасая	147	158	197	20,0	560

1	2	3	4	5	6	7	8
Мугалжар	Кобыла, 9 лет	Саврасая	147	162	190	20,0	550
Мугалжар	Жеребец, 7 лет	Саврасая	147	153	185	20	492
Мугалжар	Жеребец, 13 лет	Саврасая	148	157	207	21,5	640
Мугалжар	Жеребец, 8 лет	Саврасая	148	167	208	21,5	644
Адай	Кобыла, 9 лет	Гнедая	140	144	164	18	390
Адай	Кобыла, 9 лет	Вороная	142	146	173	18	385
Адай	Жеребец, 12 лет	Гнедая	144	147	174	18	420
Джабе	Кобыла, 9 лет	Вороная	142	148	177	18	420
Джабе	Кобыла, 8 лет	Вороная	144	149	180	18	440
Джабе	Жеребец, 8 лет	Саврасая	144	151	205	20,5	560

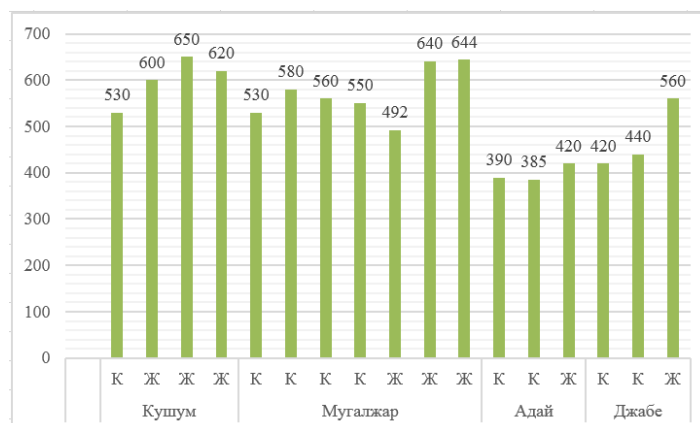


Рисунок 3 – Живая масса (кг) отечественных пород лошадей (К–кобыла, Ж–жеребец)

Живая масса жеребцов во всех представленных отечественных породах имеют большую массу по сравнению с кобылами. При этом наибольшую разницу между массой жеребца и кобылы можно наблюдать у породы джабе, а наименьшую у адайской породы (рисунок 4).

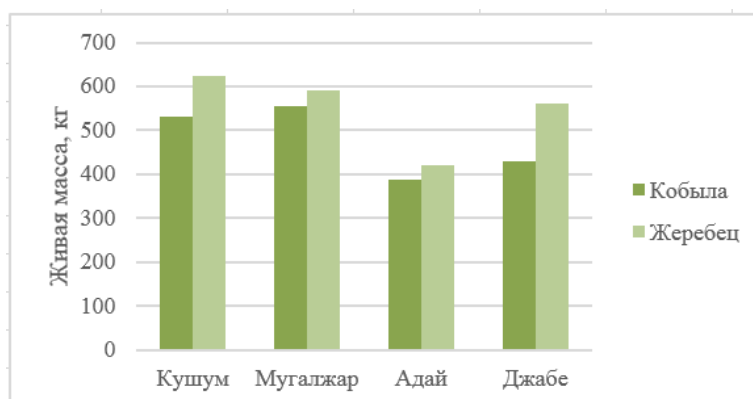


Рисунок 4 – Масса кобыл и жеребцов отечественных пород лошадей, (кг)

На рисунке 5 представлены промеры отечественных лошадей в зависимости от их пола. Наибольшей высотой в холке, особенно у жеребцов, выделяется кушумская порода – 168 см, у мугалжарской породы несколько меньшие значения, однако одинаковые как у жеребцов, так и кобыл – 148 см, наименьшие показатели наблюдаются у пород адай и джабе, соответственно от

140 см у кобыл адай и до 144 см у жеребцов обеих пород. При сравнении косой длины туловища наибольший показатель также у жеребцов кушумкой породы – 170 см, наименьший показатель у жеребцов породы адай – 147 см. Наибольший обхват груди в 208 см наблюдается у жеребца породы мугалжар, наименьшие показатели у кобыл и жеребцов породы адай, соответственно 164 и 174 см. Наибольший показатель обхвата пясти 21,5 см наблюдается у жеребца породы мугалжар, в среднем у жеребцов отечественных пород лошадей длина обхвата пясти достигает 20 – 21 см. Кобылы пород адай и джабе имеют наименьший обхват пясти показател – 18 см.

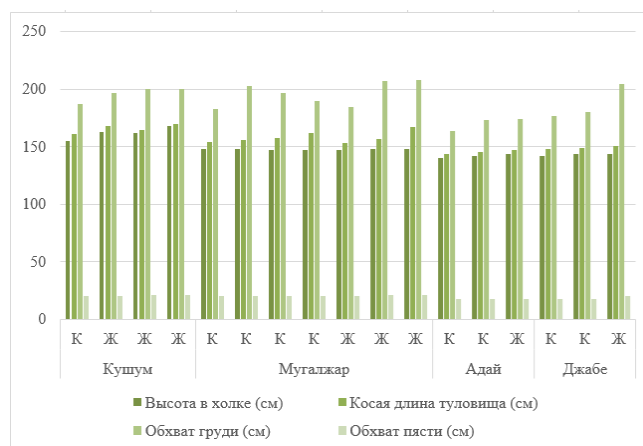


Рисунок 5 – Промеры отечественных пород лошадей в зависимости от пола, (см)

Промеры тела сформированной группы отечественных пород лошадей соответствовали стандартам пород. Следует отметить, что все лошади соответствовали по экстерьерным характеристикам стандартам.

На дальнейшем этапе нами проведено выделение ДНК из биологического материала и определен его качественный анализ. ДНК характеризовалась хорошим качеством, т.к. на электрофореграмме отсутствовали неспецифические фрагменты. При проведении количественного анализа средняя концентрация ДНК составила 80 ng/ul, отношение A260/A280 составило 1,9.

В результате внешней оценки экстерьера животных, измерения промеров тела и качества, выделенного ДНК, нами были отобраны 3 жеребца, с наилучшими бонитировочными данными, приведенных в таблице 2, ДНК которых характеризовалось наилучшим качеством и количеством для проведения дальнейшего полногеномного ресеквенирования.

Таблица 2 – Отобранные образцы отечественных пород лошадей для проведения полногеномного ресеквенирования

Порода	Кличка/клеймо	Пол	Возраст	Масть	Живая масса, кг	Промеры, см				Концентрация ДНК, нг/мкл
						высота в холке	косая длина туловища	обхват груди	обхват пясти	
Джабе	Qaldi Qulyn/16/15	Жеребец	8 лет	Саврасая	560	144	151	205	20,5	39
Мугалжар	7726, Чемпион	Жеребец	13 лет	Саврасая	640	148	157	207	21,5	36
Адай	64309410 0090 342-Шп	Жеребец	12 лет	Гнедая	420	144	147	174	18	43

Закключение. В ходе проведенных исследований нами были отобраны и проанализированы отечественные породы лошадей для полногеномного ресеквенирования. Отбор проводился с учетом бонитировочных данных и качественных показателей выделенной ДНК. В результате тщательного анализа были выбраны три жеребца пород джабе, мугалжар и адай, которые демонстрируют наилучшие генетические и фенотипические показатели для дальнейшего полногеномного исследования. Эти породы представляют собой ценные генетические ресурсы, обладающие высокой адаптивностью и продуктивностью, что делает их перспективными объектами для селекции и сохранения генетического разнообразия в условиях специфической окружающей среды Казахстана. Полученные результаты открывают новые возможности для улучшения и сохранения отечественных пород лошадей, что имеет важное значение для развития коневодства в стране.

Финансирование. Работа выполнялась в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан AP19577616 «Изучение породоспецифичных признаков у отечественных пород лошадей методом ресеквенирования и транскриптомного анализа».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Демин, В.А. Коневодство: учебник для вузов [Текст] / В.А. Демин, А.Р. Акимбеков, Д.А. Баймуханов и др. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 324 с.
- 2 Pozharskiy, A. Genetic structure and genome-wide association study of the traditional Kazakh horses [Text] / A. Pozharskiy, A. Abdrakhmanova, I. Beishova, et al. // Animal. – 2023. – V.17(9). – P. 100926-1-100926-12. doi:10.1016/j.animal.2023.100926
- 3 Rzaev, T.S. Linebreeding as a system of stock breeding to improve the productive qualities of horses of the Kushum breed [Text] / T.S. Rzaev, T.S. Assanbayev, S. Rzaev, et al. // Reprod Domest Anim. – 2022. – V.57(12). – P.1584-1592. doi:10.1111/rda.14235
- 4 Nguyen, T.B. Genetic characterization of Kushum horses in Kazakhstan based on haplotypes of mtDNA and Y chromosome, and genes associated with important traits of the horses [Text] / T.B. Nguyen, R.C. Paul, Y. Okuda, et al. // J Equine Sci. – 2020. – V. 31(3). – P. 35-43. doi:10.1294/jes.31.35
- 5 Зайцева, М.А. Сохранение генофонда отечественного коневодства [Текст] / А.М. Зайцев, Л.А. Храброва // Коневодство и конный спорт. – 2016. – №2. – С. 4-6.
- 6 Храброва, Л.А. Генетический мониторинг чистокровной верховой породы лошадей по локусам микросателлитов ДНК [Текст] / Л.А. Храброва, Н.В. Блохина // Генетика и разведение животных. – 2018. – №3. – С. 11-16.
- 7 Численность и удельный вес племенных животных во всех категориях хозяйств Республики Казахстан, к общему поголовью животных по состоянию на 01.01.2022 года (дата обращения 11 июля 2024) <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/activities/169?lang=ru>
- 8 Sharapatov, T. Increasing the milk productivity of Kazakh jabe horses [Text] / T. Sharapatov, T. Assanbayev, S. Shauyenov, K. Aubakirov, K. Iskhan // Braz J Biol. – 2023. – V.83. – P.e277915-1-e277915-7. doi:10.1590/1519-6984.277915
- 9 Orazymbetova Z. Genetic Diversity of Kazakhstani Equus caballus (Linnaeus, 1758) Horse Breeds Inferred from Microsatellite Markers [Text] / Z. Orazymbetova, D. Ualiyeva, K. Dossybayev, et al. // Vet Sci. – 2023. – V.10(10). – P. 598- 1-598-12. doi:10.3390/vetsci10100598
- 10 Rzaev, T., A New Intra-Breed Type, "Mamyr-Aktobe," of the Kushum Breed of Horses of the Aktobe Population [Text] / T. Rzaev, S. Rzaev, K. Rzaev // Arch Razi Inst. – 2022. – V.77(6)–P. 2273-2279. doi:10.22092/ARI.2022.360058.2539
- 12 Нечаев, И.Н. О казахской породе лошадей и ее отродах. Коневодство и конный спорт [Текст] / И.Н. Нечаев, Г.В. Сизонов, Д.А. Сыздыков // – 2007. – №2. – С.23-26.
- 13 Найманов, Д.К. Табунное коневодство: Учебное пособие [Текст] / Д.К. Найманов, А.Т. Турабаев, Г.Т. Бахтыбаев, Л.А. Селеуова // Костанай: КГУ имени А. Байтурсынова, 2018. – 238 с.
- 14 Бекова, Г.С. Жылқылардың отандық тұқымдарының генетикалық әртүрлілігі мен өнімділік қасиеттерін зерттеу үшін SNP толық геномды талдауын пайдалану [Текст] /

Г.С. Бекова, И.С. Бейшова, Д.А. Гриценко, т.б. // Ғылым және білім – Уральск. – 2024. – № 2-2 (75). – С. 266-276.

15 Акимбеков, Б.Р. Разведение и содержание лошадей: учебное пособие [Текст] / Б.Р. Акимбеков, К.И. Акимбеков, К.Ж. Искан, Г.Т. Бактыбаев. – Алматы : Альманах, 2016. – 220 с.

16 Каргаева, М.Т. Мясная продуктивность молодняка казахских лошадей типа джабе на полуострове Мангышлак [Текст] / М.Т. Каргаева, Д.А. Баймуханов, А.М. Джунисов, О. Алиханов // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. – 2019. – №. 28. – С. 69-73.

17 Kargayeva, M. Productive-biological features of aday breed kazakh horses [Text] / M. Kargayeva, D. Baimukanov, A. Karynbayev, O. Alikhanov, A. Zhunusov // Eurasia J Biosci. – 2020. –V. 14(1). – P.329-35.

18 Сизонов, Г.В. Мясная продуктивность наиболее распространенных генотипов табунных лошадей Казахстана [Текст] / Г.В. Сизонов // Автореф. дисс...д.с.-х.н., Алматы, 2010 – 45 с.

19 Warmuth ,V.Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe [Text] / V. Warmuth, A. Eriksson, M.A. Bower, et al. // Proc Natl Acad Sci USA. – 2012. – V. 109(21). – P. 8202-8206. doi:10.1073/pnas.1111122109

20 Инструкция по бонитировке лошадей местных пород Казахстана. – Астана, 2014. – 22 с. (дата обращения 10 сентября 2023). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0009818>.

21 Сертификат 1176 КР. Методика анализа полиморфизма длин амплифицированных фрагментов (ПДАФ) для проведения молекулярно-генетической экспертизы сельскохозяйственных животных [Текст] / И.С. Бейшова, А.М. Ковальчук, В.А. Ульянов и др.; опубл. 17.02.17. – Астана: РГП «Казинметр», 2017. – 32 с.

REFERENCES

1 Demin, V.A. Konevodstvo: uchebnik dlya vuzov [Tekst] / V.A. Demin, A.R. Akimbekov, D.A. Bajmukanov i dr. – Sankt-Peterburg: Lan', 2022. – 324 s.

2 Pozharskiy, A. Genetic structure and genome-wide association study of the traditional Kazakh horses [Text] / A. Pozharskiy, A. Abdrakhmanova, I. Beishova, et al. // Animal. – 2023. – V.17(9). – P. 100926-1-100926-12. doi:10.1016/j.animal.2023.100926

3 Rzabayev, T.S. Linebreeding as a system of stock breeding to improve the productive qualities of horses of the Kushum breed [Text] / T.S. Rzabayev, T.S. Assanbayev, S. Rzabayev, et al. // Reprod Domest Anim. – 2022. – V.57(12). – P.1584-1592. doi:10.1111/rda.14235

4 Nguyen, T.B. Genetic characterization of Kushum horses in Kazakhstan based on haplotypes of mtDNA and Y chromosome, and genes associated with important traits of the horses [Text] / T.B. Nguyen, R.C. Paul, Y. Okuda, et al. // J Equine Sci. – 2020. – V. 31(3). – P. 35-43. doi:10.1294/jes.31.35

5 Zajceva, M.A. Sohranenie genofonda otechestvennogo konevodstva [Tekst] / A.M. Zajcev, L.A. Hrabrova // Konevodstvo i konnyj sport. – 2016. – №2. – S. 4-6.

6 Hrabrova, L.A. Geneticheskij monitoring chistokrovnoj verhovoj porody loshadej po lokusam mikrosatellitov DNK [Tekst] / L.A. Hrabrova, N.V. Blohina // Genetika i razvedenie zhivotnyh. – 2018. – №3. – S. 11-16.

7 Chislennost' i udel'nyj ves plemennyh zhivotnyh vo vsekh kategoriyah hozyajstv Respubliki Kazakhstan, k obshchemu pogolov'yu zhivotnyh po sostoyaniyu na 01.01.2022 goda (data obrashcheniya 11 iyulya 2024) <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/activities/169?lang=ru>

8 Sharapatov, T. Increasing the milk productivity of Kazakh jabe horses [Text] / T. Sharapatov, T. Assanbayev, S. Shauyenov, K. Aubakirov, K. Iskhan // Braz J Biol. – 2023. – V.83. – P.e277915-1-e277915-7. doi:10.1590/1519-6984.277915

9 Orazymbetova, Z. Genetic Diversity of Kazakhstani Equus caballus (Linnaeus, 1758) Horse Breeds Inferred from Microsatellite Markers [Text] / Z. Orazymbetova, D. Ualiyeva, K. Dossybayev, et al. // Vet Sci. – 2023. – V.10(10). – P. 598- 1-598-12. doi:10.3390/vetsci10100598

- 10 Rzaev, T., A New Intra-Breed Type, "Mamyr-Aktobe," of the Kushum Breed of Horses of the Aktobe Population [Text] / T. Rzaev, S. Rzaev, K. Rzaev // Arch Razi Inst. – 2022. – V.77(6) –P. 2273-2279. doi:10.22092/ARI.2022.360058.2539
- 12 Nechaev, I.N. O kazahskoj porode loshadej i ee otrod'yah. Konevodstvo i konnyj sport [Tekst] / I.N. Nechaev, G.V. Sizonov, D.A. Syzdykov // – 2007. – №2. – S.23-26.
- 13 Najmanov, D.K. Tabunnoe konevodstvo: Uchebnoe posobie [Tekst] / D.K. Najmanov, A.T. Turabaev, G.T. Bahtybaev, L.A. Seleuova // Kostanaj: KGU imeni A. Bajtursynova, 2018. – 238 s.
- 14 Bekova, G.S. Zhylyklyardyn otandyk tukymdarynyn genetikalyk arturliligi men onimdilik kasetterin zertteu ushin SNP tolyk genomdy taldaуyn pajdalanu [Tekst] / G.S. Bekova, I.S. Bejshova, D.A. Gricenko, t.b. // Gylым zhane bilim – Ural'sk. – 2024. – № 2-2 (75). – S. 266-276.
- 15 Akimbekov, B.R. Razvedenie i sodержanie loshadej: uchebnoe posobie [Tekst] / B.R. Akimbekov, K.I. Akimbekov, K.ZH. Iskan, G.T. Baktybaev. – Almaty : Al'manah, 2016. – 220 c.
- 16 Kargaeva, M.T. Myasnaya produktivnost' molodnyaka kazahskih loshadej tipa dzhabe na poluostrove Mangyshlak [Tekst] / M.T. Kargaeva, D.A. Bajmukanov, A.M. Dzhunisov, O. Alihanov // Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. F. Katanova. – 2019. – №. 28. – S. 69-73.
- 17 Kargayeva, M. Productive-biological features of aday breed kazakh horses [Text] / M. Kargayeva, D. Baimukanov, A. Karynbayev, O. Alikhanov, A. Zhunusov // Eurasia J Biosci. – 2020. –V. 14(1). – P.329-35.
- 18 Sizonov, G.V. Myasnaya produktivnost' naibolee rasprostranennyh genotipov tabunnyh loshadej Kazahstana [Tekst] / G.V. Sizonov // Avtoref. diss...d.s.-h.n., Almaty, 2010 – 45 s.
- 19 Warmuth ,V.Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe [Text] / V. Warmuth, A. Eriksson, M.A. Bower, et al. // Proc Natl Acad Sci USA. – 2012. – V. 109(21). – P. 8202-8206. doi:10.1073/pnas.1111122109
- 20 Instrukciya po bonitirovke loshadej mestnyh porod Kazahstana. – Astana, 2014. – 22 s. (data obrashcheniya 10 sentyabrya 2023). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0009818>.
- 21 Sertifikat, 1176 KR. Metodika analiza polimorfizma dlin amplifitsirovannyh fragmentov (PDAF) dlya provedeniya molekulyarno-geneticheskoy ekspertizy sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh [Tekst] / I.S. Bejshova, A.M. Koval'chuk, V.A. Ul'yanov i dr.; opubl. 17.02.17. – Astana: RGP «Kazinmetr», 2017. – 32 s.

ТҮЙІН

Бұл жұмыста полногеномдық қайта секвенирлеу жүргізу үшін отандық жылқы тұқымдарын қалыптастыру және таңдау мәселесі қарастырылады. Біздің елде жылқы шаруашылығы ауыл шаруашылығы мен ұлттық мәдениеттің негізгі бөліктерінің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта Қазақстан жылқы саны бойынша алдыңғы қатарлы елдердің бірі болып табылады, бұл фактор жылқы шаруашылығы өнімдерін өндіруге және экспорттауға ықпал етеді. Өнімділік пен бейімделу қабілеттерін арттыру өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу жүргізу үшін біз Қазақстанның әртүрлі аймақтарынан ең жақсы бонитировкалық мәліметтері бар отандық жылқы тұқымдарының тобын құрдық. Бонитировка Қазақстанның жергілікті жылқы тұқымдарын бағалау нұсқаулығына сәйкес жүргізілді. Биологиялық материалды, оның ішінде тұтас қан мен шаш фолликулаларын жинау ПДАФ талдау әдістемесіне сәйкес жүзеге асырылды. ДНҚ бөлуді PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (Invitrogen™) және «ДНҚ Экстран-2» (ЖШҚ «Синтол», Мәскеу) коммерциялық жиынтығымен жүзеге асырылды. ДНҚ сапасы мен санын анықтау үшін сәйкесінше гель-электрофорез әдісі мен Agilent Cary 60 спектрофотометрі (Agilent Technologies, Inc., АҚШ) қолданылды. Қалыптастырылған отандық жылқы тұқымдарының өлшемдері мен тірі салмағы тұқым стандарттарына сәйкес келді. Бөлінген ДНҚ сапасы мен саны бойынша жақсы көрсеткіштерге ие болды, орташа концентрациясы 32 нг/мкл құрады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша ресеквенирлеу үшін джабе, муғалжар және адай тұқымдарының үш айғырын таңдап алдынды.

УДК: 636.084.413:636.085.2(045)
МРНТИ: 34.39.57

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-150-158

Жанабаева Д. К., PhD, и.о.ассоциированного профессора, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-6394-8072>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», Республика Казахстан, 010011, Астана, пр. Женис, 62, dinara.kausar.berik@mail.ru

Паритова А. Е., PhD, и.о. ассоциированного профессора, <https://orcid.org/0000-0001-7036-1037>, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», Республика Казахстан, 010011, Астана, пр. Женис, 62, paritova87@mail.ru

Султанаева Л. З., м.вет.н., старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-2774-9575>, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», Республика Казахстан, 010011, Астана, пр. Женис, 62, leila1997_97@mail.ru

Нургалиев Б. Е., к.в.н, ассоциированный профессор, <https://orcid.org/0000-0001-9448-6109>, НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана», Республика Казахстан, 090009, Уральск, ул. Жангир хана 51.

Zhanabaeva D. K., PhD, acting Associate Professor, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-6394-8072>, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, Zhenis Ave., 62, dinara.kausar.berik@mail.ru

Paritova A. Y., PhD, acting Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0001-7036-1037>, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, Zhenis Ave., 62, paritova87@mail.ru

Sultanayeva L. Z., Master of Veterinary Sciences, Senior researcher, <https://orcid.org/0000-0003-2774-9575>, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, Zhenis Ave., 62, leila1997_97@mail.ru

Nurgaliev B. E., Ph.D., associate professor, <https://orcid.org/0000-0001-9448-6109>, NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University», Republic of Kazakhstan, 090009, Uralsk, st. Zhangir khan 51.

ПИТАТЕЛЬНОСТЬ И ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ СТАРТОВОГО КОРМА ДЛЯ ПЕРЕПЕЛОВ **NUTRITIONAL AND VITAMIN COMPOSITION OF STARTER FEED FOR QUAIL**

Аннотация

В данной статье опубликованы результаты исследования питательной ценности и витаминного состава стартового корма для перепелов. Целью этого исследования было определение показателей химического и витаминного состава стартового экструдированного корма для перепел, разработанного в КАТИУ им.С.Сейфуллина. Объект исследования - образцы разработанного стартового корма для перепелов. Определение химического состава разработанного опытного корма проводили в лаборатории «Анализ корма и молока» КазАТИУ им.С.Сейфуллина. Содержание витаминов группы В: В₆, В₂, В₁, В₅, В₃ и витамина С определяли по ГОСТ 31483-2012, а содержание витамина Е определяли по ГОСТ Р 54634-2011. По проведенным результатам исследования химического состава корма получены следующие показатели, как сырой протеин, сырая клетчатка, жир, зола, крахмал. Высокое содержание сухого вещества (91,7%), что может быть полезно для роста молодых перепелов. В коммерческом корме имеет наименьшее содержание сухого вещества (89,6%). Содержания сырого протеина (27,6%). В корме Хозяйстве 1 (23%), меньше на 4,6%. По содержанию жира в разработанном корме показатель составил (7,1%). В коммерческие корма содержат меньше жира, что составило от 6,1-6,9%. Наибольшее содержание клетчатки в коммерческом корме (4,07%) усложняют переваривание других питательных веществ корма. Так же, стоит обратить внимание на количества крахмала. Содержание крахмала в корме старт 26,1%, в коммерческом корме 32,17-33,13%. Показатель витамина В₁ в корме составляет 0,052%, В₆-0,026%, В₂-0,031%, В₅-0,048% и В₃-0,082%. Витамин С и витамин Е составили 0,632% и 18,75% соответственно.

ANNOTATION

This article presents the results of a study of the nutritional value and vitamin composition of quail starter feed. The aim of this study was to determine the chemical and vitamin composition of the extruded quail starter feed developed at S.Seifullin KATIU. The object of the study was samples of the developed quail starter feed. The chemical composition of the developed experimental feed was determined in the Feed and Milk Analysis laboratory of S.Seifullin KATIU. The content of B vitamins: B6, B2, B1, B5, B3 and vitamin C was determined according to GOST 31483-2012, and the content of vitamin E was determined according to GOST R 54634-2011. Based on the results of the study of the chemical composition of the feed, the following indicators were obtained: crude protein, crude fiber, fat, ash, starch. High dry matter content (91.7%), which can be beneficial for the growth of young quails. Commercial feed has the lowest dry matter content (89.6%). Crude protein content (27.6%). In feed Farm 1 (23%), less by 4.6%. In terms of fat content in the developed feed, the indicator was (7.1%). Commercial feed contains less fat, which ranged from 6.1-6.9%. The highest fiber content in commercial feed (4.07%) makes it difficult to digest other nutrients in the feed. Also, you should pay important attention to the amount of starch. The starch content in the starter feed is 26.1%, in commercial feed it is 32.17-33.13%. This indicates that the diets have a high content of organic matter and crude protein and have sufficient nutritional value. Our study showed that feeding the developed extruded diet to quails has a positive effect on the digestibility of all nutrients. The vitamin B1 content in the feed was 0.052%, B6-0.026%, B2-0.031%, B5-0.048% and B3-0.082%. Vitamin C and vitamin E were 0.632% and 18.75%, respectively.

Ключевые слова: перепела, старт корм, протеин, витамин, рацион.

Keywords: quail, starter feed, protein, vitamin, diet.

Введение. Разведение перепелов является наиболее распространенным и новым видом отрасли, так как перепела обладают такими характеристиками: быстрым ростом, скороспелостью, низкой себестоимостью продукта [1-3]. Домашних перепелов выращивают в основном для производства яиц и мяса [2]. Основными критериями качества мяса птицы являются: пищевая ценность, которые обеспечиваются качественным кормом и кормовыми добавками [3].

Знания о пищевых особенностях и предпочтениях птиц позволяют составлять рационы с правильным балансом питательных веществ для каждого вида перепелов [4]. Белок является самым дорогим компонентом кормов по сравнению с растительным компонентом [4-5]. Но растительные компоненты корма: кукуруза, соевый жмых, пшеница и горох являются легкодоступными, и также служат отличным источником минералов и витаминов [5-6]. Большинство современных рационов домашней птицы состоят из кукурузы. Соевый жмых, основной источник энергии в рационах перепелов, имеет высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот [7-8].

В последнее время в рационе перепелов используют кормовые добавки, такие как фитобиотики. Фитобиотики и их эфирные масла обеспечивают следующие общие преимущества: улучшают вкус корма, предотвращают образование токсинов в корме, предотвращают или уничтожают микроорганизмы в пищеварительной системе, обеспечивают лучшее использование питательных веществ за счет повышенной активности пищеварительных ферментов, улучшают продуктивность животных, поддерживают иммунную систему [9]. Также продуктивность птиц и повышение переваримости питательных веществ или активация микробиоты желудочно-кишечного тракта можно улучшить с помощью фитогенных добавок [13].

Одним из способов повышающих усвояемость корма является метод экструдирования при температуре 120°C и давлении 20 атмосфер [9]. Чем выше усвояемость корма, тем лучше питательность корма [10]. По данным Сайфуллина А.С. [11] экструзия кукурузы способствует повышению эффективности использования кормов. Экструдирование зерен кукурузы улучшает

ее питательные свойства, и делает кукурузу безопасной с микробиологической точки зрения [12-13].

Экструдирование является одним из наиболее простых и продуктивных способов увеличения питательной ценности зернового корма. Полученный путем экструдирования корм сохраняет все полезные питательные вещества, а патогенные бактерии и вредные грибы в ходе действия высоких температур погибают [14].

Корма домашних птиц содержащие важные компоненты, такие как источник белка, например соевый шрот, и источник энергии, такой как кукуруза и пшеница считаются традиционными источниками питательных веществ [15]. Наиболее распространенным и дешевым источником растительного белка для корма животных и птиц является соя. Соя и его отходы состоят примерно на 50% из сырой клетчатки, 25% белка, 10% липидов и других питательных веществ [16]. Соя и соевые отходы также содержат высококачественные белки, особенно незаменимые аминокислоты [17]. Также по данным Ekeocha et al. (2020) соевые бобы содержат антипитательные вещества, которые перевариваются домашней птицей [18].

Горох считается одним из альтернативных источников растительного белка. Семена бобовых отличная альтернатива соевому шроту из-за сходства по составу аминокислот [19]. Горох полевой содержит два основных семейства: растворимые белки (глобулины, растворимые в солевых буферах и альбумины, растворимые в воде) и 10-15% нерастворимые белки. Горох также содержит в себе низкое количество антипитательных веществ (протеаза, ингибиторы, алкалоиды, дубильные вещества и т.п.) [20].

Важной составной частью кормов как основного источника энергии приходится на кукурузу в рационе перепелов. Коммерческие рационы перепелов по-прежнему в значительной степени зависят от зерна кукурузы, что представляет собой серьезную проблему для фермеров, выращивающих перепелов. Цена на кукурузу растет из-за ограниченности мирового урожая, поэтому вместо кукурузы целесообразнее использовать в рационе у перепелов молотую или цельную пшеницу [21-22]. Помимо кукурузы кукурузное масло можно успешно использовать в рационе перепелов [23].

Пшеница является главным компонентом корма в рационах птицы и обеспечивает достаточную долю энергии и белка в рационе, несмотря на низкие концентрации минералов, таких как Zn и Fe [24-25]. По данным Эбрахими и др. (2017), замена кукурузы цельной пшеницей в рационах перепелов (ноль, 50 и 100%) не оказала какого-либо отрицательного влияния на конечный вес и ежедневный прирост живой массы, а также на улучшение коэффициента конверсии корма [25]. Пшеница считалась одним из распространенных кормовых ингредиентов для цыплят-бройлеров до 1980 годов. Значительную часть (55–65%) в кормах составляет пшеница, но в последнее время в кормах для птиц начали использовать экструдированную пшеницу. В экструдированной пшенице повышается усвояемость питательных веществ [26].

Цель исследования – определение химического состава и питательности, а также витаминного состава стартового корма для перепелов.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования служили образцы экструдированного стартового корма для перепелов, разработанные в КАТИУ им.С.Сейфуллина. Химический состав корма определяли в лаборатории «Анализ корма и молока» КазАТИУ им.С.Сейфуллина. Химический состав корма исследовали на анализаторе FOSS 2500 (рисунок 1). Ход работы на анализаторе состоит из следующих этапов: засыпали образец в чашу-прободержатель и устанавливали его в анализаторе. Выбрать методику измерения, соответствующую образцу. Щелкнуть по иконке запуска анализа и вывести название образца на клавиатуре управляющего ПК. Получения результата исследуемого образца [27]. Витаминный состав корма определяли в лаборатории Пищевой безопасности Алматинского технологического университета. Определение содержания витаминов В₆, В₂, В₁, В₅, В₃ и витамина С проводили по ГОСТ 31483-2012. Содержание витамина Е определяли по ГОСТ Р 54634-2011. Статистическую обработку данных проводили с применением программы SPSS v.25.0.



Рисунок 1 – Анализ кормов

Результаты и их обсуждение. Химический состав корма является первичным показателем питательности корма. Питательность это наличие в корме всех необходимых для организма птицы веществ. Чем больше в корме используется компонентов, тем выше питательность корма [15-17].

При определении химического состава и питательности экструдированного стартового корма для перепелов исследовали следующие показатели: влажность, органическое вещество, сырой протеин, жир, клетчатку, БЭВ, золу и крахмал.

Результаты полученные в ходе исследования химического состава и питательности корма для перепелов приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав и питательность стартового экструдированного корма для перепелов, %

Корм	СВ, %	% в сухом веществе				
		Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Старт	91,7	27,6	7,1	3,72	6,55	26,01
Хозяйство 1	90	23,0	6,1	4,07	6,04	32,17
Хозяйство 2	89,6	25,4	6,9	3,45	4,93	33,13

Как видно из таблицы 1, в сравнительном аспекте разработанный нами корм отвечает потребностям птицы в данных показателях. Сухое вещество в корме доля всех питательных веществ, которая остается после удаления влаги. Высокое содержание сухого вещества (91,7%), что может быть полезно для роста молодых перепелов. В коммерческом корме имеет наименьшее содержание сухого вещества (89,6%). Так же, не мало важный показатель корма является сырой протеин. Норма сырого протеина для перепелов раннего возраста составляет 24%, нами разработанный корм так же отвечает требованиям по сырому протеину. Содержит наибольшее количество протеина (27,6%). В корме Хозяйстве 1 (23%), меньше на 4,6%.

Жиры являются наиболее концентрированным источником энергии в кормах. При усвоении организмом они выделяют почти в два раза больше энергии, чем-то же количество белка или углеводов. По содержанию жира в разработанном корме показатель составил (7,1%). В коммерческие корма содержат меньше жира, что составило от 6,1-6,9%. Наибольшее содержание клетчатки в коммерческом корме (4,07%) усложняют переваривание других питательных веществ корма.

Так же, стоит обратить важное внимание на количества крахмала. Содержание крахмала в корме старт 26,1%, в коммерческом корме 32,17-33,13%.

В таблице 2 приведены результаты переваримости питательных вещества корма. Переваримость питательных веществ корма является важнейшим показателем обмена веществ

у перепелов. Чем выше коэффициент переваримости питательных веществ, тем лучше усвояемость корма организмом перепелов и лучше их рост и развитие.

Поэтому наша работа была непосредственно связана с изучением влияния разработанного экструдированного корма для перепелов на переваримость и использование питательных веществ организмом перепелов. По проведенным исследованиям установлено, что скармливание разработанным экструдированным кормом перепелам оказало положительное влияние на переваримость всех питательных веществ.

Таблица 2 – Переваримость питательных веществ корма для перепелов, %

№	Наименование показателей	Коэффициент переваримости питательных веществ
1	Протеин	86
2	Жир	60
3	Клетчатка	59
4	БЭВ	92

Как показано в таблице 2 коэффициент переваримости протеина составил 86%, жира 60%, клетчатки – 59%, БЭВ – 92%, что говорит о высокой переваримости питательных веществ корма, а следовательно о его хорошей усвояемости.

Одну из важных ролей в оценке питательности корма играет его и витаминный состав. От наличия того или иного витамина в корме зависит насколько питательным будет корм. Корм, обогащенный витаминами оказывает благотворное влияние на рост и правильное развитие тех или иных органов, тканей в растущем организме перепелов. Поступление с кормом витаминов в организм перепелов является необходимым условием для его нормального функционирования и развития.

В таблице 3 приведены результаты определения витаминного состава экструдированного корма для перепелов.

Таблица 3 – Витаминный состав экструдированного корма для перепелов

№	Наименование витаминов	Показатели
1	В ₁	0,052±0,0010
2	В ₆	0,026±0,005
3	В ₂	0,031±0,013
4	В ₅	0,048±0,010
5	В ₃	0,082±0,015
6	Витамин С	0,632±0,215
7	Витамин Е	18,75±0,12

Как видно из таблицы 3 содержание витаминов группы В варьируется в зависимости от вида витамина. Нами определены наиболее важные витамины которые содержатся в кормах. Витамины играют ключевую роль в нормальной жизнедеятельности организма птиц. Недостаток или избыток витаминов может нарушить обмен веществ, снизить иммунитет и даже повлиять на репродуктивные способности.

Разработанный нами корм показал положительный результат в отношениях витаминов группы В. Содержание тиамин составляет 0,052±0,0010. Этот витамин важен для обмена углеводов и нервной системы. На обмен аминокислот и гемоглобин влияет витамин пиридоксин, содержание 0,026±0,005. Так же, не мало важную роль играет и в обмене веществ витамин рибофлавин, что содержание показало 0,031±0,013.

Витамины С и Е поддерживают иммунную систему и защищает клетки от окислительного процесса, это поможет поддерживать здоровье и продуктивность перепелов.

Выводы. При определении химического состава и питательности экструдированного стартового корма были получены следующие результаты: высокое содержание сухого вещества (91,7%) в разработанном корме, что может быть полезно для роста молодых перепелов. В коммерческом корме имеет наименьшее содержание сухого вещества (89,6%). Содержания

сырого протеина (27,6%). В корме Хозяйстве 1 (23%), меньше на 4,6%. Содержание жира в разработанном корме составил (7,1%). В коммерческие корма содержат меньше жира, что составило от 6,1-6,9%. Наибольшее содержание клетчатки в коммерческом корме (4,07%) усложняют переваривание других питательных веществ корма. Так же, стоит обратить внимание на количества крахмала. Содержание крахмала в корме старт 26,1%, в коммерческом корме 32,17-33,13%.

Коэффициент переваримости протеина составил 86%, жира 60%, клетчатки – 59%, БЭВ – 92%, что соответствует высокой усвояемости питательных веществ корма организмом птицы.

Содержание витамина В1 в корме 0,052%, В6 – 0,026%, В2 – 0,031%, В5 – 0,048%, В3 – 0,082% соответственно. Содержание витамина С составило 0,632%, а витамина Е – 18,75%, что также является показателем хорошей питательности корма и обогащенности витаминами.

Корм должен обеспечивать все необходимые питательные вещества, такие как белки, жиры, углеводы, витамины и минералы. Это поможет поддерживать здоровье и продуктивность птиц. Разработанный нами корм, является экструдированным, а в экструдированных кормах крахмал подвергается специальной обработке, которая делает его более доступным для ферментов пищеварительной системы птиц.

Из этого следует, что в корме содержится больше органических веществ и сырого протеина, это означает корм обладает достаточной питательностью.

Благодарность. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования молодых ученых МНВО РК АР13068280 «Разработка обогащенных кормов с применением высокопитательных, легкоусвояемых и натуральных растительных компонентов для получения качественных и безопасных продуктов перепеловодства». Мы благодарны сотрудникам лаборатории «Анализ качества корма и молока» Казахского агротехнического исследовательского университета и сотрудникам лаборатории «Пищевая безопасность» Алматинского технологического университета за оказания содействия в выполнении научно-исследовательской работы по проекту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Lima, H.J.D. et al. Updates in research on quail nutrition and feeding: A review [Текст] / H.J.D. Lima, M.V.M. Morais, I.D.B. Pereira // World's Poultry Science Journal. – 2023. – Т. 79. – №. 1. – С. 69–93.
- 2 Lukanov, H. Quality and composition of meat in different productive types of domestic quail [Текст] / H.Lukanov // Journal of Central European Agriculture. – 2023. – Т. 24. – №. 2. – С. 322-339.
- 3 Mnisi, C.M. et al. Mopane worm (*Gonimbrasia belina* Westwood) meal as a potential protein source for sustainable quail production: A review [Текст] / C.M. Mnisi, C.E. Oyeagu, O. Ruzvidzo // Sustainability. – 2022. – Т. 14. – №. 9. – С. 5511.
- 4 Nurgaliyev, B. et al. The efficacy of licorice root extract on meat amino acid, fatty acid, vitamin, and mineral composition and productivity of quail [Текст] / B. Nurgaliyev, Z. Kushmukhanov, A.K. Kereyev, U. Taubaev, Y. Sengaliyev, S. Bayantassova, I. Abirova, B. Satybaev, A. Kozhayeva, R. Abdrakhmanov, A. Paritova, A. Zhumabaev // Veterinary World. – 2024. – Т. 17. – №. 5.
- 5 Perine, T.P. et al. Requirement of digestible methionine+ cystine for growing Japanese quail and its subsequent effects on laying phase [Текст] / T.P. Perine, O.G. Daiane, C.P. Paulo // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2023. – Т. 52. – С. e20220023.
- 6 Лопаева, Н.Л. Особенности производства кормов для птицы [Текст] / Н.Л. Лопаева // ББК 45/46 О14. – 2023. – С. 119.
- 7 Beski, SSM. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review [Текст] / SSM. Beski // Anim Nutr. – 2015. – Т. 2. – С. 47-53. doi: 10.1016/j.aninu.2015.05.005.
- 8 Ahmed, E.M. et al. The impacts of dietary inclusion of soybean oil and linseed oil on growth performance, carcass yield, and health status of growing Japanese quail [Текст] / E.M. Ahmed, A.I. Attia, Z.A. Ibrahim, G. Alshehry, E.H. Algarni, N.M. Aldekhail, M.E. Abd El-Hack // Poult Sci. 2024 Jul;103(7):103746. doi: 10.1016/j.psj.2024.103746. Epub 2024 Apr 6. PMID: 38678974; PMCID: PMC11067337.

- 9 Inci, H. Using juniper berry (*Juniperus communis*) as a supplement in Japanese quail diets [Текст] / H. Inci // *Revista Brasileira de Zootecnia*. – 2016. – Т. 45. – С. 230-235.
- 10 Faridah, H.S. Extrusion enhances apparent metabolizable energy, ileal protein and amino acid digestibility of palm kernel cake in broilers [Текст] / H.S. Faridah et al. // *Asian-Australasian journal of animal sciences*. – 2020. – Т. 33. – №. 12. – С. 1965.
- 11 Choton, S. Extrusion technology and its application in food processing: A review [Текст] / S. Choton // *The Pharma Innovation Journal*. – 2020. – Т. 9. – №. 2. – С. 162-168.
- 12 Сайфуллин, А.С. Влияние экструдированного корма, с предварительным проращиванием рапса, на организм крупного рогатого скота: автореф.дисс.на соиск. уч. степени кандидата наук. Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана [Текст] / А.С. Сайфуллин. – Казань, 2018. – 22 с.
- 13 Фисинин, В. Использование препарата Sangrovit в комбикормах для цыплят-бройлеров [Текст] / В. Фисинин, И. Егоров, Т. Егорова // *Животноводство России*. – 2013. - №5. – С.60.
- 14 Тлецерук, И. Нетрадиционные зерновые корма в кормлении мясных цыплят [Текст] / И. Тлецерук, Н. Юрина, Д. Юрин // In: *Știința zootehnică – factor important pentru o agricultură de tip european*, 29 septembrie - 1 octombrie 2015, Maximovca. Maximovca: "Print-Caro" SRL. – 2016. – С. 731-736.
- 15 Kinanah, D.T.M. et al. The impact on various growth parameters of Japanese Bionatura quail of substituting some local grass pea seeds for soybean meal [Текст] / D.T.M. Kinanah, M.J. Shahid, J.K. Al-Gharawi // *Revis Bionatura*. – 2023. – №. 8 (2). – С. 86.
- 16 Cheng, Y. et al. The viscoelastic properties of soybean curd (tofu) as affected by soymilk concentration and type of coagulant [Текст] / Y. Cheng, N. Shimizu, T. Kimura // *Int. J. Food Sci. Technol.* – 2005. – №. 40(4). – С. 385-90.
- 17 Azmi, AFM. et al. Effects of adding soybean waste on growth performance and carcass quality in quails [Текст] / AFM. Azmi, WNH.W. Roslan, AZZA. Rashid, SAMH. Ngoo, MHM. Noor, MA. Rashid, MZ. Saad, DN. Adl, HA. Hassim // *Adv. Anim. Vet. Sci.* – 2023. – №. 11(8). – С. 1307-1312.
- 18 Ekeocha, A.H. et al. Original Research Article. Effect of soya bean processing techniques on laying performance and egg quality parameters of the japanese quail (*Coturnix japonica*) [Текст] / A.H. Ekeocha, A.A. Aganga, A.A. Odumboni, J.O. Ojelade // *J. Agric. Food Environ.* – 2020. – №. 7(4). – С. 17-27.
- 19 Lambein, F. et al. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or plain food [Текст] / F. Lambein, S. Travella, Y.H. Kuo, M. Van Montagu and M. Heijde // *Planta*. – 2019. – №. 250. – С. 821-838.
- 20 Bensalah, A. et al. Partial replacement of soybean meal by broad beans or field peas in Japanese quails' diet [Текст] / A. Bensalah, A. Agabou // *Veterinaria*. – 2023. – №. 72(2). – С. 208-225.
- 21 Bakhtiyary, M.N. et al. Effect of Ground or Whole Wheat and Triticale on Productive Performance, Egg Quality, Gastrointestinal Tract Traits and Nutrient Digestibility of Laying Japanese Quails [Текст] / M.N. Bakhtiyary, G.S. Mirzaie, A.A. Saki // *Iranian Journal of Applied Animal Science*. – 2020. – №. 10(2). – С. 355-363.
- 22 Masenya, T.I. et al. Complete replacement of maize grain with sorghum and pearl millet grains in Jumbo quail diets: Feed intake, physiological parameters, and meat quality traits [Текст] / T.I. Masenya, V. Mlambo, C.M. Mnisi // *PLoS One*. – 2021. – Т. 16. – №. 3. – С. 249.
- 23 Pertiwi, H. et al. Dietary of maize oil on follicular hierarchy and viscera weight of quail (*Coturnixcoturnix japonica*) [Текст] / H. Pertiwi, T.B. Dadi // *Can. Vet. J.* – 2019. – Т. 47. – №. 5. – С. 460-466.
- 24 Sahin, N. et al. Feeding Zinc-Biofortified Wheat Improves Performance, Nutrient Digestibility, and Concentrations of Blood and Tissue Minerals in Quails [Текст] / N. Sahin, O. Kucuk, C. Orhan // *Biol Trace Elem Res.* – 2022. – С. 3774–3784.
- 25 Ebrahimi, E. et al. Effect of triticale level and exogenous enzyme in the grower diet on performance, gastrointestinal tract relative weight, jejunal morphology and blood lipids of Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*) [Текст] / E. Ebrahimi, R.S. Sobhani, H. Zarghi // *J. Agric. Sci. Technol.* – 2017. – С. 569-580.

26 Homolková, D. Comparison of starch digestibility methods for extruded wheat grains (*Triticum aestivum* L.) [Текст] / D. Homolková // Czech Journal of Animal Science. – 2021. – Т. 66. – №. 10. – С. 420-427.

REFERENCES

- 1 Lima, H.J.D. et al. Updates in research on quail nutrition and feeding: A review [Текст] / H.J.D. Lima, M.V.M. Morais, I.D.B. Pereira // World's Poultry Science Journal. – 2023. – Т. 79. – №. 1. – С. 69–93.
- 2 Lukanov, H. Quality and composition of meat in different productive types of domestic quail [Текст] / H.Lukanov // Journal of Central European Agriculture. – 2023. – Т. 24. – №. 2. – С. 322-339.
- 3 Mnisi, C.M. et al. Mopane worm (*Gonimbrasia belina* Westwood) meal as a potential protein source for sustainable quail production: A review [Текст] / C.M. Mnisi, C.E. Oyeagu, O. Ruzvidzo // Sustainability. – 2022. – Т. 14. – №. 9. – С. 5511.
- 4 Nurgaliyev, B. et al. The efficacy of licorice root extract on meat amino acid, fatty acid, vitamin, and mineral composition and productivity of quail [Текст] / B. Nurgaliyev, Z. Kushmukhanov, A.K. Kereyev, U. Taubaev, Y. Sengaliyev, S. Bayantassova, I. Abirova, B. Satybaev, A. Kozhayeva, R. Abdrakhmanov, A. Paritova, A. Zhumabaev // Veterinary World. – 2024. – Т. 17. – №. 5.
- 5 Perine, T.P. et al. Requirement of digestible methionine+ cystine for growing Japanese quail and its subsequent effects on laying phase [Текст] / T.P. Perine, O.G. Daiane, C.P. Paulo // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2023. – Т. 52. – С. e20220023.
- 6 Lopaeva, N.L. Osobennosti proizvodstva kormov dlya pticy [Текст] / N.L. Lopaeva // BBK 45/46 O14. – 2023. – С. 119.
- 7 Beski, SSM. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review [Текст] / SSM. Beski // Anim Nutr. – 2015. – Т. 2. – С. 47-53. doi: 10.1016/j.aninu.2015.05.005.
- 8 Ahmed, E.M. et al. The impacts of dietary inclusion of soybean oil and linseed oil on growth performance, carcass yield, and health status of growing Japanese quail [Текст] / E.M. Ahmed, A.I. Attia, Z.A. Ibrahim, G. Alshehry, E.H. Algarni, N.M. Aldekhail, M.E. Abd El-Hack // Poult Sci. 2024 Jul;103(7):103746. doi: 10.1016/j.psj.2024.103746. Epub 2024 Apr 6. PMID: 38678974; PMCID: PMC11067337.
- 9 Inci, H. Using juniper berry (*Juniperus communis*) as a supplement in Japanese quail diets [Текст] / H. Inci // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2016. – Т. 45. – С. 230-235.
- 10 Faridah, H.S. Extrusion enhances apparent metabolizable energy, ileal protein and amino acid digestibility of palm kernel cake in broilers [Текст] / H.S. Faridah et al. // Asian-Australasian journal of animal sciences. – 2020. – Т. 33. – №. 12. – С. 1965.
- 11 Choton, S. Extrusion technology and its application in food processing: A review [Текст] / S. Choton // The Pharma Innovation Journal. – 2020. – Т. 9. – №. 2. – С. 162-168.
- 12 Sajfullin, A.S. Vliyanie ekstrudirovannogo korma, s predvaritel'nym prorashchivaniem rapso, na organizm krupnogo rogatogo skota: avtoref.diss.na soisk. uch. stepeni kandidata nauk. Kazanskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny imeni N.E. Bauman [Текст] / A.S. Sajfullin. – Kazan', 2018. – 22 s.
- 13 Fisinin, V. Ispol'zovanie preparata Sangrovit v kombikormah dlya cyplyat-brojlerov [Текст] / V. Fisinin, I. Egorov, T. Egorova // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2013. – №5. – С.60.
- 14 Tleceruk, I. Netradicionnye zernovye korma v kormlenii myasnyh cyplyat [Текст] / I. Tleceruk, N. Yurina, D. Yurin // In: Știința zootehnică – factor important pentru o agricultură de tip european, 29 septembrie - 1 octombrie 2015, Maximovca. Maximovca: "Print-Caro" SRL. – 2016. – С. 731-736.
- 15 Kinanah, D.T.M. et al. The impact on various growth parameters of Japanese Bionatura quail of substituting some local grass pea seeds for soybean meal [Текст] / D.T.M. Kinanah, M.J. Shahid, J.K. Al-Gharawi // Revis Bionatura. – 2023. – №. 8 (2). – С. 86.
- 16 Cheng, Y. et al. The viscoelastic properties of soybean curd (tofu) as affected by soymilk concentration and type of coagulant [Текст] / Y. Cheng, N. Shimizu, T. Kimura // Int. J. Food Sci. Technol. – 2005. – №. 40(4). – С. 385-90.
- 17 Azmi, AFM. et al. Effects of adding soybean waste on growth performance and carcass quality in quails [Текст] / AFM. Azmi, WNHW. Roslan, AZZA. Rashid, SAMH. Ngoo, MHM. Noor,

MA. Rashid, MZ. Saad, DN. Adl, HA. Hassim // Adv. Anim. Vet. Sci. – 2023. – №. 11(8). – S. 1307-1312.

18 Ekeocha, A.H. et al. Original Research Article. Effect of soya bean processing techniques on laying performance and egg quality parameters of the japanese quail (*Coturnix japonica*) [Текст] / A.H. Ekeocha, A.A. Aganga, A.A. Odumboni, J.O. Ojelade // J. Agric. Food Environ. – 2020. – №. 7(4). – S. 17-27.

19 Lambein, F. et al. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.): orphan crop, nutraceutical or plain food [Текст] / F. Lambein, S. Travella, Y.H. Kuo, M. Van Montagu and M. Heijde // Planta. – 2019. – №. 250. – S. 821-838.

20 Bensalah, A. et al. Partial replacement of soybean meal by broad beans or field peas in Japanese quails' diet [Текст] / A. Bensalah, A. Agabou // Veterinaria. – 2023. – №. 72(2). – S. 208-225.

21 Bakhtiyary, M.N. et al. Effect of Ground or Whole Wheat and Triticale on Productive Performance, Egg Quality, Gastrointestinal Tract Traits and Nutrient Digestibility of Laying Japanese Quails [Текст] / M.N. Bakhtiyary, G.S. Mirzaie, A.A. Saki // Iranian Journal of Applied Animal Science. – 2020. – №. 10(2). – S. 355-363.

22 Masenya, T.I. et al. Complete replacement of maize grain with sorghum and pearl millet grains in Jumbo quail diets: Feed intake, physiological parameters, and meat quality traits [Текст] / T.I. Masenya, V. Mlambo, C.M. Mnisi // PLoS One. – 2021. – T. 16. – №. 3. – S. 249.

23 Pertiwi, H. et al. Dietary of maize oil on follicular hierarchy and viscera weight of quail (*Coturnix coturnix japonica*) [Текст] / H. Pertiwi, T.B. Dadi // Can. Vet. J. – 2019. – T. 47. – №. 5. – S. 460-466.

24 Sahin, N. et al. Feeding Zinc-Biofortified Wheat Improves Performance, Nutrient Digestibility, and Concentrations of Blood and Tissue Minerals in Quails [Текст] / N. Sahin, O. Kucuk, C. Orhan // Biol Trace Elem Res. – 2022. – S. 3774-3784.

25 Ebrahimi, E. et al. Effect of triticale level and exogenous enzyme in the grower diet on performance, gastrointestinal tract relative weight, jejunal morphology and blood lipids of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) [Текст] / E. Ebrahimi, R.S. Sobhani, H. Zarghi // J. Agric. Sci. Technol. – 2017. – S. 569-580.

26 Homolková, D. Comparison of starch digestibility methods for extruded wheat grains (*Triticum aestivum* L.) [Текст] / D. Homolková // Czech Journal of Animal Science. – 2021. – T. 66. – №. 10. – S. 420-427.

ТҮЙІН

Бұл мақалада жас бөденелерге арналған азықтың құндылығы мен витаминдік құрамын зерттеу нәтижелері жарияланған. Бұл зерттеудің мақсаты С.Сейфуллин атындағы ҚАТЗУ-де жасалған бөденелерге арналған бастапқы экструдталған азықтың химиялық және витаминдік құрамын анықтау болды. Зерттеу объектісі бөденелерге арналған әзірленген бастапқы азықтың үлгілері болып табылады. Жасалған тәжірибелік азықтың химиялық құрамын анықтау С.Сейфуллин атындағы ҚазАТЗУ, «Азық және сүтті талдау» зертханасында жүргізілді.

В дәрумендерінің мөлшері: В6, В2, В1, В5, В3 және С витаминінің мөлшері МЕМСТ 31483-2012 бойынша, ал Е витаминінің мөлшері МЕМСТ Р 54634-2011 бойынша анықталды. Азықтың химиялық құрамын зерттеу нәтижелері бойынша келесі көрсеткіштер алынды: шикі ақуыз, шикі жасұнақ, май, күл, крахмал. Құрғақ заттардың жоғары мөлшері (91,7%), бұл жас бөденелердің өсуіне пайдалы. Тауарлы азық құрамында құрғақ заттың мөлшері төмен (89,6%). Құрамында шикі ақуыз (27,6%) құрады. Шаруашылық 1 қолданылатын азық ақуызы (23%) немесе 4,6%-ға төмен. Әзірленген азықтың май мөлшері бойынша көрсеткіш (7,1%) құрады. Тауарлы азықтың құрамында май мөлшері аз, ол 6,1-6,9% аралығында болды. Тауарлы азықтағы ең жоғары шикі жасұнақтың (4,07%) болуы азықтағы басқа қоректік заттардың қорытылуын қиындатады. Сондай-ақ, крахмал мөлшеріне маңызды назар аударуыңыз керек. Әзірленген азық мөлшерінде крахмал мөлшері 26,1%, тауарлық азықта 32,17-33,13%. Азықтағы В1 витаминінің деңгейі 0,052%, В6-0,026%, В2-0,031%, В5-0,048% және В3-0,082%. С витамині мен Е витамині сәйкесінше 0,632% және 18,75% аралығында болды.

УДК 639.2.05+597.2/.5
МРНТИ 639.2.052

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-159-169

Асылбекова С.Ж., доктор биологических наук, профессор, академик НААН РК
<https://orcid.org/0000-0002-6648-4744>

Заместитель генерального директора ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Алматы, пр. Суяунбая, 89 «А», 050016, Республика Казахстан, assylbekova@mail.ru

Исбеков К.Б., доктор биологических наук, профессор, академик НААН РК,
<https://orcid.org/0000-0002-8197-117X>

Генеральный директор ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Алматы, пр. Суяунбая, 89 «А», 050016, Республика Казахстан, isbekov@mail.ru

Куликов Е. В., кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-1687-7670>

Ведущий научный сотрудник лаборатории ихтиологии, ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Алматы, пр. Суяунбая, 89 «А», 050016, Республика Казахстан, e.v.kulikov.61@mail.ru

Туменов А. Н., доктор Ph.D, <https://orcid.org/0000-0001-7995-2001>

Директор Западно-Казахстанского филиала ТОО «Научно – производственный центр рыбного хозяйства», Уральск, ул. Жангир хана, 45, 090009, Республика Казахстан, artur_tumen@mail.ru

Кадимов Е. Л., <https://orcid.org/0000-0001-6938-1276>

Директор Атырауского филиала ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Атырау, ул. Ғаббас Берғалиев, 80, 060027, Республика Казахстан, kadimov.erbolat@mail.ru

Assylbekova S. Zh., Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0002-6648-4744>

Deputy General Director of LLP «Fisheries Research and Production Center», Almaty, Suyunbaya pr., 89 «A», 050016, Kazakhstan assylbekova@mail.ru

Kuanysh B. I., Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0002-8197-117X>

General Director of LLP «Fisheries Research and Production Center», Almaty, Suyunbaya pr., 89 «A», 050016, Kazakhstan, isbekov@mail.ru

Kulikov Y. V., Candidate of Biological Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-1687-7670>

Leading Researcher of the Ichthyology Laboratory of LLP «Fisheries Research and Production Center», Almaty, Suyunbaya pr., 89 «A», 050016, Kazakhstan, e.v.kulikov.61@mail.ru

Tumenov A. N., PhD doctor, <https://orcid.org/0000-0001-7995-2001>

Director of the West Kazakhstan Branch LLP "Fisheries Research and Production Center", Uralsk, Zhangir Han st., 45, 090009, Kazakhstan, artur_tumen@mail.ru

Kadimov Y. L., <https://orcid.org/0000-0001-6938-1276>

Director of the Atyrau Branch LLP «Fisheries Research and Production Center», Atyrau, Gabbas Bergaliev st., 80, 060027, Kazakhstan, kadimov.erbolat@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ПРИ
РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛАНОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ
ВОДОЕМОВ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА
APPLICATION OF ECOSYSTEM SERVICE VALUE ASSESSMENT IN DEVELOPING
PROSPECTIVE PLANS FOR THE USE OF BIORESOURCES OF WATER BODIES IN THE
WESTERN KAZAKHSTAN REGION**

АННОТАЦИЯ

В статье представлены данные по оценке стоимости водных биоресурсов, природного капитала и экосистемных услуг на ряде водоемов Западно-Казахстанского региона, в том числе на Каспийском море, реках Жайык и Кигаш, водохранилищах и озерах. Основой для исследований послужили мониторинговые исследования 2023-2024 гг.

Цель работы – дифференцировать роль биоресурсов в качестве обеспечивающих (рыболовство и аквакультура), поддерживающих (сохранение биоразнообразия) и культурных услуг (спортивно-любительское рыболовство, рыболовный туризм), провести их

экономическую оценку и на этой основе разработать рекомендации по использованию водоемов для промыслового рыболовства, аквакультуры или спортивно-любительского рыболовства и рекреации.

В ходе исследования установлено, что наиболее высокая стоимость водных биологических ресурсов – в Каспийском море. Также значительный промысловый запас рыб и стоимость ресурса в других водоемах международного значения – реках Жайык и Кигаш. Что касается водоемов местного значения, то наиболее высокая стоимость биоресурсов – в Пятимарском, Кировском и Актюбинском водохранилищах. Природный капитал Каспийского моря составляют биоресурсы и генетические ресурсы (осетровые виды рыб), тогда как основной природный капитал впадающих в Каспий рек – это пресная вода. Стоимость биоресурсов водоемов местного значения составляет 90 % их природного капитала. Однако в структуре экосистемных услуг водохранилищ равные доли составляют услуги снабжения продовольствием и водой.

Рассмотрена возможность применения оценки стоимости водных биологических ресурсов, природного капитала и экосистемных услуг для водоемов ЗКР при планировании водохозяйственных и рыбохозяйственных мероприятий.

Актуальность исследований состоит в совершенствовании принципов и методов оценки потенциала водоемов, управления и охраны рыбных запасов.

ANNOTATION

The article presents data on the assessment of the value of aquatic bioresources, natural capital and ecosystem services in a number of water bodies in the West Kazakhstan region, including the Caspian Sea, the Zhaiyk and Kigash rivers, reservoirs and lakes. The research is based on monitoring studies in 2023-2024.

The purpose of the work is to differentiate the role of bioresources as providing (fisheries and aquaculture), supporting (biodiversity conservation) and cultural services (sport and amateur fishing, fishing tourism), conduct their economic assessment and, on this basis, develop recommendations for the use of water bodies for commercial fishing, aquaculture or sport and amateur fishing and recreation. The study found that the highest value of aquatic biological resources is in the Caspian Sea. There is also a significant commercial fish stock and the cost of the resource in other water bodies of international importance – the Zhaiyk and Kigash rivers. As for water bodies of local importance, the highest value of bioresources is in the Pyatimarskoye, Kirovskoye and Aktobe reservoirs. The natural capital of the Caspian Sea consists of bioresources and genetic resources (sturgeon species), while the main natural capital of the rivers flowing into the Caspian is fresh water. The value of bioresources of water bodies of local importance is 90% of their natural capital. However, in the structure of ecosystem services of reservoirs, equal shares are made up of food and water supply services.

The possibility of applying the assessment of the value of aquatic biological resources, natural capital and ecosystem services for reservoirs of the West Caspian region when planning water management and fishery activities is considered.

The relevance of the research lies in improving the principles and methods for assessing the potential of reservoirs, management and protection of fish stocks.

Ключевые слова: водоемы, рыбное хозяйство, стоимость биоресурсов, природный капитал, экосистемные услуги, Западно-Казахстанский регион.

Key words: water bodies, fisheries, value of bioresources, natural capital, ecosystem services, West Kazakhstan region.

Введение. Объекты исследований – экосистемы и рыбные ресурсы Западного Казахстана: Каспийское море; река Жайык; река Кигаш; Актюбинское водохранилище; озеро Шалкар; озеро Байтакколь; озеро Кармакколь; Донгелекское водохранилище; Пятимарское водохранилище; Кировское водохранилище; река Кушум.

Цель работы – дифференцировать роль биоресурсов в качестве обеспечивающих (рыболовство и аквакультура), поддерживающих (сохранение биоразнообразия) и культурных услуг (спортивно-любительское рыболовство, рыболовный туризм), провести их экономическую оценку и на этой основе разработать рекомендации по использованию

водоемов для промыслового рыболовства, аквакультуры или спортивно-любительского рыболовства и рекреации.

В процессе работы на основе мирового опыта по оценке и применению экономической стоимости экосистемных услуг оценена их применимость к условиям природопользования в Казахстане. Проведен расчет стоимости водных биологических ресурсов в каждом из изучаемых водоемов. Реальная оценка стоимости водных биоресурсов и их роли в функционировании экосистемы и обеспечении жизненно важных потребностей населения в Казахстане почти не реализована. Оценки стоимости биологических ресурсов пока используются только для оценки потенциала водоемов при планировании создания на них особо охраняемых природных территорий [1]. Экономическая оценка экосистемных услуг, как новое направление определения ценности природного потенциала в денежном выражении, становится реальным механизмом обоснования разнообразных мер по природопользованию и повышению эффективности природоохранных работ на базе конкретных сумм.

Экосистемные услуги – это многочисленные и разнообразные выгоды, которые люди получают бесплатно от природной среды и от функционирующих экосистем [2]. Экосистемные услуги также можно разделить на потребительские и непотребительские услуги в соответствии с концепцией общей экономической ценности [3]. Ghermandi [4] заявил, что «экономическая оценка экосистемных услуг осуществляется различными путями: с использованием информации/данных о рыночных ценах или путем выявления предпочтений потребителей с помощью широкого спектра нерыночных методов анализа». Экономическая стоимость товаров, производимых агроэкосистемами, хорошо изучена [5]. Однако существует очень мало оценок экосистемных услуг для пресноводных озер и водохранилищ. Мы видим это в общепринятой оценке Costanza et al [6].

Одна из первых оценок стоимости различных типов природных экосистем планеты сделана международной группой экспертов в 1997 г. [7]. Для этого была рассчитана стоимость объема экосистемных услуг на единицу площади различных биомов. В 2014 г. эти оценки были повторены и уточнены [6]. Сейчас многие авторы [8; 9; 10; 11; 12] пользуются или ссылаются на эти осредненные оценки. Нужно отметить, что это не оригинальное исследование, а обобщение нескольких десятков результатов исследований по всему миру. Озера и реки в данном исследовании (2014) занимают по стоимости экосистемных услуг (4267 USD/га/год) промежуточное положение между пустынями/тундрой (0 USD) и коралловыми рифами (352 тыс. USD) и на уровне лесов (3-5 тыс. USD). Это объективная оценка. Однако оценка стоимости отдельных видов экосистемных услуг вызывает сомнения. На наш взгляд, водорегулирование, водоснабжение и водоочистка (918-7514 USD/га/год) несколько переоценены, производство продуктов питания (106 USD/га/год) в глобальном масштабе недооценено, а роль пресноводных водоемов, как рефугиумов, вообще не оценена. Сам R. Costanza признает, что, хотя концепции природного капитала и экосистемных услуг получили широкое признание, их практическое применение весьма ограничено («While the concepts of natural capital and ecosystem services have been broadly accepted... practical applications are still limited» (цитата) [13]. В своей работе мы показываем возможное применение стоимостных оценок ряда экосистемных услуг для определения вариантов развития территорий.

Производство пресноводных продуктов питания недооценено во всем мире. Самая высокая степень прямого использования природного капитала приходится на водоемы, используемые для коммерческого рыболовства. Для практического использования необходима детальная оценка экосистемных услуг для основного продукта природопользования. В большинстве промысловых водоемов это будет рыба (рыбная продукция).

Сначала сделаем обзор некоторых терминов и определений, используемых нами при оценке. Природный капитал – все элементы природно-ресурсного потенциала (в воспроизводстве которых существует объективная потребность общества), приносящие эколого-экономический эффект и осуществляющие вклад в приращение национального богатства в течение длительного периода времени [14]. Р. Констанца и Г. Дейли определяют

природный капитал, как запас, который является источником потока природных услуг и реальных природных ресурсов [15].

Рефугиум (лат. *refugium* – убежище) – участок земной поверхности, или Мирового океана, где вид или группа видов пережили или переживают неблагоприятный для них период геологического времени, в течение которого на больших пространствах эти формы жизни исчезали. Предполагается, что вид не только может сохраниться в рефугиуме, но и впоследствии вновь распространиться из него на более широком пространстве (здесь понимается в плане убежища для сохранения эндемичных видов рыб) [16].

Водоснабжение – подача поверхностных или подземных вод потребителям в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями качества воды в водных объектах.

Промысловый запас рыб – часть общей биомассы популяции рыб, достигшая половой зрелости и используемая в целях промыслового и любительского рыболовства.

Биологическое регулирование – трофико-динамическое регулирование популяций.

Материалы и методы исследования.

Работа проводилась в соответствии с календарным планом исследований по теме: BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии». Материалы были собраны в ходе мониторинговых исследований в 2023-2024 гг.

Учет численности и биомассы промыслового запаса рыб проводился по общепринятым на постсоветском пространстве методикам [17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24] с учетом собственных разработок авторов данной работы [25] и западных ученых [26; 27; 28]. При оценке стоимости биологических ресурсов применяются рыночные цены, действующие в Казахстане ставки платы за пользование животным миром и международно признанные цены. Для привязки данных к географическому местонахождению использована программа «ArcGIS-online» и веб-приложение «Рыболовство и охрана рыбных запасов», разработанное ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства». При оценке стоимости экосистемных услуг использованы признанные мировые оценки [6; 7] и собственные расчеты авторов, основанные на действующих в различных регионах Казахстана ценах на воду, рыбу.

Результаты исследования. Стоимость водных биологических ресурсов в исследуемых водоемах определена на основе результатов мониторинговых сырьевых исследований 2023 года и показана в таблице 1, информационно-оценочная карта стоимости биоресурсов в изучаемых водоемах ЗКР – на рисунке 1.

Таблица 1 – Стоимость водных биологических ресурсов в исследуемых водоемах

Водоемы	Оценка стоимости водных биоресурсов, млн тенге	Используемая часть биоресурса, млн тенге
Донгелекское водохранилище	66,7185	16,551
Пятимарское водохранилище	100,5715	28,3075
Кировское водохранилище	102,143	30,4795
Река Кушум	10,84	4,3475
Актюбинское водохранилище	131,319	32,1795
Озеро Шалкар	11,2935	2,4265
Озеро Байтакколь	31,647	8,1605
Озеро Кармакколь	25,649	6,978
Река Жайык	3139,511	704,547
Река Кигаш	4378,177	994,582
Каспийское море	94825,52	12563,08

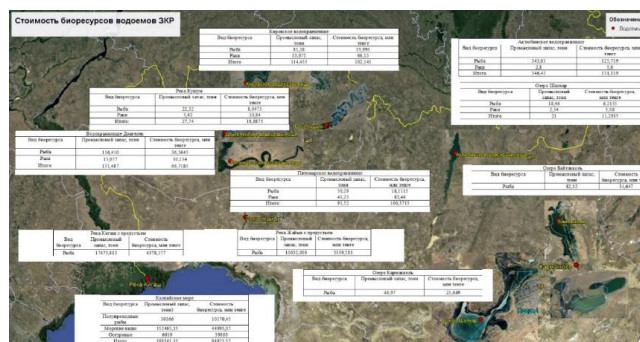


Рисунок 1 – Информационно-оценочная карта стоимости биоресурсов в изучаемых водоемах Западно-Казахстанского региона

Оценка природного капитала водоемов – в таблице 2, информационно-оценочная карта – на рисунке 2.

Таблица 2 – Оценка стоимости природного капитала водоемов, млн тенге

Запасы воды	Стоимость водных биоресурсов	Генетические ресурсы	Запасы пресной воды	Итого
Река Жайык	3139,5	310,6	254380	257830,1
Река Кигаш	4378,2	-	113155	117533,2
Каспийское море	94825,5	96012,2	-	190837,7
Донгелекское водохранилище	66,719	-	11,082	77,801
Пятимарское водохранилище	100,572	-	7,007	107,579
Кировское водохранилище	102,143	-	12,632	114,775
Река Кушум	18,888	-	-	18,888
Актюбинское водохранилище	131,319	-	48,51	179,829
Озеро Шалкар	11,294	-	2,181	13,475
Озеро Байтакколь	31,647	-	-	31,647
Озеро Кармакколь	25,649	-	-	25,649

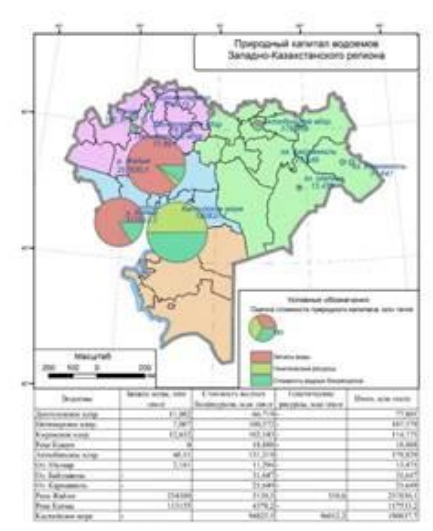


Рисунок 2 – Информационно-оценочная карта стоимости природного капитала изучаемых водоемов Западно-Казахстанского региона

Показатели стоимости экосистемных услуг водоемов приведены в таблицах 3-4, информационно-оценочная карта – на рисунке 3.

Таблица 3 – Оценка стоимости экосистемных услуг водоемов международного значения, млн тенге/год

Водоем	Водоснабжение	Производство продуктов питания (рыба)	Биологическое регулирование	Рефугиумы	Отдых и туризм	Всего, млн тг.
Река Жайык	6381	705	22	4874	4799	16781
Река Кигаш	12290	995	4	1924	1200	16413
Каспийское море	16297	12563	2048	-	15082	45990

Таблица 4 – Оценка стоимости экосистемных услуг водоемов местного значения, млн тенге/год

Водоемы	Регулирование воды	Водоснабжение	Биологическое регулирование	Производство продуктов питания	Отдых и туризм	Итого
Донгелекское водохранилище	15,83	11,08	3,52	16,55	0,44	47,42
Пятимарское водохранилище	10,01	7,01	3,79	28,31	1,1	50,22
Кировское водохранилище	18,05	12,63	4,42	30,48	1,51	67,09
Река Кушум	-	-	0,56	4,35	1,07	5,98
Актюбинское водохранилище	69,3	48,51	11,27	32,18	3,57	164,83
Озеро Шалкар	-	2,18	2,84	2,43	-	7,45
Озеро Байтакколь	-	-	23,68	8,16	0,63	32,47
Озеро Кармакколь	-	-	3,74	6,98	0,5	11,22

Проведено определение оптимальных путей природопользования на основе оценки стоимости биоресурсов и экосистемных услуг. Наиболее высокая стоимость водных биологических ресурсов в РК – в Каспийском море (94,8 млрд тенге). Также значительный промзапас рыб и стоимость ресурса в других водоемах международного значения Жайык-Каспийского бассейна – реках Жайык и Кигаш. Что касается водоемов местного значения, то наиболее высокая стоимость биоресурсов – в Пятимарском, Кировском (ЗКО) и Актюбинском водохранилищах, причем в Пятимарском (82 %) и Кировском (65 %) водохранилищах большую часть стоимости составляет не рыба, а другой потребляемый в пищу биоресурс – длиннопалый рак.

Нужно отметить, что в водоемах местного значения ЗКО и Актюбинской области использование биоресурсов (фактический вылов) составляет от 21 до 40 %, в среднем 27 %, что нужно признать оптимальным соотношением, так как промысловый запас и должен в год использоваться в среднем на четверть, чтобы он не был подорван. Также интенсивно используются промысловые запасы в реках Жайык и Кигаш – 22,6 %, в то время как водные биологические ресурсы Каспийского моря в значительной степени недоиспользуются – только 13,2 %. Промысловый запас рыб Каспия недоиспользуется из-за слабого развития морского промысла, отсутствия заинтересованности государства и крупных инвесторов, а также водной и наземной инфраструктуры – порты, железные дороги и так далее.

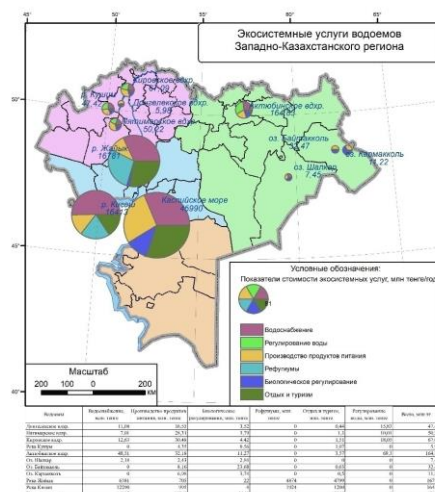


Рисунок 3 – Информационно-оценочная карта стоимости экосистемных услуг изучаемых водоемов

При оценке потенциала водоемов нужно отделить понятия «природный капитал» водоемов от понятия «экосистемные услуги». Природный капитал – это то, чем водоем обладает в принципе. Это запасы пресной воды, генетические ресурсы (если в водоеме есть ценные редкие эндемики и «краснокнижные» виды), общая стоимость водных биологических ресурсов (стоимость промзапаса рыб и раков) и т.д. Экосистемные услуги – это то, что водоем дает человеку или напрямую (снабжающая услуга продуктами питания, снабжающая услуга пресной водой, культурная услуга в виде туризма и рекреации населения), либо опосредованно через поддержание стабильности экосистемы (рефугиумы, биорегулирование, водорегулирование).

Природный капитал Каспийского моря составляют биоресурсы и генетические ресурсы (осетровые виды рыб), тогда как основной природный капитал впадающих в Каспий рек – это пресная вода. Наиболее высока стоимость экосистемных услуг Каспийского моря – 46 миллиардов тенге в год. Показатели рек примерно одинаковы – по 16,5 млрд тенге в год, но в структуре ЭУ р. Жайык распределение услуг более равномерное, примерно равные доли составляют рефугиумы (ООПТ), водоснабжение, рекреация населения, а в структуре ЭУ р. Кизил-Иртыш 75 % составляет услуга водоснабжения, так как из реки по трубопроводу поставляется пресная вода для всех засушливых районов Атырауской и Мангистауской областей. Эти функции и определяют дальнейшее использование водоемов.

Особо следует остановиться на роли реки Жайык (Урал) в пределах Западно-Казахстанской области. Река Жайык на территории ЗКО интенсивно используется рыбаками-любителями, но из-за особенностей национального законодательства (у нас любительская рыбалка не регулируется и является бесплатной), услугу снабжения продовольствием и культурные услуги получают только люди, но не бизнес и не государство. Необходимо развивать предоставление услуг рыболовного туризма в ЗКО на платной основе. В качестве одной из мер можно предложить введение «экологического сбора» для въездных рыбаков, как это практикуется во многих странах мира в виде ПЭУ. Плата за экосистемные услуги (ПЭУ) представляет собой плату, которую производит пользователь экологической услуги поставщикам, которые предоставляют такую услугу. Например, существует плата за въезд в особо чувствительные экологические зоны или ООПТ, которая может быть, как чисто символической, так и достигать весьма солидных величин. Эти деньги, как правило, тратятся на поддержание экосистем в должном состоянии, чтобы они могли и дальше оказывать экосистемные услуги нужного качества. Платить за экосистемные услуги должен потребитель услуг в качестве платы за услугу (турист за размещение в гостинице, рыболов-любитель за путевку). Плата за экосистемные услуги должна идти либо в бюджет государства, которое должно возвращать «долг» экосистеме в виде содержания ООПТ, создания инфраструктуры, организации мероприятий по сохранению и восстановлению биоразнообразия, и т.д., либо субъектам, предоставляющим экоуслуги (инспектор, егерь, рыбак, продавец, владелец турбазы, и т.д.).

Стоимость биоресурсов водоемов местного значения ЗКО составляет 90 % их природного капитала. Однако в структуре ЭУ водохранилищ равные доли (46 и 47 %) составляют услуги снабжения продовольствием и водой. Поэтому эти водохранилища должны использоваться комплексно: для промыслового рыболовства и раколовства, а также для орошения сельхозугодий. Эти два вида ЭУ являются взаимосвязанными факторами – чем больше водность, тем многочисленнее промысловые запасы. При этом регулирование воды полностью зависит от природно-климатических факторов, а именно от весеннего притока, и поэтому мало нуждается в техническом вмешательстве. В то же время рыбными запасами можно успешно управлять.

Для Донгелекского, Пятимарского и Кировского водохранилищ базовым вариантом развития является промысловое рыболовство, развитие переработки рыбы, безотходных технологий рыбодобычи, и в перспективе садковое рыбоводство для выращивания особо ценных рыб (осетровые). Эти водохранилища часто посещаются по путевкам наиболее активными и мобильными рыболовами-любителями. В перспективе возможно и развитие экологического туризма, и расширение доли спортивно-любительского лова.

Незарегулированный отрезок реки Кушум малозначим в плане промыслового рыболовства, но здесь имеются значительные возможности для развития спортивно-любительского рыболовства, поэтому он должен быть передан для СЛР.

71% ЭУ Актюбинского водохранилища составляют услуги водоснабжения и водорегулирования в бассейне реки Илек. Озеро Шалкар – единственный крупный водоем в Шалкарском районе. Также это единственный источник рыбы. В то же время, возможности озер Актюбинской области в плане получения биопродукции недоиспользуются. По промысловой продуктивности (менее 30 кг/га) эти озера уступают озерам ЗКО, поэтому их выгоднее использовать не в плане промыслового рыболовства, а передать для целей аквакультуры (создание озерно-товарных хозяйств), тогда их продуктивность увеличится до 90-100 кг/га [29, 30].

Благодарности. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №BR21882122).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Van Zyl H. Kazakhstan Biodiversity Offsets Guideline (BIOFIN) [Text] / H. Van Zyl // Technical Report. - 2021. – 116 p. doi:[10.13140/RG.2.2.29856.76805](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29856.76805)
- 2 Tallis H., Guerry A., Daily G. C., Pascual U. Ecosystem services [Text] / H. Tallis [and etc.] // Encyclopedia of Biodiversity. – №3. – 2022. – P. 753-763. doi:10.1016/B978-0-12-822562-2.00358-3
- 3 Dushin, A. V., Yurak, V. V. Total Economic value concept: essence, evolution and author's approach [Text] / A.V. Dushin [and etc.] // Advances in Economics, Business and Management Research. – 2018. – P. 91-97. doi: 10.2991/iscfec-18.2019.21
- 4 Ghermandi, A., Nunes, P.A.L.D., Portela, R., Rao N., Teelucksingh, S.S. Recreational, cultural, and aesthetic services from estuarine and coastal ecosystems [Text] / A.Ghermandi [and etc.] // Treatise on Estuarine and Coastal Science. – Vol.12. – 2011. – P. 217 – 237. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1532803>
- 5 Dominati, E. J., Robinson, D. A., Marchant, S. C., Bristow, K. L., Mackay, A. D. Natural capital, ecological infrastructure, and ecosystem services in agroecosystems [Text] / E. J. Dominati [and etc.] // Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. – 2014. – P. 245 – 264. doi:[10.1016/B978-0-444-52512-3.00243-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00243-6)
- 6 Costanza, R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R. K. Changes in the global value of ecosystem services [Text] / R. Costanza [and etc.] // Global Environmental Change – Vol.26. – 2014. – P.152 – 158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- 7 Costanza, R., d'Agre, R., de Groot, R., Farber S., Glasco, M., Hannon B., Limburg, K., Naeem, Sh., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital [Text] / R.Costanza [and etc.] // Nature. – 1997. – Vol. 387. – P. 253 – 260. doi:<https://doi.org/10.1038/387253a0>
- 8 Watson, S.C.L., Watson, G.J., Beaumont, N.J., Preston, J. Inclusion of condition in natural capital assessments is critical to the implementation of marine nature-based solutions [Text] / S.C.L. Watson [and etc.] // Science of the Total Environment. – Vol.838. – Part 2. – 2022. – P. 156026. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156026>

- 9 Xie, G., Zhang, C., Zhen, L., Zhang, L. Dynamic changes in the value of China's ecosystem services[Text] / G.Xie[and etc.] // Ecosystem Services. – Vol. 26. – Part A. – 2017. – P. 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.010>
- 10 Ширков Э.И. Эколого-экономическая эффективность использования природно-ресурсного потенциала Охотского моря [Текст] / Э.И. Ширков // Пространственная экономика. – 2010. – №3. – С. 49 – 67.
- 11 Розенберг А.Г. Оценки экосистемных услуг для территории Самарской области [Текст] / А.Г. Розенберг // Поволжский экологический журнал. – 2014. – №1. – С. 139 – 145.
- 12 Лукьянова О.Н., Волвенко И.В., Огородникова А.А., Анферова Е.Н. Оценка стоимости биоресурсов и экосистемных услуг Охотского моря [Текст] / О.Н. Лукьянова [и др.] // Известия ТИНРО, 2016. – Т. 184. – С. 85 – 92.
- 13 Costanza, R. Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability [Text] / R. Costanza // Ecosystem Services. – V. 43. – 2020. – P. 101096. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>
- 14 Неверов А.В., Деревяго И. П. Природный капитал в системе устойчивого развития [Текст] / А. В. Неверов, И. П. Деревяго // Белорусский экономический журнал. – 2005. – №1. – С. 121 – 132.
- 15 Costanza, R., Daly H. E. Natural capital and sustainable development [Text] / Costanza, R., Daly H. E. // Conservation Biology. – 1992. – Vol. 6 – No 1. – P. 37 –46. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- 16 Coyne, J. A., Orr, H. A. Speciation [Text] / Coyne, J. A., Orr, H. A. // Sunderland Sinauer Associates, Inc. – 2004. ISBN 0-87893-091-4.
- 17 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб [Текст] / И.Ф. Правдин // – М.: Пищевая промышленность. – 1966. – 376 с.
- 18 Чугунова Н.И. Методика изучения возраста и роста рыб [Текст] / Н.И. Чугунова // – М.: Советская наука, 1952. – 164 с.
- 19 Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб [Текст] / Г.В. Никольский // – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 448 с.
- 20 Правила подготовки биологического обоснования на пользование животным миром [Текст]: Утв. пр. МОСВР РК от 04.04.2014 г. – № 104-Ө. – Астана, 2014. – 66 с.
- 21 Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ) [Текст] / В.К. Бабаян // – М.: Изд-во ВНИРО, 2000. – 191 с.
- 22 Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: ВНИИПРХ, 1986. – 50 с.
- 23 Методические рекомендации по использованию кадастровой информации для разработки прогноза уловов рыбы во внутренних водоемах. – М.: ВНИРО, 1990. – Ч.1. – 56 с.
- 24 Малкин Е.Н. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб [Текст] / Е.Н. Малкин // – М.: Изд. ВНИРО, 1999. – 144 с.
- 25 Куликов Е.В., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж. Нахождение коэффициентов изъятия для популяций рыб, достигших критических значений биомассы промыслового запаса [Текст] / Е.В. Куликов [и др.] // Вопросы рыболовства. – 2016. – Т.17.– №3. – С. 368 – 374.
- 26 FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Russian version of: FAO. Aquaculture development. 4. Ecosystem approach to aquaculture. – FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. – 2010. – No.5.– Suppl. 4. – 53 p.
- 27 Stock assessment for fishery management. A framework guide to the stock assessment tools of the Fisheries Management Science Programme. – FAO fisheries technical paper, 2006. – №487. – 263 p.
- 28 Methot Jr. R.D., Wetzel Ch. R. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management [Text] / Jr.R.D. Methot [and etc.] // Fisheries Research. – Vol.142. – 2013 – P. 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.012>
- 29 Садвакасов, К.К., Ли Д.В. Экономические подходы для разработки схемы региональной специализации товарного рыбоводства в Республике Казахстан / К.К. Садвакасов, Д.В. Ли // Астраханский вестник экологического образования, 2015. – №4 (34). – С. 97 – 102. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-podhody-dlya-razrabotki-shemy-regionalnoy-spetsializatsii-tovarnogo-rybovodstva-v-respublike-kazahstan> (дата обращения: 11.09.2024).
- 30 Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б., Куликов Е.В., Куликова Е.В. Рекомендации для природопользователей и фермеров по организации и технологическому циклу озерно-

товарного рыбоводного хозяйства [Текст] / С.Ж. Асылбекова [и др.] // Методическое пособие. – Алматы, 2014. – 132 стр.

REFERENCES

- 1 Van Zyl H. Kazakhstan Biodiversity Offsets Guideline (BIOFIN) [Text] / H. Van Zyl // Technical Report. - 2021. – 116 p. doi:[10.13140/RG.2.2.29856.76805](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29856.76805)
- 2 Tallis H., Guerry A., Daily G. C., Pascual U. Ecosystem services [Text] / H. Tallis [and etc.] // Encyclopedia of Biodiversity. – №3. – 2022. – P. 753 – 763. doi:10.1016/B978-0-12-822562-2.00358-3
- 3 Dushin, A. V., Yurak, V. V. Total Economic value concept: essence, evolution and author's approach [Text] / A.V. Dushin [and etc.] // Advances in Economics, Business and Management Research. – 2018. – P. 91 – 97. doi: 10.2991/iscfec-18.2019.21
- 4 Ghermandi, A., Nunes, P.A.L.D., Portela, R., Rao N., Teelucksingh, S.S. Recreational, cultural, and aesthetic services from estuarine and coastal ecosystems [Text] / A. Ghermandi [and etc.] // Treatise on Estuarine and Coastal Science. – Vol.12. – 2011. – P. 217 – 237. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1532803>
- 5 Dominati, E. J., Robinson, D. A., Marchant, S. C., Bristow, K. L., Mackay, A. D. Natural capital, ecological infrastructure, and ecosystem services in agroecosystems [Text] / E. J. Dominati [and etc.] // Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. – 2014. – P. 245 – 264. doi:[10.1016/B978-0-444-52512-3.00243-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00243-6)
- 6 Costanza, R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R. K. Changes in the global value of ecosystem services [Text] / R. Costanza [and etc.] // Global Environmental Change – Vol.26. – 2014. – P.152 – 158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- 7 Costanza, R., d'Agre, R., de Groot, R., Farber S., Glasco, M., Hannon B., Limburg, K., Naeem, Sh., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital [Text] / R.Costanza [and etc.] // Nature. – 1997. – Vol. 387. – P. 253–260. doi:<https://doi.org/10.1038/387253a0>
- 8 Watson, S.C.L., Watson, G.J., Beaumont, N.J., Preston, J. Inclusion of condition in natural capital assessments is critical to the implementation of marine nature-based solutions [Text] / S.C.L. Watson [and etc.] // Science of the Total Environment. – Vol.838. – Part 2. – 2022. – P. 156026. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156026>
- 9 Xie, G., Zhang, C., Zhen, L., Zhang, L. Dynamic changes in the value of China's ecosystem services [Text] / G. Xie [and etc.] // Ecosystem Services. – Vol. 26. – Part A. – 2017. – P. 146 – 154. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.010>
- 10 SHirkov E.I. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya prirodno-resursnogo potentsiala Ohotskogo morya [Tekst] / E.I. SHirkov //Prostranstvennaya ekonomika. – 2010. – №3. – S. 49 – 67.
- 11 Rozenberg A.G. Ocenki ekosistemnykh uslug dlya territorii Samarskoj oblasti [Tekst] / A.G. Rozenberg // Povolzhskij ekologicheskij zhurnal. – 2014. – №1. – S. 139 – 145.
- 12 Luk'yanova O.N., Volvenko I.V., Ogrodnikova A.A., Anferova E.N. Ocenka stoimosti bioresursov iekosistemnykh uslug Ohotskogo morya [Tekst] / O.N. Luk'yanova [i dr.] // Izvestiya TINRO, 2016. – T. 184. – S. 85 – 92.
- 13 Costanza, R. Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability [Text] / R. Costanza // Ecosystem Services. – V. 43. – 2020. – P. 101096. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>
- 14 Neverov A.V., Derevyago I. P. Prirodnyjkapital v sisteme ustojchivogo razvitiya [Tekst] / A. V. Neverov, I. P. Derevyago // Belorusskij ekonomicheskij zhurnal. – 2005. – №1. – S. 121 – 132.
- 15 Costanza, R., Daly H. E. Natural capital and sustainable development [Text] / Costanza, R., Daly H. E. // Conservation Biology. – 1992. – Vol. 6 – No 1. – P. 37 – 46. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- 16 Coyne, J. A., Orr, H. A. Speciation [Text] / Coyne, J. A., Orr, H. A. // Sunderland Sinauer Associates, Inc. – 2004. ISBN 0-87893-091-4.
- 17 Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Tekst] / I.F. Pravdin // – M.: Pishchevaya promyshlennost'. – 1966. – 376 s.
- 18 Chugunova N.I. Metodika izucheniya vozrasta i rosta ryb [Tekst] / N.I. CHugunova // – M.: Sovetskaya nauka, 1952. – 164 s.

- 19 Nikol'skij G.V. Teoriya dinamiki stada ryb [Tekst] / G.V. Nikol'skij // – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1974. – 448 s.
- 20 Pravila podgotovki biologicheskogo obosnovaniya na pol'zovanie zhivotnym mirom [Tekst]: Utv. pr. MOSiVR RK ot 04.04.2014 g. – № 104- Ø. – Astana, 2014. – 66 s.
- 21 Babayan V.K. Predostorozhnyj podhod k ocenke obshchego dopustimogo ulova (ODU) [Tekst] / V.K. Babayan // – M.: Izd-vo VNIRO, 2000. – 191 s.
- 22 Metodicheskie ukazaniya po ocenke chislennosti ryb v presnovodnyh vodoemah. – M.: VNIIPRH, 1986. – 50 s.
- 23 Metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu kadaastrovoj informacii dlya razrabotki prognoza ulovov ryby vo vnutrennih vodoemah. – M.: VNIRO, 1990. – CH.1. – 56 s.
- 24 Malkin E.N. Reproduktivnaya i chislennaya izmenchivost' promyslovyyh populyacij ryb [Tekst] / E.N. Malkin // – M.: Izd. VNIRO, 1999. – 144 s.
- 25 Kulikov E.V., Isbekov K.B., Assylbekova S. Zh. Nahozhdenie koefitsientov iz'yatiya dlya populyacij ryb, dostigshih kriticheskikh znachenij biomassy promyslovogo zapasa [Tekst] / E.V. Kulikov [i dr.] // Voprosy rybolovstva. – 2016. – T.17. – №3. – S. 368 – 374.
- 26 FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Russian version of: FAO. Aquaculture development. 4. Ecosystem approach to aquaculture. – FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. – 2010. – No.5. – Suppl. 4. – 53 p.
- 27 Stock assessment for fishery management. A framework guide to the stock assessment tools of the Fisheries Management Science Programme. – FAO fisheries technical paper, 2006. – №487. – 263 p.
- 28 Methot Jr. R.D., Wetzel Ch. R. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management [Text] / Jr.R.D. Methot [and etc.] // Fisheries Research. – Vol.142. – 2013 – P. 86 – 99. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.012>
- 29 Sadvakasov, K.K., Li D.V. Ekonomicheskie podhody dlya razrabotki skhemy regional'noj specializacii tovarnogo rybovodstva v Respublike Kazahstan / K.K. Sadvakasov, D.V. Li //Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya, 2015. – №4 (34). – S. 97 – 102. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-podhody-dlya-razrabotki-shemy-regionalnoy-spetsializatsii-tovarnogo-rybovodstva-v-respublike-kazahstan> (data obrashcheniya: 11.09.2024).
- 30 Assylbekova S. Zh., Isbekov K. B., Kulikov E. V., Kulikova E.V. Rekomendacii dlya prirodopol'zovatelej i fermerov po organizacii i tekhnologicheskomu ciklu ozerno-tovarnogo rybovodnogo hozyajstva [Tekst] / S.Zh. Assylbekova [i dr.] // Metodicheskoe posobie. – Almaty, 2014. – 132 str.

ТҮЙІН

Мақалада Батыс Қазақстан облысының бірқатар су объектілерінің, соның ішінде Каспий теңізі, Жайық және Қиғаш өзендері, су қоймалары мен көлдеріндегі су биологиялық ресурстарының, табиғи капиталдың және экожүйелік қызметтердің құнын бағалау деректері берілген. Зерттеуге 2023-2024 жылдарға арналған мониторингтік зерттеулер негіз болды.

Жұмыстың мақсаты – биологиялық ресурстардың рөлін қамтамасыз ету (балық аулау және аквакультура), қолдау (биологиялық әртүрлілікті сақтау) және мәдени қызметтер (спорттық-әуесқойлық балық аулау, балық аулау туризмі) ретінде ажырату, оларға экономикалық бағалау жүргізу және соның негізінде су қоймаларды кәсіптік балық аулау, акваөсіру немесе спорттық-әуесқойлық балық аулау үшін қолдану бойынша және рекреация бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу нәтижесінде су биологиялық ресурстарының ең жоғары құны Каспий теңізінде екені анықталды. Сондай-ақ, Халықаралық маңызы бар басқа су айдындарында – Жайық және Қиғаш өзендерінде де айтарлықтай кәсіптік балық қоры және ресурс құны бар. Жергілікті маңызы бар су қоймаларына келетін болсақ, биологиялық ресурстардың ең жоғары құны Пятимар, Киров және Ақтөбе су қоймаларында. Каспий теңізінің табиғи капиталы биологиялық ресурстар мен генетикалық ресурстардан (бекіре тұқымдас) тұрса, Каспий теңізіне құятын өзендердің негізгі табиғи капиталы тұщы су болып табылады. Жергілікті су қоймаларының биологиялық ресурстарының құны олардың табиғи капиталының 90% құрайды. Дегенмен, су қоймаларының экожүйелік қызметтерінің құрылымында тең үлесті азық-түлік және сумен жабдықтау қызметтері құрайды.

Су шаруашылығы мен балық шаруашылығын жоспарлау кезінде Батыс Қазақстан аймағының су биологиялық ресурстарының, табиғи капиталдың және экожүйелік қызметтердің құнын бағалауды пайдалану мүмкіндігі қарастырылады.

Зерттеудің өзектілігі су қоймаларының әлеуетін бағалаудың принциптері мен әдістерін жетілдіру, балық қорын басқару және қорғау болып табылады.

УДК 631.82; 631.171
МРНТИ 68.85.35

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-170-180

Нукешев С.О., доктор технических наук, профессор, академик АСХН РК, член-корреспондент НАН РК, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0003-3525-6228>
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр», г.Астана, Казахстан, snukeshev@mail.ru,

Рамазанова Р.Х., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2059-709C>

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им.У.Успанова», г. Алматы, Казахстан, raushasoil88@mail.ru,

Есхожин Д.З., доктор технических наук, профессор, академик АСХН РК, <https://orcid.org/0000-0001-9681-6634>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина», г.Астана, Казахстан, deshojin@mail.kz

Ахметов Е.С., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-5990-6227>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина», г.Астана, Казахстан, ErzhanAS_75@mail.ru

Романюк Н.Н., кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-1580-9147>

Белорусский государственный аграрный технический университет, г.Минск, Республика Беларусь, roma-nyuk-nik@tut.by,

Шежау К., PhD докторант, <https://orcid.org/0000-0001-6570-8382>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им.С.Сейфуллина», г.Астана, Республика Казахстан, kadylet.2011@mail.ru

Nukeshev S.O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0003-3525-6228>

NAO «National Agrarian Scientific and Educational Center», Astana, Kazakhstan, snukeshev@mail.ru,

Ramazanov R.H., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2059-709C>

LLP «Kazakh Scientific Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after U.Uspanova», Kazakhstan, Almaty, raushasoil88@mail.ru,

Yeskhozhin D.Z., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0001-9681-6634>

NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin», Kazakhstan, Astana, deshojin@mail.kz

Akhmetov E.S., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5990-6227>

NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin», Kazakhstan, Astana, ErzhanAS_75@mail.ru

Romanyuk N.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-1580-9147>

Belarusian State Agrarian Technical University, Republic of Belarus, Minsk, roma-nyuk-nik@tut.by

Shezhau K., PhD doctoral student, <https://orcid.org/0000-0001-6570-8382>

NJSC «Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin», Republic of Kazakhstan, Astana, kadylet.2011@mail.ru

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ЯРУСНОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ
SUBSTANTIATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE
TECHNICAL MEANS FOR THE LONGLINE APPLICATION OF MINERAL
FERTILIZERS**

Аннотация

Интенсивно-экстенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур привели к истощению плодородия пахотных угодий. В результате снижается продуктивность зерна, которую возможно увеличить на основе повышения плодородия почв за счет применения минеральных удобрений. При этом необходимо учитывать пестроту плодородия почвы, как пространственную, так и по глубине залегания. В статье дано обоснование разноглубинному послойному внесению минеральных удобрений для дальнейшей разработки конструктивного решения по созданию машины для реализации соответствующей задачи.

Необходимость в разработке соответствующей с/х техники по внесению удобрений обосновывается тем, что основная масса корневой системы пшеницы формируется поэтапно на различной глубине и располагается в слое почвы от 6 до 24 см, а также отсутствием миграционной способности по профилю доступного для питания растений фосфора, как почвы, так и удобрений. Предлагаемая конструкция рабочего органа ярусного глубокихлестителя-удобрителя обеспечивает размещение удобрений от 8...11 см от поверхности почвы и до глубины 23...25 см при ширине прерывистой ленты по наклону 25...29 см.

Предложенная конструктивно-технологическая схема технического средства обеспечивает регулирование глубины внесения удобрений независимо от общей глубины обработки, что позволит ее применение для любых почвенно-климатических зон мира с различными гумусными горизонтами.

ANNOTATION

Intensive-extensive crop cultivation technologies have led to the depletion of arable land fertility. As a result, the productivity of grain decreases, which can be increased by increasing soil fertility through the use of mineral fertilizers. It is necessary to take into account the diversity of soil fertility, both spatially and by depth of occurrence. The article gives substantiation of different-depth layer-by-layer application of mineral fertilizers for further development of a constructive decision on creation of a machine for realization of the corresponding task.

The necessity in development of appropriate agricultural machinery for fertilizer application is substantiated by the fact that the main mass of wheat root system is formed in stages at different depths and is located in the soil layer from 6 to 24 cm, as well as by the lack of migratory ability on the profile of phosphorus available for plant nutrition, both soil and fertilizers.

The proposed design of the working body of the tiered deep loosener-fertilizer provides placement of fertilizers from 8...11 cm from the soil surface and to a depth of 23...25 cm at the width of the interrupted belt on the slope of 25...29 cm. The proposed design and technological scheme of the technical means provides regulation of the depth of fertilizer application regardless of the total depth of cultivation, which will allow its application for any soil-climatic zones of the world with different humus horizons.

Ключевые слова: почва, минеральные удобрения, фосфорные удобрения, корневая система, зерновые культуры, внутрипочвенное внесение, ярусное внесение.

Введение. Продовольственная безопасность и социальная стабильность страны, как указано в Программе устойчивого развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан, напрямую зависят от роста его конкурентоспособности и определяется совершенствованием имеющихся технических, экономических и организационных условий

создания производства и сбыта продукции высокого качества, удовлетворяющей требованиям конкретного потребителя. При этом основной упор делается на производство зерновых культур – основного сегмента отрасли растениеводства [1]. Наращивание производства зерновых, а также и других не менее важных стратегических культур, представляет основу формирования экспортного потенциала и источников валютных поступлений и в первую очередь, оно связано с качеством почвы, ее плодородием, поскольку почва – это основа всего сельскохозяйственного производства.

В земельном фонде Республики Казахстан пашня является наиболее ценным видом сельскохозяйственных угодий. В общей площади сельскохозяйственных угодий пашня составляет 25,3 млн. га или 11,7 %, в том числе орошаемая 1,5 млн га. Наиболее крупные массивы пашни сосредоточены в Костанайской (6,1 млн га), Акмолинской (6,0 млн га) и Северо-Казахстанской (4,9 млн га) областях, что составляет 66,8 % пашни республики [2]. Именно эти регионы являются основными производителями казахстанского зерна, поставляемого на внутренний и внешний рынки. Большая часть зерносеющих территорий Центрального и Северного Казахстана относятся к регионам рискованного земледелия, с существенным дефицитом влаги. В связи с этим, в последнее время заметно усилились процессы деградации почвы, снижается ее плодородие, уменьшается содержание в ней гумуса. Исследованиями ученых установлены изменения содержания гумуса в основных типах почв Казахстана и снижения потенциального плодородия почв. Потери гумуса после освоения целинных и залежных земель составили 40 % от исходного его содержания, в том числе гидролизующего азота на 45-48 %, а в условиях орошения - до 57 %. Ежегодные потери гумуса в земледелии Казахстана составляют 0,5-1,4 т/га [3].

А плодородие почвы, как известно, оказывает непосредственное влияние на качество зерна – содержание клейковины и белка. Так, по данным Казахского НИИ земледелия и растениеводства за период с 1986 по 2000 годы содержание клейковины в зерне снизилось с 30 до 22%, или на 13,6 процента [4]. В современном земледелии республики в последние годы введено в производство много новых, отечественных высокоурожайных сортов зерновых культур и они очень требовательны к условиям минерального питания и плодородию почв, дефицит которых не позволяет им в полной мере реализовать генетический потенциал продуктивности.

К факторам, которые оказали влияние на снижение плодородия почвы, с уверенностью можно отнести несоблюдение агротехнических технологий в части нарушения научно-обоснованных севооборотов и снижением, а в отдельных случаях, исключением применения удобрений.

В последние два с половиной десятилетия лет сельскохозяйственные угодья в Казахстане использовались интенсивно по экстенсивным технологиям, с нарушением одного из пяти законов земледелия – закона возврата питательных веществ, сформулированного Ю.Либихом еще в 1840 году [5]. В настоящее время эта проблема актуальна как никогда.

По данным ГУ «Республиканский научно-методический центр агрохимической службы» в 2021 году доля пахотных почв с низким содержанием гумуса составила в среднем 62,5%, в т.ч. на орошаемой пашне 96,7%, по содержанию легкогидролизующего азота 57,4% площади пашни низко обеспечена, в т.ч. 98,7% на орошении. Аналогичная картина и по содержанию подвижного фосфора – 66,7%, в т.ч. богарные земли 69,8%. По подсчетам ученых, для получения гарантированных урожаев с/х культур на основе создания положительного баланса питательных элементов и повышения плодородия почв, в стране необходимо ежегодно вносить на поля около 600 тысяч тонн минеральных удобрений в действующем веществе. А для повышения плодородия почвы – один миллион тонн удобрений в год [6]. Также по данным акиматов областей республики в 2021 году количество внесенных туков составило 626,5 тыс. тонн или 24% от научно обоснованной потребности, что больше на 154, 6 тонны в сравнении с 2018 г., то есть уже сейчас наблюдается положительная динамика. Из областей, которые ежегодно наращивают объемы применения удобрений выделяются Северо-Казахстанская и

Кызылординская области, которые покрывают потребность на 26 и 86% соответственно [7]. Поэтому потребность Казахстана в использовании агрохимикатов высокая.

Материалы и методы. Проведен анализ и обобщение материалов и литературных данных по разноглубинному послойному внесению минеральных удобрений в различных природно-климатических зонах. Проведены математические и инженерные расчеты для дальнейшей разработки конструктивного решения по созданию машины по разноглубинному послойному внесению минеральных удобрений с использованием современной компьютерной техники.

В работе использован метод системного анализа исследуемых технологических процессов с включением оптимального планирования эксперимента, глубокого изучения технологии и рабочих процессов машин в сочетании с методами моделирования.

Результаты исследований и их обсуждение. В современных интенсивных технологиях, которые предусматривают нулевую и минимальную обработки и снижают воздействие на плотность почвы, существует определенные затруднения с внесением минеральных и органических удобрений. В этих технологиях оно проводится разбросным способом на поверхность почвы, без соответствующей заделки на необходимую глубину. Это в свою очередь, не только не способствует повышению и поддержанию плодородия, но и приводит к большому расходу удобрений, снижает эффективность производства и несет отрицательную экологическую нагрузку на агроценозы и экосистему в целом.

Основным поставщиком органического вещества в почву являются органические удобрения – навоз, компосты, биогумус и др. Но в республике уровень их применения очень низкий. По данным РНМЦАС в 2016 году ежегодно вносилось всего 60-80 тыс. тонн органических удобрений, преимущественно под овощные культуры и картофель в поливном земледелии, и доля площадей, обработанных органическими удобрениями от общей посевной площади сельскохозяйственных культур, составляет не более 0,5% [8]. Их применение в республике, ограничивается рядом факторов. Один из них – очень большая площадь пашни в зерновом регионе, которая охватывает площадь более 20 млн га. На данном этапе основным приемом повышения плодородия почв сельскохозяйственных угодий является пополнение запасов питательных веществ почвы за счет внесения минеральных удобрений.

Из химических элементов наиболее важными для питания растений являются азот, фосфор и калий. Почвенный азот представлен как минеральными формами, так и азотом органических соединений. Ввиду более высокого, в сравнении с малогумусными почвами, содержания гумуса, а также за счет парования полей и других факторов, почвы зерносеющих регионов имеют запасной резерв в обеспечении оптимального азотного режима для питания растений. Поэтому азотный режим почв можно регулировать различными технологическими способами. [9]. Для черноземных и каштановых почв региона элементом, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур и находящимся в дефиците, является фосфор. При этом восполнение запасов доступного фосфора возможно лишь на основе применения фосфорных минеральных удобрений [10, 11].

Потребность растений в доступном калие покрывается за счет того, что обеспеченность почв республики этим элементом находится на уровне от повышенной до очень высокой и калийные удобрения при таком уровне обеспеченности не столь эффективны.

Из изложенного следует, что повышение продуктивности зерновых культур в условиях черноземов, каштановых и темно-каштановых почв возможно путем оптимизации фосфатного режима почв за счет фосфорных удобрений. По данным экономического комитета Организации Объединенных Наций применение удобрений связано с существенными материальными и энергетическими затратами. Из всех энергетических затрат, расходуемых на производство зерна, на внесение удобрений в развитых странах приходится 35-50%, а в развивающихся странах эти расходы примерно вдвое больше – до 70% [12].

Поэтому необходимо изыскивать такие технологии, которые позволят снизить затраты с внесением минеральных удобрений. По данным результатов ряда исследований, повышение продуктивной способности почвы и, соответственно, сельскохозяйственных культур,

предпосевную обработку почвы или посев семян экономически и технологически целесообразно проводить, совмещая с внутрипочвенным внесением основной или стартовой дозы минеральных удобрений [13]. В этом случае за счет наличия запасов влаги в почве повышается эффективность использования питательных веществ корнями растений, улучшение питательного режима повышает засухоустойчивость растений, отсутствует необходимость дополнительной подкормки растений, что в засушливых условиях не всегда эффективно, снижается экологическая нагрузка на окружающую среду [14-16]. Также при внутрипочвенном внесении туков водопотребление растений на единицу продукции снижается до 15% [17]. В связи с этим внутрипочвенное внесение туков следует считать основным технологическим приемом в стабилизации производства зерна в засушливых и полувасушливых условиях Северного и Центрального Казахстана.

Установленным является тот факт, что в современном земледелии Казахстана используется уравнильный подход, при котором агротехническое воздействие на систему «почва – растение» производится на основе усредненных показателей по содержанию гумуса и питательных веществ в почве, запасам влаги, засоренности посевов и других. Применительно к системе применения удобрений, рядом исследований доказано, что при внесении усредненной дозы на все поле с высокими показателями распределения, их окупаемость оставалась на низком уровне. Это следствие того, что, получая одну и ту же дозу питательных веществ, плодородные участки становятся более плодородными, а менее плодородные – регулярно истощаются. При имеющейся пестроте плодородия почвы точно рассчитанная доза удобрения вносится только по тем элементарным участкам, где это необходимо [18-20].

Исследованиями установлено, что пестрота показателей плодородия почвы наблюдается не только пространственно, по площади, она разнообразна и по глубине залегания. Доказанная малоподвижность фосфорных соединений в почве позволила сделать вывод, что за вегетативный период пространственная миграция элемента не превышает 1,0 см. За 75 лет при регулярном внесении фосфорных удобрений на определенном участке повышения уровня его содержания в нижележащем, иллювиальном горизонте не произошло [21]. То есть, фосфорное удобрение остается на той глубине, на которую его внесли в течение длительного времени и поэтому при несоблюдении соответствующей глубины внесения может быть недоступным корневым системам растений. По этой же причине, совершенно неэффективным является поверхностное разбросное внесение фосфорных удобрений.

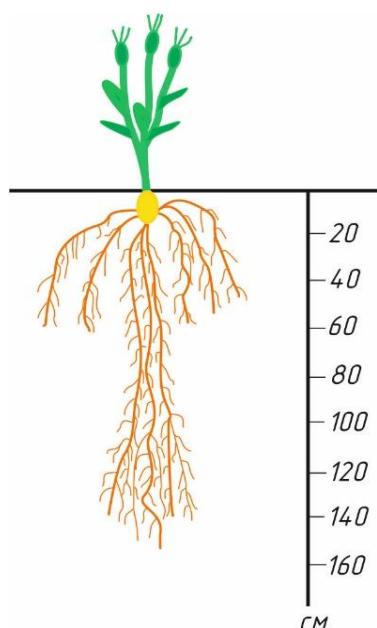


Рисунок 1 – Корневая система пшеницы степных сортов [22].

Корневая система пшеницы степных сортов формирует первичную и вторичную корневые системы. Первичная корневая система – зародышевые и coleoptильные корни, вторичная – узловыe корни. Развитие зародышевых и coleoptильных корней зависит от условий увлажнения на глубине заделки семян и начинается от зародыша семени до кущения, провисает прямо вниз и от корешка по сторонам, как крылья (рисунок 1). Ежедневный прирост корней пшеницы составляет не менее 2 см, глубина проникновения зародышевых корней в почву может достигать 200 см. Узловыe корни начинают свое развитие с наступлением фазы кущения, количество которых может составлять до 15-20 при благоприятных условиях. В условиях недостаточной увлажненности почвы в пахотном горизонте располагается до 40% всей массы корневой системы, остальная часть располагается на глубине 50-60 см, поскольку узловыe корни в таких условиях не развиваются и редко проникают глубже.

Но в засушливых районах значительная роль отводится зародышевым корням. В период налива зерна, когда почва в верхних слоях изучена именно первичная корневая система извлекает влагу и питательные вещества из более глубоких горизонтов. Но в целом, поглощающая способность корней особо усиливается при их соприкосновении с частицами почвы и внесенными гранулами удобрения [23]. В этой связи целью наших исследований было дать обоснование разрабатываемым технологическим схемам послойного внесения минеральных удобрений под зерновые культуры в засушливых и полужасушливых условиях Северного Казахстана для конструктивной разработки глубокорыхлителя удобрения.

Учитывая отсутствие пространственной миграции доступных для питания растений форм фосфора и приведенные выше особенности развития корневой системы степных сортов пшеницы нами было сделано предположение, что фосфорные удобрения необходимо вносить внутрипочвенно и на различную глубину в два или три слоя. Первый слой при припосевном внесении удобрений должен быть на глубине 6-8 см от поверхности почвы с учетом глубины размещения семян 5-7 см, для обеспечения интенсивного развития корневой системы. Для стимулирования прорастания узловых корней, второй слой удобрения должен располагаться на глубине 12 – 16 см. Третий слой удобрения должен способствовать дальнейшему проникновению зародышевых корней вглубь почвенных горизонтов для обеспечения растений элементами питания в периоды их интенсивного потребления во второй период вегетации, поэтому располагаются на глубине 18 – 24 см. На рисунке 2 показано трехслойное ярусное внесение минеральных удобрений в почву, вид слева. Вид сзади на корпус показана на виде А.

Для оптимального питания корней растения, удобрения должны располагаться лентами шириной 8 – 12 см или 16 – 18 см, в зависимости от глубины заделки. При таком послойном внесении, удобрения, внесенные в первый слой, расположенные на глубине 6 - 8 см, оказывают положительное влияние на развитие корневой системы на начальном этапе развития растений, что способствует быстрым и дружным всходам.

При дальнейшем развитии, через 10-14 дней корни достигают второго слоя, 12 – 16 см, где размещенные на этой глубине удобрения обеспечивают растения питательными веществами, тем самым стимулируют развитие узловых корней.

Дальнейшее развитие растений в течение вегетационного периода требует дополнительных затрат элементов питания на формирование урожая. В этот период в зерносеющих регионах Казахстана часто проявляются летние засухи, которые совпадают с периодом развития растений, ответственным за получение гарантированных урожаев. В этот период ожидаем стимулирующий эффект от внесения удобрений на глубину 18-24 см.

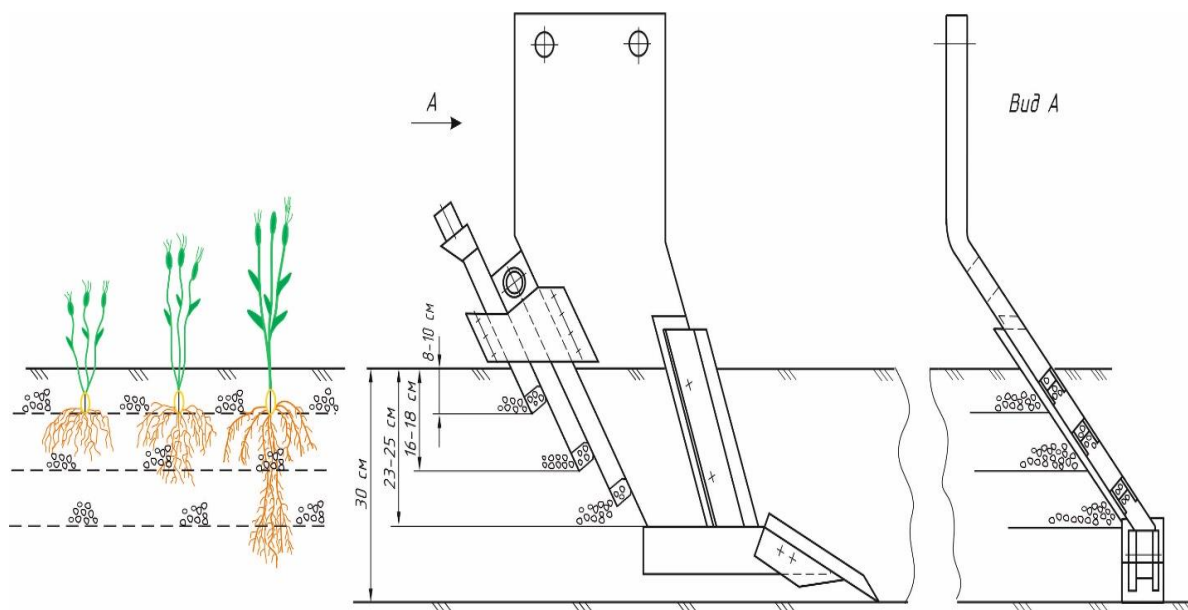


Рисунок 2 – Технологическая схема ярусного внесения минеральных удобрений в почву

Можно предполагать, что практическое исполнение машины для трехслойного внесения минеральных удобрений может оказаться технически трудно исполнимым – затратным, энергоемким и металлоемким. Поэтому, приведенную технологию можно принять за обобщенную и её можно рекомендовать для всех типов почвенно-климатических условий по всему Казахстану, где развито зерновое производство. С учетом конкретных условий, таких как уровень влагообеспеченности, мощность гумусового горизонта, плотность почвы, содержание фосфора в пахотном и подпахотном горизонтах и др. можно рекомендовать ярусное внесение минеральных удобрений.

При этой технологии первый слой должен располагаться на глубине 8 – 10 см, второй слой на глубине 16 – 18 см, третий слой на глубине 23 – 25 см. При прорастании первичной корневой системы за счет питательных запасов семени, её дальнейшее развитие обеспечивают минеральные удобрения первого слоя, тем самым стимулируя образование узловых корней и дружное появление всходов. Далее, зародышевые корни, получив питание из первого слоя удобрений, продвигаются вглубь слоя почвы. Внесенные на глубине 16-22 см удобрения, обеспечивают сформировавшуюся корневую систему элементами питания позволяя ей использовать также и запасы влаги, находящиеся в нижних горизонтах почвы.

Надо отметить, что по данным Самофаловой И.А., на черноземах южных в условиях Северо-Кулундинской степи Западной Сибири, схожих с условиями Северного Казахстана с характерной майско-июньской засухой, эффективность глубины внесения фосфорных удобрений варьировала в зависимости от условий увлажнения. И в годы с недостаточным увлажнением установлен отрицательный эффект от локализации удобрения на глубину 8-10 см, тогда как стабильный экономический эффект независимо от условий года и влагообеспеченности был получен при внесении суперфосфата в дозе 60 кг д.в./га с заделкой на глубину 25-27 см [24].

В Казахстане подобные исследования эффективности послойного ярусного внутрипочвенного внесения фосфорных удобрений не проводились, рабочие органы не испытывались. Поэтому следующим этапом целевой работы могут быть конструктивные разработки машины для их исполнения. Учитывая пожелания и предложения руководителей и специалистов хозяйств зерновых регионов Казахстана - Акмолинской, Карагандинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областей и ожидаемый спрос мировых производителей зерновых культур можно выделить следующие основные направления технологических и технических решений:

- рабочий орган глубокорыхлителя-удобрителя должен вносить удобрения ярусно дифференцированно, на разную глубину;
- должен обеспечить глубокое рыхление почвы;
- должен работать автономно или иметь возможность агрегатирования с бункерами посевных комплексов (с системой дифференциации доз удобрений);
- в случае автономного использования должен иметь интеллектуальную систему дифференциации доз удобрений.

Для выполнения основных условий эффективного использования фосфорных удобрений необходимо разработать конструктивно-технологическую схему глубокорыхлителя-удобрителя, обеспечивающего:

- 1) ярусное внесение основных доз минеральных удобрений и глубокое рыхление, для этого рабочий орган должен быть наклонным;
- 2) регулирование глубины внесения удобрений независимо от общей глубины обработки;
- 3) дифференциацию доз внесения удобрений за счет собственной высевающей системы с системой контроля и управления.

Предлагаемая конструкция рабочего органа ярусного глубокорыхлителя-удобрителя обеспечивает размещение удобрений от 8...11 см от поверхности почвы и до глубины 23...25 см при ширине прерывистой ленты по наклону 25...29 см (рисунок 3).

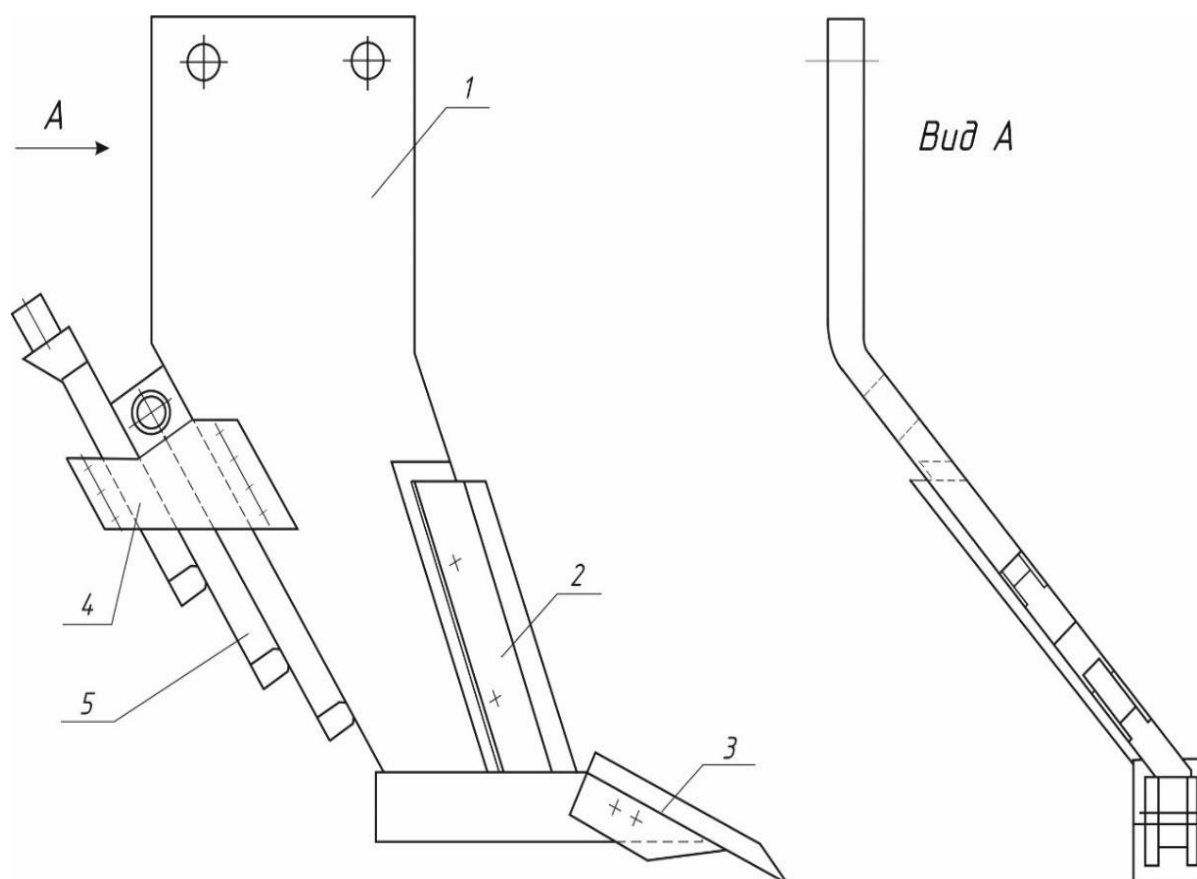


Рисунок 3 – Рабочий орган экспериментального ярусного глубокорыхлителя-удобрителя

Стойка 1 рабочего органа состоит из двух частей – верхней, несущей и нижней, наклонной. Угол наклона рабочей части по отношению к несущей принимается в пределах 40-45°. В зависимости от физико-механических свойств региональной почвы, он должен быть в пределах ее угла скалывания. К наклонной части стойки прикрепляются два долота – режущие 2 и скалывающие 3. Сзади, по следу, с помощью кронштейна 4 прикрепляются три тукоприемника 5. Они также устанавливаются друг за другом, вслед. Причем их выходные окна размещаются на высоте 7,0; 14,0; 21,0 см от подошвы скалывающего долота и их можно регулировать по высоте.

На раме орудия устанавливаются два бункера для минеральных удобрений с общей емкостью 2,8 м³, 2439 кг, с дозирующими устройствами и 12...18 рабочими органами. Общая ширина захвата 4,6 м. Угол наклона стоек 40-45°. Расстояние между стойками – 400 мм. Дневная выработка может составить 30-50 га.

Выводы. Таким образом, технологические схемы ярусного внесения минеральных удобрений обоснованы с точки зрения потребности растений и физиологии развития корневой системы и растения в целом.

Предложенная конструктивно-технологическая схема технического средства обеспечивает регулирование глубины внесения удобрений независимо от общей глубины обработки, что позволит ее применение для любых почвенно-климатических зон с различными гумусными горизонтами.

Оснащение технического средства системой дифференциации доз внесения удобрений за счет собственного высевающего механизма, осуществляющего контроль и управление дозами вносимых удобрений, позволит снизить агрохимическую нагрузку на окружающую среду.

Благодарность. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19674514). Авторы выражают благодарность профессору Есхожину К.Д. за содействие в проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Программа по развитию агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013 – 2020 годы «Агробизнес – 2020». [Текст] / Постановление правительства РК №151 от 18.02.2013 г.
- 2 Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2018 год [Текст] // Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, Комитет по управлению земельными ресурсами. Астана, 2019 - С. 275
- 3 Сапаров, А.С., Сулейменов, Б.У. Современное состояние почвенного покрова Республики Казахстан и пути повышения плодородия почв [Текст] / А.С. Сапаров, Б.У. Сулейменов // Агрохимическое обслуживание сельского хозяйства: теория, практика и инновации. Сборник научных трудов. - п. Научный: ГУ «РНМЦАС», 2014. - С. 82-87
- 4 Власенко, Н.Г., Слободчиков А.А. Влияние фитосанитарных средств на содержание белка и клейковины в зерне среднеранних и среднеспелых сортов яровой пшеницы [Текст] / Н.Г. Власенко, А.А. Слободчиков // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. - №4. - С. 37-44.
- 5 Кошель, П. Минеральное питание растений и почва [Текст] / П. Кошель // | «Биология» № 17/18 - 2003 – электронный ресурс <https://bio.1sept.ru/article.php?ID=200301908>.
- 6 Как в Казахстане будут повышать плодородие сельхозполей[Текст] // (eldala.kz)
- 7 Итоги развития сферы сельского хозяйства за 2021 год и планы на предстоящий период - Официальный информационный ресурс Премьер-Министра Республики Казахстан (primeminister.kz)
- 8 Как заботить землю (agroinfo.kz)
- 9 Завалин, А.А., Соколов О.А. Азот в агросистеме на черноземных почвах. [Текст] / А.А. Завалин, О.А. Соколов // – М.: РАН, 2018 – 180 с.
- 10 Дж. Джонстон, П. Эффективное использование фосфорных удобрений в земледелии [Текст] / Дж. Джонстон// Питание растений. – 2015. - №2. – С.8-11.
- 11 The Efficient Use of Phosphorus in Agricultural Soils The Fertilizer Association of Ireland in association with Teagasc Technical Bulletin Series [Tekst] – 2019. – No. 4. – 48 p.
- 12 Better Crops with plant food [Tekst] / a publication of the international plant nutrition institute (ipni). 2019. - No 1. - P.13-17.
- 13 Pahalvi, H.N.; Rafiya, L.; Rashid, S.; Nisar, B.; Kamili, A.N. Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health. In *Microbiota and Biofertilizers*; Dar, G.H., Bhat, R.A., Mehmood, M.A., Hakeem, K.R., Eds.; [Tekst] / H.N. Pahalvi, // Springer: Cham, Switzerland, 2021; Volume 2, pp. 1–20
- 14 Семененко, С.Я . Внутрипочвенное внесение удобрений и мелиорантов [Текст] / С.Я Семененко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. - № 2 (46). – С.233-239.
- 15 Байбулатов, Т.С. Эффективность внутрипочвенного внесения удобрений совместно с культивацией картофеля [Текст] / Т.С. Байбулатов // Проблемы развития АПК региона. – 2023. - №1 (53). – С. 20-26 DOI: 10.52671/20790996_2023_1_20
- 16 Новохатский, В.М. Повышение качества внутрипочвенного внесения твердых минеральных удобрений при основной безотвальной обработке почвы путем совершенствования устройства [Текст] / В.М. Новохатский // автореф. дисс. на соискание учёной степени кандидата технических наук/ В.М. Новохатский. – Волгоград, 2009
- 17 Филонов, В. М. Роль удобрений в интенсификации земледелия [Текст] / М.Филонов, В // Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах. - Сб. докладов межд. науч.-практ. конф. посв. 50-летию РГП «НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева», МСХ РК. – Шортанды, 2006. – С. 257 – 264.
- 18 Нукешев С. О. Механизация дифференцированного внесения минеральных удобрений. [Текст] / С. О. Нукешев // – Астана, 2010. – 192 с.
- 19 Медведев, И. Ф., Губарев Д.И., Деревягин С. С., Сиренко Ф. В. Эффективность применения минеральных удобрений и средств химизации под зерновые культуры в условиях

точного земледелия [Текст] / И. Ф. Медведев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. - № 1. – С. 28-31

20 Боровкова А.С. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в условиях лесостепи Самарской области [Текст] / А.С Боровкова. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. - №4. – С.56-61.

21 Шеуджен А. Х., Агрохимия Часть 3. Экспериментальная агрохимия//Краснодар – 2016. № 3. - С.572-587

22 Все о технологии хлебопродуктов. "Формирование корневой системы яровой пшеницы" 12.07.2015 -[Текст] / URL: <http://hleb-produkt.ru/yarovaya-pshenica/917-formirovanie-kornevoy-sistemy-yarovo-y-pshenicy.html> (дата обращения: 01.02.2018).

23 Медведев И.Ф. Динамика развития корневой системы яровой пшеницы в условиях активного проявления засух и различной обеспеченности элементами питания растений [Текст] / И.Ф. Медведев // Достижения науки и техники АПК. – 2013. - №8. – С.6-10

24 Самофалова И.А. Эффективность приемов внесения фосфорных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от погодных условий в Северо-Кулундинской степи Западной Сибири -[Текст] / И.А. Самофалова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс. – 2013. – №4. - С.82-86

REFERENCES

1 Programma po razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa v Respublike Kazahstan na 2013 – 2020 gody «Agrobiznes – 2020». [Текст] / Postanovlenie pravitel'stva RK №151 ot 18.02.2013 g.

2 Svodnyj analiticheskiy otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazahstan za 2018 god [Текст] // Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan, Komitet po upravleniyu zemel'nyimi resursami. Astana, 2019 - S. 275

3 Saparov, A.S., Sulejmenov, B.U. Sovremennoe sostoyanie pochvennogo pokrova Respubliki Kazahstan i puti povysheniya plodorodiya pochv [Текст] / A.S. Saparov, B.U. Sulejmenov // Agrohimicheskoe obsluzhivanie sel'skogo hozyajstva: teoriya, praktika i innovacii. Sbornik nauchnyh trudov. - p. Nauchnyj: GU «RNMICAS», 2014. - S. 82-87

4 Vlasenko, N.G., Slobodchikov A.A. Vliyanie fitosanitarnyh sredstv na sodержание belka i klejkoviny v zerne srednerannih i srednespelyh sortov yarovoj pshenicy [Текст] / N.G. Vlasenko, A.A. Slobodchikov // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2010. - №4. - S. 37-44.

5 Koshel', P. Mineral'noe pitanie rastenij i pochva [Текст] / P. Koshel' // | «Biologiya» № 17/18 - 2003 – elektronnyj resurs <https://bio.1sept.ru/article.php?ID=200301908>.

6 Kak v Kazahstane budut povyshat' plodorodie sel'hozpolej [Текст] // (eldala.kz)

7 Itogi razvitiya sfery sel'skogo hozyajstva za 2021 god i plany na predstoyashchij period - Oficial'nyj informacionnyj resurs Prem'er-Ministra Respubliki Kazahstan (primeminister.kz)

8 Kak zadobrit' zemlyu (agroinfo.kz)

9 Zavalin, A.A., Sokolov O.A. Azot v agrosisteme na chernozemnyh pochvah. [Текст] / A.A. Zavalin, O.A. Sokolov // – М.: RAN, 2018 – 180 s.

10 Dzh. Dzhonston, P. Effektivnoe ispol'zovanie fosfornyh udobrenij v zemledelii [Текст] / Dzh. Dzhonston// Pitanie rastenij. – 2015. - №2. – S.8-11.

11 The Efficient Use of Phosphorus in Agricultural Soils The Fertilizer Association of Ireland in association with Teagasc Technical Bulletin Series [Текст] – 2019. – No. 4. – 48 r.

12 Better Crops with plant food [Текст] / a publication of the international plant nutrition institute (ipni). 2019. - No 1. - P.13-17.

13 Pahalvi, H.N.; Rafiya, L.; Rashid, S.; Nisar, B.; Kamili, A.N. Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health. In Microbiota and Biofertilizers; Dar, G.H., Bhat, R.A., Mehmood, M.A., Hakeem, K.R., Eds.; [Текст] / H.N. Pahalvi, // Springer: Cham, Switzerland, 2021; Volume 2, pp. 1–20

14 Semenenko, S.YA . Vnutripochvennoe vnesenie udobrenij i meliorantov [Текст] / S.YA Semenenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. - № 2 (46). – S.233-239.

- 15 Bajbulatov, T.S. Effektivnost' vnutripochvennogo vneseniya udobrenij sovmestno s kul'tivaciej kartofelya [Tekst] / T.S. Bajbulatov // Problemy razvitiya APK regiona. – 2023. - №1 (53). – S. 20-26 DOI: 10.52671/20790996_2023_1_20
- 16 Novohatskij, V.M. Povyszenie kachestva vnutripochvennogo vneseniya tverdyh mineral'nyh udobrenij pri osnovnoj bezotval'noj obrabotke pochvy putem sovershenstvovaniya ustrojstva [Tekst] / V.M. Novohatskij // avtoref. diss. na soiskanie uchyonoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk/ V.M. Novohatskij. – Volgograd, 2009
- 17 Filonov, V. M. Rol' udobrenij v intensivizatsii zemledeliya [Tekst] / M.Filonov, V // Sovremennye problemy pochvozashchitnogo zemledeliya i puti povysheniya ustojchivosti zernovogo proizvodstva v stepnyh regionah. - Sb. dokladov mezhd. nauch.-prak.t konf. posv.50-letiyu RGP «NPC zernovogo hozyajstva im. A.I. Baraeva», MSKH RK. – SHortandy, 2006. – S. 257 – 264.
- 18 Nukeshev S. O. Mekhanizatsiya differencirovannogo vneseniya mineral'nyh udobrenij. [Tekst] / S. O. Nukeshev // – Astana, 2010. – 192 s.
- 19 Medvedev, I. F., Gubarev D.I., Derevyagin S. S., Sirenko F. V. Effektivnost' primeneniya mineral'nyh udobrenij i sredstv himizatsii pod zernovye kul'tury v usloviyah tochnogo zemledeliya [Tekst] / I. F. Medvedev // Problemy agrohimii i ekologii. – 2012. - № 1. – S. 28-31
- 20 Borovkova A.S. Differencirovannoe vnesenie mineral'nyh udobrenij v usloviyah lesostepi Samarskoj oblasti [Tekst] / A.S Borovkova. // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2008. - №4. – S.56-61.
- 21 Sheudzhn A. H., Agrohimiya CHast' 3. Eksperimental'naya agrohimiya//Krasnodar – 2016. № 3. - S.572-587
- 22 Vse o tekhnologii hleboproduktov. "Formirovanie kornevoj sistemy yarovoj pshenicy" 12.07.2015 -[Tekst] / URL: <http://hleb-produkt.ru/yarovaya-pshenica/917-formirovanie-kornevoy-sistemy-yarovoy-pshenicy.html> (data obrashcheniya: 01.02.2018).
- 23 Medvedev I.F. Dinamika razvitiya kornevoj sistemy yarovoj pshenicy v usloviyah aktivnogo proyavleniya zasuh i razlichnoj obespechennosti elementami pitaniya rastenij [Tekst] / I.F. Medvedev // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. - №8. – S.6-10
- 24 Samofalova I.A. Effektivnost' priemov vneseniya fosfornyh udobrenij pod yarovuyu pshenicu v zavisimosti ot pogodnyh uslovij v Severo-Kulundinskoj stepi Zapadnoj Sibiri -[Tekst] / I.A. Samofalova // Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks. – 2013. – №4. - S.82-86

ТҮЙІН

Дақылдарды өсірудің қарқынды технологиялары егістік жерлердің құнарлылығының төмендеуіне әкелді. Нәтижесінде минералды тыңайтқыштарды қолдану арқылы топырақтың құнарлылығын арттыру негізінде көбейтуге болатын астық өнімділігі төмендейді. Бұл жағдайда топырақ құнарлылығының әртүрлілігін, кеңістіктік және пайда болу тереңдігін ескеру қажет. Мақалада тиісті тапсырманы орындау үшін машинаны құрудың сындарлы шешімін одан әрі әзірлеу үшін минералды тыңайтқыштарды терең қабаттарға енгізудің негіздемесі келтірілген.

Тыңайтқыштарды енгізу бойынша тиісті а/ш техникасын әзірлеу қажеттілігі бидайдың тамыр жүйесінің негізгі бөлігі әр түрлі тереңдікте кезең-кезеңімен қалыптасып, топырақ қабатында 6-дан 24 см-ге дейін орналасатындығымен, сондай-ақ өсімдіктерді қоректендіру үшін қол жетімді фосфордың, топырақтың да, тыңайтқыштардың да профиліне сәйкес көші-қон қабілетінің болмауымен негізделген. Денгейлі тереңдеткіш-тыңайтқыштың жұмыс органының ұсынылған дизайны тыңайтқыштарды топырақ бетінен 8 см 11 см-ден тереңдікке дейін 23 - 25 см тереңдікке дейін, үзіліссіз таспаның ені 25 см 29 см-ге дейін орналастыруды қамтамасыз етеді.

Ұсынылған техникалық құралдың құрылымдық-технологиялық схемасы өңдеудің жалпы тереңдігіне қарамастан тыңайтқыштарды енгізу тереңдігін реттеуді қамтамасыз етеді, бұл оны әртүрлі гумустық горизонттары бар әлемнің кез келген топырақ-климаттық аймақтарына қолдануға мүмкіндік береді.

УДК 631.362.334: 631.365.34
МРНТИ 68.85.39, 55.57.43

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-181-191

Дусенов М. К., PhD, основной автор, <https://orcid.org/0000-0002-1855-6694>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009, ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан, dusenov.maksut@mail.ru

Джаналиев Е. М., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Джапаров Р. Р., кандидат технических наук, <https://orcid.org/0009-0005-5720-9360>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009, ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан, ranil.dzhaparov@mail.ru

Dussenov M.K., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-1855-6694>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, dusenov.maksut@mail.ru

Janaliyev Y.M., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5674-6870>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ernazar.dzhanaliev@mail.ru

Dshaparov R.R., Candidate of Technical Sciences, <https://orcid.org/0009-0005-5720-9360>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, ranil.dzhaparov@mail.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ IMPROVEMENT OF DEVICES FOR CRUSHING ROOT CROPS

Аннотация

В данной статье предоставлено решение проблемы выбора рабочих органов для усовершенствования измельчителей корнеклубнеплодов работающих на принципе резания со скольжением. Основной задачей при приготовлении кормов, а именно при измельчении корнеклубнеплодов является соблюдение зоотехнических требований. Одним из главных зоотехнических требований при приготовлении кормов является качество кормов, а при измельчении корнеклубнеплодов размер измельчаемых частиц и минимальное соковыделение. Для решения данной проблемы предоставлен алгоритм модернизации измельчителей корнеклубнеплодов. В нем рассматривается процесс поиска решений проблемы по сохранению качества измельчения корнеклубнеплодов. В качестве методики исследования предоставлен априорный метод ранжирования исследуемых показателей. К показателям были отнесены технологический процесс резания и конструктивные рабочие органы, а в качестве критериев определены качество измельчения и минимальное соковыделение. На основе методики априорного ранжирования основанного на мнении специалистов в области измельчения кормов были определены перспективные направления для усовершенствования технологического процесса резания за счет комбинирования конструктивных рабочих органов. На основе проведенных исследований была разработана опытная конструкция измельчителя корнеклубнеплодов основанная на скользящем двухопорном резании корнеклубнеплода, для уменьшения соковыделения при взаимодействии корнеклубнеплода с режущими органами. В данной конструкции использованы режущие органы в виде прямолинейных ножей и вертикальных дисков. Данные режущие органы в процессе взаимодействия с корнеклубнеплодом одновременно врезаются в продукт и отрезают элемент без сжимания. Тем самым уменьшается путь резания режущего органа по корнеклубнеплоду, идет снижение сжатия корнеклубнеплода и его отрезанных элементов, и вследствие малого времени воздействия режущих органов на корнеклубнеплод снижение потерь соковыделения.

ANNOTATION

This article provides a solution to the problem of choosing working bodies for improving root crop grinders operating on the principle of sliding cutting. The main task in the preparation of feed, namely, when grinding root crops, is to comply with zootechnical requirements. One of the main zootechnical requirements in the preparation of feed is the quality of feed, and when grinding root crops, the size of the crushed particles and minimal juice release. To solve this problem, an algorithm for upgrading root crop shredders is provided. It examines the process of finding solutions to the problem of preserving the quality of crushing root crops. An a priori method of ranking the studied indicators is provided as a research methodology. The technological process of cutting and constructive working bodies were attributed to the indicators, and the quality of grinding and minimum juice release were determined as criteria. Based on the a priori ranking methodology based on the opinion of experts in the field of feed milling, promising areas for improving the technological cutting process through the combination of constructive working bodies were identified. Based on the conducted research, an experimental design of a root crop shredder was developed based on sliding double-support cutting of root crops to reduce juice production during the interaction of root crops with cutting organs. In this design, cutting organs in the form of rectilinear knives and vertical discs are used. These cutting organs, in the process of interaction with the root crop, simultaneously cut into the product and cut off the element without compression. This reduces the cutting path of the cutting organ along the root crop, there is a decrease in compression of the root crop and its cut-off elements, and due to the short time of exposure of the cutting organs to the root crop, there is a decrease in juice loss.

Ключевые слова: *априорный метод, рабочий орган, корнеклубнеплод, измельчение, ножи, диск, качество измельчения, соковыделение, скользящее резание, двухопорное.*

Key words: *a priori method, cutting body, root vegetable, cutting, knives, plate, grinding quality, juice release, sliding cutting, two-pronged.*

Введение. Во многих крестьянских хозяйствах занимающиеся производством продукции животноводства рацион кормов животных состоит из грубых и концентрированных кормов. Данный рацион не способствует повышению продуктивности животных, особенно молочной продукции у крупно-рогатого скота (крс). Для повышения продуктивности у крс в рационе кормов должны присутствовать молокогонные корма, в частности сенаж, силос и корнеклубнеплоды морковь, картофель, кормовая свекла, тыква и т.д [1].

Применение корнеклубнеплодов в рационах кормов для крупно-рогатого скота, согласно зоотехническим требованиям, требует предварительного измельчения. Для измельчения корнеклубнеплодов существует целый ряд устройств, различающихся по способу измельчения и расположению рабочих органов. Основными оценочными показателями в устройствах для измельчения кормов являются качество измельчения и энергоёмкость рабочего процесса.

Качество измельчение корнеклубнеплодов улучшает поедаемость и усвояемость сочного корма. В качество измельчение входит степень измельчения и количества сока или потери сока в процессе измельчения. Степень измельчения была изучена многими исследователями, а потеря важной составляющей как сок мало изучена. Поэтому оптимизация устройств для измельчения корнеклубнеплодов с целью снижению потерь сока является актуальной задачей в приготовлении сочных кормов для животных [2].

Цель исследования – решение технической задачи по оптимизация устройств для измельчения корнеклубнеплодов с целью снижению потерь сока на уровне патентопригодности.

Материал и методы исследования. Для усовершенствования устройств для измельчения корнеклубнеплодов, которые будут измельчать продукт с минимальными потерями сока, необходимо провести исследования существующих машин и устройств по измельчению кормов, как действующих, так и в патентном виде, и дать анализ существующих конструкций измельчителей корнеклубнеплодов [1–15].

Предварительные исследования существующих конструкций измельчителей корнеклубнеплодов позволило нам провести классификацию данных устройств. В основу классификации определили теорию измельчения материала. Конструкции существующих

измельчителей корнеклубнеплодов в основном используют три способа – это рубка пуансоном, резания лезвием и скоблением. Рассмотрим устройства по измельчению корнеклубнеплодов основанных на рубке, резании и скоблении материала, с их преимуществами и недостатками по минимизации потери сока.

Устройства по измельчению корнеклубнеплодов основанных на рубке материала это роторные ножи и молотки, к ним относятся ИСК-3, МРК-5 и т.д. [15, 16, 17]. При измельчении корнеклубнеплодов рабочими органами данного типа, при многократном воздействии на продукт наблюдается обильное соковыделение.

К устройствам принцип измельчения которых основан на скобление относятся в основном зарубежные КПСК-1000 и его отечественные аналоги типа КПИ-4. Соковыделение при измельчении корнеклубнеплодов в таких устройствах меньше чем при рубке или ударе, но производительность уменьшается. Рабочими органами в таких устройствах являются горизонтальные диски [16, 17].

Рабочие органы устройств основанных на принципе резании материала внедряются в материал лезвием и давлением боковых граней отделяют частицы откалыванием. У данных устройств в начальной стадии резании потери сока минимальны, но при дальнейшем давлении продукт сжимается и происходит выделение сока. Рабочие органы представляют собой ножи с заточкой.

Результаты и их обсуждение. Анализируя типы устройств для измельчения корнеклубнеплодов на основе методики анализа патентного поиска. А именно определение и сравнение эффективных технических решений с помощью качественного сравнения оценочных показателей.

Проведение данной методики позволит узнать мнения специалистов в области измельчения продуктов по отличительным особенностям, а именно по качеству измельчения и удельным затратам на измельчение.

Данная методика, а именно априорное ранжирование позволит сократить время на поиск технических решений и сосредоточиться на показателях которые существенно влияют на качество измельчения и удельные затраты на измельчения.

Априорное ранжирование позволит формализовать разрозненные сведений о конструкциях рабочих органов и вспомогательных процессах на качество измельчения и удельные затраты на измельчение корнеклубнеплодов.

Анализ и классификация устройств для измельчения корнеклубнеплодов выдал большой спектр исследуемых объектов. Для сужения поиска и выбора рационального решения воспользуемся классификацией устройств по обобщенным целям и методам достижения целей [17, 18, 19]. Обобщенной целью является качество измельчения и удельные затраты на измельчения. Обобщенными методами будут конструктивные, технологические и режимные параметры устройства для измельчения корнеклубнеплодов. Создана классификационная таблица измельчителей по рабочему органу, в каждой клетке которой могут быть размещены краткие формулировки обобщенных целей и методов (табл. 1). На основе анализа литературных источников и собственных исследований выбрано восемнадцать особенностей, которые могут оценить эксперты в области кормоприготовления (табл. 1).

Большое разнообразие конструкций по измельчению корнеклубнеплодов требует сужение поиска, а именно экспертной оценки. Экспертная оценка была проведена в форме априорного ранжирования особенных показателей [11-22].

Из большого разнообразия показателей было выбрано семь наиболее значимых:

- ножевой измельчитель (X_1);
- со скоблением стружки (X_2);
- дисковый измельчитель (X_3);
- с односторонним резанием (X_4);
- с двухсторонним резанием (X_5);
- со скользящим резанием (X_6);
- сочетание двух рабочих органов (X_7).

и по ним было проведено априорное ранжирование (табл.2).

Таблица 1 – Оценочная классификационная таблица измельчителей по рабочему органу

Обобщенные методы		Обобщенные цели									
Конструктивные: Рабочие органы	Особенные показатели	Качество измельчения					Минимальное соковыделение				
		эксперты					эксперты				
		1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
	Прямолинейные ножи	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+
Сочетание рабочих органов	Криволинейные ножи	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+
	Горизонтальные диски	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-
	Вертикальные диски	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
	Молотковый	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-
	Ножи с заточкой	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+
	ножи+диски	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+
	ножи+противорезы	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Подпор продукта	Под собственным весом	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+
	Массовый подпор	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
	Оборудованием	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	Рабочим органом	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Технологические	С полным циклом резания	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
	С неполным циклом резания	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Одноступенчатое измельчение	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
	Многоступенчатое измельчение	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	Резание одним слоем	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Многослойное резание	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 2 – Результаты априорного ранжирования отличительных показателей измельчителей корнеклубнеплодов

Номер эксперта	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1	5	7	6	3	4	2	1
2	5	6	4	7	3	1	2
3	7	5	6	3	4	2	1
4	7	5	4	6	1	3	2
5	7	5	6	4	2	3	1
Сумма рангов	31	28	26	23	14	11	7
Реднее значение	20						
Отклонение	11	8	6	3	-6	-9	-13
Квадраты отклонений	121	64	36	9	36	81	169
Коэффициент конкордации	0,73						

Коэффициент конкордации составляет 0,73, что говорит о согласованности мнений экспертов. Также по рангам определим весомость каждого показателя (табл. 3).

Таблица 3 – Результат определения весомостей показателей

Номер эксперта	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		X ₅		X ₆		X ₇	
	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В	Р	В
1	5	3	7	1	6	2	3	5	4	4	2	6	1	7
2	5	3	6	2	4	4	7	1	3	5	1	7	2	6
3	7	1	5	3	6	2	3	5	4	4	2	6	1	7
4	7	1	5	3	4	4	6	2	1	7	3	5	2	6
5	7	1	5	3	6	2	4	4	2	6	3	5	1	7
Сумма весомостей		9		12		14		17		26		29		33
Общая сумма весомостей	140													
Весомость, %		6,4		8,5		10		12,1		18,5		20,7		23,5

Анализ результатов определения весомых показателей (табл. 3) показывает, что наиболее приемлемый вариант измельчителя корнеклубнеплодов это сочетание рабочих органов резания ножа и диска с двойным скользящим резанием. Приведем несколько обоснований, которые набрало наибольшее количество (табл.1). Известен измельчитель корнеплодов КПИ-4, состоящий из загрузочного бункера, камеры измельчения, рамы, верхнего диска, нижнего диска с ножами, выбрасывателя, деки, электропривода рабочих органов. Основным рабочим органом КПИ-4 являются горизонтальные диски, которые измельчают продукт путем снятия стружки (рис. 1). Также имеется измельчитель РКР-2, с вертикальными дисками, работающим по такому же принципу [23].

Недостатком измельчителей данного типа являются: необходимость подпора продукта для измельчения, переизмельчение и излишняя деформация корнеплодов, а также невозвратимые потери сока.

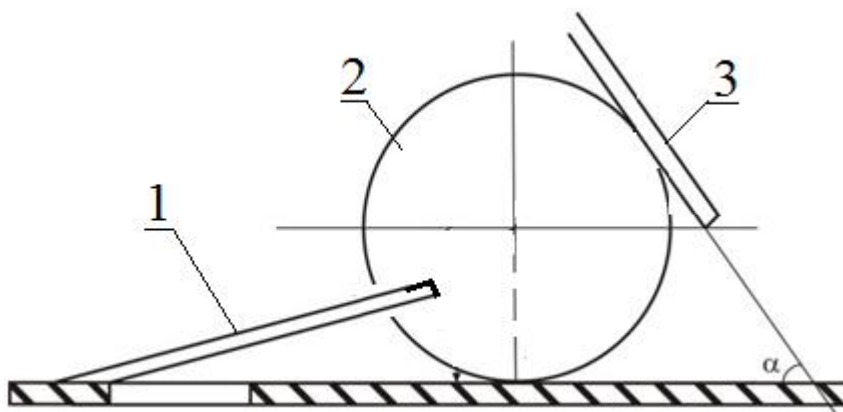


Рисунок 1 – Измельчитель корнеплодов с горизонтальным диском: 1- горизонтальный диск; 2- корнеклубнеплод; 3 – подпор.

В качестве устройства для измельчения корнеклубнеплодов, работающего по принципу рубки, , включающее корпус с размещенными в нем рабочими органами — две или четыре пары ножей серповидной формы, дугообразный калибратор с гребенкой, направляющей перегородки (рис. 2). Ротор с фланцами приводного вала приводится во вращение электродвигателем. Растительное сырье подается через приемный бункер. Недостатком

прототипа является высокая энергоемкость процесса измельчения в виду неравномерной нагрузки на приводной вал [24].

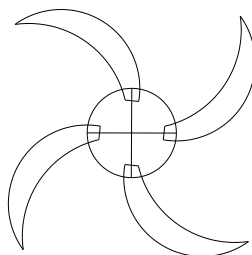


Рисунок 2 – Измельчитель корнеклубнеплодов с серповидными ножами

На животноводческих фермах Западного региона Казахстана получили распространение измельчители-смесители кормов ИСК-3 с ножевым рабочим органом (рис. 3). Они просты в эксплуатации и надежны в работе. Кроме того к преимуществам ножевого измельчителя-смесителя ИСК-3 следует отнести – нечувствительность к виду и влажности измельчаемых кормов, что позволяет использовать его для измельчения сена, веточного корма, кукурузного силоса, корнеплодов с одновременным их смешиванием.

Существенным недостатком измельчителей-смесителей с ножевым рабочим органом является высокая энергоемкость процесса измельчения [25].

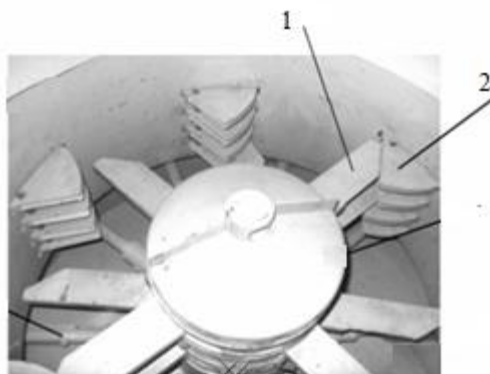


Рисунок 3 – Измельчитель-смеситель кормов с роторными ножами и противорезами:
1- прямолинейный нож; 2 – противорез.

Анализ литературных источников и оценка экспертов (табл. 2, 3). показали, что наиболее перспективным путем для повышения качества измельчения и минимизации соковыделения корнеклубнеплодов, является применение в качестве рабочих органов измельчителей прямолинейных ножей и дисков в качестве противорезов. Следовательно, возникла необходимость в модернизация существующих опытных образцов измельчителей корнеклубнеплодов [26].

Исходя из вышеизложенных заключений, в Западно-Казахстанском аграрно-техническом университете разработана модернизированная универсальная конкурентоспособная конструкция измельчителя корнеклубнеплодов, не требующая больших инвестиций, также имеющая ряд показателей, таких как снижение затрат энергии на измельчение, минимальное количество сока и мезги, меньшую металлоёмкость, что в свою очередь подтверждает что данная разработка не уступает существующим зарубежным и отечественным аналогам, а в некоторых случаях и превосходит их.

В качестве аналога известен измельчитель-смеситель кормов ИСК-3 [25], который состоит из консольно расположенных прямолинейных ножей с выгрузными лопастями и противорезами. Рабочий процесс данного устройства энергоёмкий и обладает большими габаритами и массой.

Предлагаемый измельчитель имеет в своей конструкции элементы подтвержденные патентом на полезную модель [27].

На рис. 4 изображен измельчитель корнеклубнеплодов, вид общий; на рис. 5 Вид А на рис. 4.

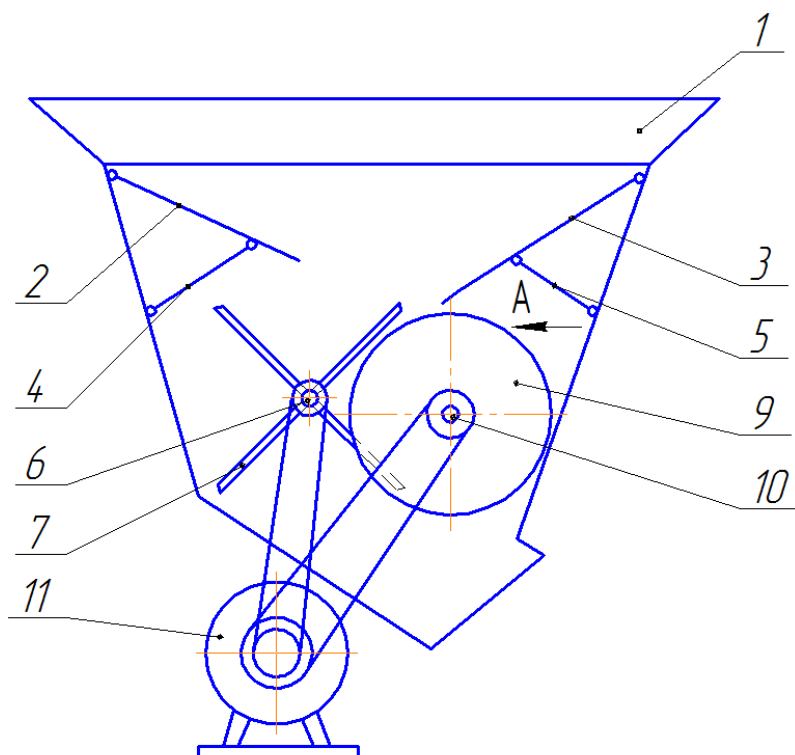


Рисунок 4 – Усовершенствованный измельчитель корнеклубнеплодов

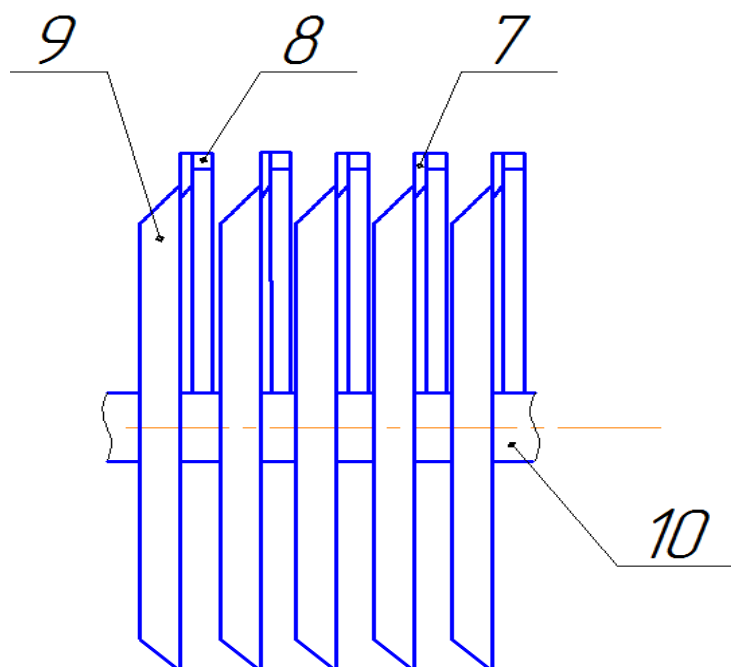


Рисунок 5 – Рабочие органы измельчителя, Вид А на рис. 4.

Устройство для измельчения корнеклубнеплодов, содержит корпус с горловиной 1, внутри которого расположены направляющие перегородки 2 и 3, удерживаемые стойками 4 и 5. Под направляющими перегородками внутри камеры измельчителя на приводном валу 6 жестко

установлены ножи 7 прямолинейной формы, имеющие с противоположной стороны лезвия ножей буртики 8. Ножи установлены с возможностью свободного перемещения между дисками 9. Диски 9 закреплены на валу 10 и имеют острые кромки по периметру окружности. Ножи 7 и диски 9 приводятся во вращательное движение электродвигателем 11.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Включается в работу электродвигатель и предназначенные к измельчению мытые от земли корнеклубнеплоды загружают через горловину в корпус 1, откуда они под собственным весом по направляющим перегородкам 2 и 3 поступают в зону вращения ножей 7 и дисков 9.

Корнеклубнеплоды, при перемещении разрезаются с одной стороны ножами 7 с другой острыми кромками вращающихся дисков 9. Обеспечивается тем самым резание корнеклубнеплодов с двух сторон, что предотвращает ломкость отрезанных ломтиков и излишнее выделение сока. Также это позволит уменьшить неравномерность нагрузки на приводной вал 6 ножей измельчителя. Отрезанные дольки проходят между дисками. Этому способствуют буртики 8 ножей 7, которые проходя между дисками, захватывают за собой дольки корнеклубнеплодов, освобождая тем самым пространство между дисками.

Закключение. Предложенная конструкция сочетания и расположения рабочих органов позволит уменьшить удельные энергозатраты на измельчение, минимизировать количество сока и мезги, металлоёмкость конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дусенов, М.К. Исследование процесса очистки корнеклубнеплодов роторной щеткой [Текст] / М.К. Дусенов // Уральск: Наука и образование, 2020. - № 1-2. - 117 с.
- 2 Дусенов, М.К. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning [Текст] / М.К. Дусенов, Б.Н. Нуралин, Ж.К. Кубашева, Н.И. Омарова, В.П. Захаров, Е.М. Джаналиев, А.А. Бакушев // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, ISSN: 1678-5878 (Print) 1806-3691 (Online), Volume 40. Issue 2, February 2018.
- 3 Ветров И.Ю. Анализ технических решений устройств измельчения корнеклубнеплодов [Текст] / И.Ю. Ветров // Курск: Изд-во Курская гос. Сельхоз. Акад, 2018. – 141 с.
- 4 Шуханов, С.Н. Устройство для подготовки кормов к скармливанию [Текст] / С.Н. Шуханов, А.В. Косарева, А.С. Доржиев // Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2018. № 1. 23 с.
- 5 Li, Y. Design and experiment of banana straw crushing and returning machine with anti-wrapping device supported by flailing blade [Текст] / Y. Li // *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 37 (18), pp.11-19. <http://www.tcsae.org/nygcxb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.18.002
- 6 Wang, D. Mechanism Analysis and Parameter Optimization of Hammer Mill for Corn Stalk // *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 48 (11), pp.165-171.[Текст] / <http://www.j-csam.org/jcsam/ch/index.aspx> doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.11.020
- 7 Jia, H. Design and experiment of the straw breaking and diversion device for maize harvesters / *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 38 (4), pp. 12-23. <http://www.tcsae.org/nygcxb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.04.002
- 8 Lü, J. Design and test of seed potato cutting device with vertical and horizontal knife group. *Nongye Jixie Xuebao/ [Текст] / J. Lü, //Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 51(8), 89-97. doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.010
- 9 Шуханов С.Н. Коваливнич В.Д., Доржиев А.С. Обзор современных конструкций измельчителей корнеклубнеплодов как основа для создания более совершенных машин [Текст] / С.Н. Шуханов, В.Д. Коваливнич, А.С. Доржиев // М.: Аграрная наука, 2016. № 1. С. 31.
- 10 Moos, J.A. Small-scale mechanical carrot washer for research sample preparation [Текст] / J.A. Moos // *Applied Engineering in Agriculture*, Volume 18, Issue 2, 3/2002, ISSN 0883-8542, Pg. 235-241.
- 11 Морозов, А. В. Комбинированное устройство для мойки и измельчения корнеплодов Патент №205076 от 25.06.2021 бюл №18 [Текст] / А. В. Морозов, В.В. Хабарова,

М.М. Замальдинов, А. М. Исаева //

12 Qinghui, W. Design and experimental study of hob type straw crushing device *Xinjiang Agricultural Sciences* [Текст]/ W.Qinghui // , 49 (2), pp. 279-284.

13 Дусенов, М.К. Исследование повреждаемости корнеклубнеплодов в роторно-щеточном устройстве [Текст]: М.К. Дусенов – Алматы: Исследование, результаты , 2020. - № 3. - 345 с.

14 Устройство для измельчения корнеклубнеплодов [Текст]: Патент №5011 на полезную модель от 05.06.2020. Р.Р.Джапаров.

15 Wang, F., Ma, S., Ke, W., Xing, H., Bai, J., Hu, J., . . . Wei, Y. (2021). Optimization of basecutter structural parameters for under-the-ground sugarcane basecutting. *Applied Engineering in Agriculture*, 37(2), 233-242. doi:10.13031/AEA.14178

16 Крючкова, Л.Г. Обоснование способа и параметров процесса измельчения корнеплодов [Текст]: Л.Г. Крючкова – Благовещенск: Вестник современных исследований, 2019. – 106 с.

17 Dabo-Niang, S. Guillas S. (2010) – Functional semiparametric partially linear model with autoregressive errors / *Jouornal of Multivariate Analysis*, Volume 101, Issue 2, 2/2010, ISSN 0047-259X, Pg. 307-315.

18 Yuehong, M., Jiaxi, Z., Chen, F.A. (2009) Performance test of straw crushing and returning machine [Текст]: / *Agricultural Mechanization Research*, 31 (4), pp. 126-128.

19 Qinghui, W., Xuenong, W., Chen, F.A., Jiaxi, Z., Xuanfeng, L., Zhaofeng, G. (2012) Design and experimental study of hob type straw crushing device / *Xinjiang Agricultural Sciences*, 49 (2), pp. 279-284.

20 Новиков, В.В., Камышева, О.А., Грецов, А.С. Результаты исследования производительности шнекового измельчителя корнеклубнеплодов [Текст]: В.В. Новиков, О.А. Камышева, А.С. Грецов // - 2016.- №2(58) – Оренбург: Известия Оренбургского ГАУ.- 65 с.

21 Камышева, О.А. Методические основы и обоснование структурно-функциональной схемы измельчителя корнеплодов [Текст]: О.А. Камышева // Инновационные достижения науки и техники АПК. - 2017. Кинель: Изд-во СамарскойГСХА, - 679 с.

22 Малыгин, Н.О. Обоснование процесса измельчения корнеклубнеплодов при приготовлении кормов [Текст]: Н.О. Малыгин – Вологда: Изд-во Вологодская гос. Академия, 2021, - 82 с.

23 Князев, А.Ф. Механизация и автоматизация животноводства / А.Ф. Князев, Е.И. Резник, С.В. Рыжов, В.Ф. Сторчевой, Н.И. Бычков, В.Г. Шевцов // Учебники и учеб. пособия для студентов средних специальных учеб. заведений — М.: Колос 2004. - 375 с. ил. С. 124, рис. 2.22.

24 Ханхасаев, Г.Ф. Измельчитель корнеклубнеплодов / Г.Ф. Ханхасаев, С.Н. Шуханов, В. Д. Коваливнич, Ж.В. Гармаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014., №1, С11.

25 Джапаров, Р.Р. Совершенствование рабочих органов измельчителя смесителя кормов ИСК-3 [Текст]: Р.Р. Джапаров, М.М. Константинов, Б.Н. Нуралин, А.Ж. Нуралин – Оренбург: Известия Оренбургского Государственного аграрного университета. 2020, № 2, 133 с.

26 Булатов, С.Ю. Результаты экспериментальных исследований по изучению условий заземления клубня в дисковом измельчителе корнеклубнеплодов [Текст] / С.Ю. Булатов, Р.А. Смирнов// Княгинино: Изд-во Нижегородский гос ун-та, 2018. №18. – 47 с.

27 Джапаров, Р.Р. Устройство для измельчения корнеклубнеплодов [Текст] /Р.Р.Джапаров//Патент №5011 на полезную модель от 05.06.2020.

REFERENCES

1 Dusenov, M.K. Issledovanie processa ochistki korneklubneplodov rotornoj shchetkoj [Текст]/ М.К. Dusenov // Ural'sk: Nauka i obrazovanie, 2020. - № 1-2. - 117 s.

2 Dusenov, M.K. Constructive-regime parameters of rotor-brush cleaner for tuberous roots dry cleaning [Текст] / М.К. Dusenov, B.N. Nuralin, ZH.K. Kubasheva, N.I. Omarova, V.P. Zaharov, E.M. Dzhanaliev, A.A. Bakushev // *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, ISSN: 1678-5878 (Print) 1806-3691 (Online), Volume 40. Issue 2, February 2018.

- 3 Vetrov I.YU. Analiz tekhnicheskikh reshenij ustrojstv izmel'cheniya korneklubneplodov [Tekst]/ I.YU. Vetrov// Kursk: Izd-vo Kurskaya gos. Sel'hoz. Akad, 2018. – 141 s.
- 4 SHuhanov, S.N. Ustrojstvo dlya podgotovki kormov k skarmlivaniyu [Tekst] / S.N. SHuhanov, A.V. Kosareva, A.S. Dorzhiev // Irkutsk: Izd-vo Irkutskogo gos. un-ta, 2018. № 1. 23 s.
- 5 Li, Y. Design and experiment of banana straw crushing and returning machine with anti-wrapping device supported by flailing blade [Tekst] / Y. Li //Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 37 (18), pp.11-19. <http://www.tcsae.org/nygcxb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.18.002
- 6 Wang, D. Mechanism Analysis and Parameter Optimization of Hammer Mill for Corn Stalk /Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 48 (11), pp.165-171.[Tekst]/ <http://www.j-csam.org/jcsam/ch/index.aspx> doi: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.11.020
- 7 Jia, H. Design and experiment of the straw breaking and diversion device for maize harvesters / Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 38 (4), pp. 12-23. <http://www.tcsae.org/nygcxb/ch/index.aspx> doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.04.002
- 8 Lü, J. Design and test of seed potato cutting device with vertical and horizontal knife group. Nongye Jixie Xuebao/ [Tekst]/ J. Lü, //Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 51(8), 89-97. doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2020.08.010
- 9 SHuhanov S.N. Kovalivnich V.D., Dorzhiev A.S. Obzor sovremennykh konstrukcij izmel'chitelej korneklubneplodov kak osnova dlya sozdaniya bolee sovershennykh mashin [Tekst] / S.N. SHuhanov, V.D. Kovalivnich, A.S. Dorzhiev // M.:Agrarnaya nauka, 2016. № 1. S. 31.
- 10 Moos, J.A. Small-scale mechanical carrot washer for research sample preparation [Tekst]/ J.A. Moos // Applied Engineering in Agriculture, Volume 18, Issue 2, 3/2002, ISSN 0883-8542, Pg. 235-241.
- 11 Morozov, A. V. Kombinirovannoe ustrojstvo dlya mojki i izmel'cheniya korneplodov Patent №205076 ot 25.06.2021 byul №18 [Tekst] / A. V. Morozov, V.V. Habarova, M. M. Zamal'dinov, A. M. Isaeva //
- 12 Qinghui, W. Design and experimental study of hob type straw crushing device Xinjiang Agricultural Sciences [Tekst]/ W.Qinghui // , 49 (2), pp. 279-284.
- 13 Dusenov, M.K. Issledovanie povrezhdaemosti korneklubneplodov v rotno-shchetochnom ustrojstve [Tekst]: M.K. Dusenov – Almaty: Issledovanie, rezul'taty , 2020. - № 3. - 345 s.
- 14 Ustrojstvo dlya izmel'cheniya korneklubneplodov [Tekst]: Patent №5011 na poleznuyu model' ot 05.06.2020. R.R.Dzhaparov.
- 15 Wang, F., Ma, S., Ke, W., Xing, H., Bai, J., Hu, J., . . . Wei, Y. (2021). Optimization of basecutter structural parameters for under-the-ground sugarcane basecutting. Applied Engineering in Agriculture, 37(2), 233-242. doi:10.13031/AEA.14178
- 16 Kryuchkova, L.G. Obosnovanie sposoba i parametrov processa izmel'cheniya korneplodov [Tekst]: L.G. Kryuchkova – Blagoveshchensk: Vestnik sovremennykh issledovanij , 2019. – 106 s.
- 17 Dabo-Niang, S. Guillas S. (2010) – Functional semiparametric partially linear model with autoregressive errors / Jouornal of Multivariate Analysis, Volume 101, Issue 2, 2/2010, ISSN 0047-259X, Pg. 307-315.
- 18 Yuehong, M., Jiayi, Z., Chen, F.A. (2009) Performance test of straw crushing and returning machine [Tekst]: / Agricultural Mechanization Research, 31 (4), pp. 126-128.
- 19 Qinghui, W., Xuenong, W., Chen, F.A., Jiayi, Z., Xuanfeng, L., Zhaofeng, G. (2012) Design and experimental study of hob type straw crushing device / Xinjiang Agricultural Sciences, 49 (2), pp. 279-284.
- 20 Novikov, V.V., Kamysheva, O.A., Grecov, A.S. Rezul'taty issledovaniya proizvoditel'nosti shnekovogo izmel'chitelya korneklubneplodov [Tekst]: V.V. Novikov, O.A. Kamysheva, A.S. Grecov // - 2016.- №2(58) – Orenburg: Izvestiya Orenburgskogo GAU.- 65 s.
- 21 Kamysheva, O.A. Metologicheskie osnovy i obosnovanie strukturno-funkcional'noj skhemy izmel'chitelya korneplodov [Tekst]: O.A. Kamysheva // Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2017. Kinel': Izd-vo SamarskojGSKHA, - 679 s.

22 Malygin, N.O. Obosnovanie processa izmel'cheniya korneklubneplodov pri prigotovlenii kormov [Tekst]: N.O. Malygin – Vologda: Izd-vo Vologodskaya gos. Akademiya, 2021, - 82 s.

23 Knyazev, A.F. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodstva / A.F. Knyazev, E.I. Reznik, S.V. Ryzhov, V.F. Storchevoj, N.I. Bychkov, V.G. Shevcov // Uchebniki i ucheb. posobiya dlya studentov srednih special'nyh ucheb. zavedenij — M.: Kolos 2004. - 375 s. il. S. 124, ris. 2.22.

24 Hanhasaev, G.F. Izmel'chitel' korneklubneplodov / G.F. Hanhasaev, S.N. SHuhanov, V. D. Kovalivnich, ZH.V. Garmaev // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2014., №1, S11.

25 Dzhaparov, R.R. Sovershenstvovanie rabochih organov izmel'chitelya smesitelya kormov ISK-3 [Tekst]: R.R. Dzhaparov, M.M. Konstantinov, B.N. Nuralin, A.ZH. Nuralin – Orenburg: Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020, № 2, 133 s.

26 Bulatov, S.YU. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij po izucheniyu uslovij zashchemleniya klubnya v diskovom izmel'chitele korneklubneplodov [Tekst] / S.YU. Bulatov, R.A. Smirnov// Knyaginino: Izd-vo Nizhegorodskij gos un-ta, 2018. №18. – 47 s.

27 Dzhaparov, R.R. Ustrojstvo dlya izmel'cheniya korneklubneplodov [Tekst] /R.R.Dzhaparov//Patent №5011 na poleznuyu model' ot 05.06.2020.

ТҮЙІН

Бұл мақалада сырғанау арқылы кесу принципімен жұмыс істейтін тамыр түйнектерін ұсақтағыштарды жақсарту үшін жұмыс органдарын таңдау мәселесінің шешімі берілген. Жемшөп дайындаудағы негізгі міндет, атап айтқанда тамыр дақылдарын ұсақтау кезінде зоотехникалық талаптарды сақтау болып табылады. Жемді дайындаудағы негізгі зоотехникалық талаптардың бірі-жемнің сапасы, ал тамыр дақылдарын ұсақтау кезінде ұсақталған бөлшектердің мөлшері және ең аз шырын шығыны. Бұл мәселені шешу үшін тамыр түйнектерін ұсақтағыштарды модернизациялау алгоритмі ұсынылған. Ол тамыр түйнектерін ұсақтау сапасын сақтау мәселесінің шешімдерін іздеу процесін қарастырады. Зерттеу әдісі ретінде зерттелетін көрсеткіштерді саралаудың априорлық әдісі ұсынылған. Көрсеткіштерге кесудің технологиялық процесі және конструктивті жұмыс органдары кірді, ал критерийлер ретінде ұсақтау сапасы және ең аз шырын бөлу анықталды. Жемшөпті ұсақтау саласындағы мамандардың пікіріне негізделген априорлық саралау әдістемесінің негізінде құрылымдық жұмыс органдарын біріктіру арқылы кесудің технологиялық процесін жетілдірудің перспективалық бағыттары анықталды. Жүргізілген зерттеулер негізінде тамырлы дақылдардың кесу мүшелерімен өзара әрекеттесуі кезінде шырынның бөлінуін азайту үшін тамырлы дақылдардың жылжымалы Қос торлы кесуіне негізделген тамырлы дақылдарды ұсақтағыштың тәжірибелік дизайны жасалды. Бұл дизайнда түзу пышақтар мен тік дискілер түріндегі кесу органдары қолданылады. Бұл кесу органдары тамыржеміспен өзара әрекеттесу процесінде өнімге бір уақытта кесіліп, элементті қысусыз кесіп тастайды. Осылайша, тамыр түйнегі арқылы кесу органының кесу жолы азаяды, тамыр түйнегі мен оның кесілген элементтерінің қысылуы төмендейді, ал кесу органдарының тамыр түйнегіне әсер ету уақыты аз болғандықтан, шырын шығыны азаяды.

УДК: 631.334
МРНТИ: 68.85.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-191-203

Куваев А.Н., доктор философии (PhD), **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0001-5396-0716>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, kuvaevanthon@yandex.ru

Дерепаскин А.И., доктор технических наук, <https://orcid.org/0000-0003-4553-5474>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, a.derepaskin48@mail.ru

Токарев И.В., докторант, <https://orcid.org/0000-0001-6325-6423>
НАО «Костанайский региональный университет им. А. Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, г. Костанай, ул. Байтұрсынова, 47, Tokarev_Ivan.V@mail.ru

- Бинюков Ю.В.**, кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2415>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, ybinyukov@list.ru
- Полищук Ю.В.**, кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0002-6215-6487>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, y.polishchuk.62@mail.ru
- Иванченко П.Г.**, кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0002-8699-1161>
Костанайский филиал ТОО «Научно-производственный центр агроинженерии», Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 34, pavel.ivanchenko.61@mail.ru
- Kuvaev A.N.**, PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0001-5396-0716>
Kostanay branch of the Scientific Production Centre of Agricultural Engineering, Republic of Kazakhstan, Kostanay, av. Abaya, 34, kuvaevanthon@yandex.ru
- Derepaskin A.I.**, doctor of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0003-4553-5474>
Kostanay branch of the Scientific Production Centre of Agricultural Engineering, Republic of Kazakhstan, Kostanay, av. Abaya, 34, a.derepaskin48@mail.ru
- Tokarev I.V.**, doctoral student, <https://orcid.org/0000-0001-6325-6423>
Non-profit Limited Company “Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University”, Republic of Kazakhstan, Kostanay, st. Bajtursynov, 47, Tokarev_Ivan.V@mail.ru
- Binyukov Y.V.**, candidate of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0002-9742-2415>
Kostanay branch of the Scientific Production Centre of Agricultural Engineering, Republic of Kazakhstan, Kostanay, av. Abaya, 34, ybinyukov@list.ru
- Polichshuk Y.V.**, candidate of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0002-6215-6487>
Kostanay branch of the Scientific Production Centre of Agricultural Engineering, Republic of Kazakhstan, Kostanay, av. Abaya, 34, y.polishchuk.62@mail.ru
- Ivanchenko P.G.**, candidate of technical sciences, <https://orcid.org/0000-0002-8699-1161>
Kostanay branch of the Scientific Production Centre of Agricultural Engineering, Republic of Kazakhstan, Kostanay, av. Abaya, 34, pavel.ivanchenko.61@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ СМЕЖНЫХ ПРОХОДОВ ПЛОСКОРЕЖУЩЕГО
РАБОЧЕГО ОРГАНА НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВНУТРИПОЧВЕННОМ
ВНЕСЕНИИ**

**INFLUENCE OF OVERLAPPING OF ADJACENT PASSES OF THE FLAT-CUTTING
WORKING TOOL ON UNEVEN DISTRIBUTION OF GRANULAR MINERAL
FERTILIZERS DURING SUBSURFACE APPLICATION**

Аннотация

Одним из возможных способов повысить равномерность распределения гранулированных минеральных удобрений при их сплошном внутрипочвенном внесении является увеличение перекрытия смежных проходов почвообрабатывающих рабочих органов. Цель исследования – определение оптимального значения перекрытия смежных проходов плоскорежущих рабочих органов при внутрипочвенном внесении минеральных удобрений. Задачи исследования – определить количественный и качественный характер распределения удобрений в подлаповом пространстве плоскорежущего рабочего органа при различных дозах внесения; выявить закономерность между величиной перекрытия смежных проходов и неравномерностью распределения удобрений. Методы исследования – использовались такие методы научного познания как физическое и математическое моделирование, абстрагирование, анализ и синтез. Кроме того, экспериментальные исследования основывались на положениях действующей нормативной документации. Результаты. Была выявлена закономерность между величиной перекрытия смежных проходов и неравномерностью распределения удобрений по ширине подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа. Установлено, что для исследуемого рабочего органа минимальное значение неравномерности распределения удобрений (9,96 %) достигается при перекрытии смежных проходов 0,06 м. Для рассматриваемого плоскорежущего рабочего органа данная величина перекрытия признана

оптимальной. Выводы. Была разработана методика, которая позволяет определить величину оптимального перекрытия плоскорежущих рабочих органов при сплошном внутрипочвенном внесении гранулированных минеральных удобрений. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании технических средств для внутрипочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений.

ANNOTATION

One potential way to increase the uniform distribution of granular mineral fertilizers during continuous subsurface application is by increasing the overlap between adjacent passes of tillage working tools. The aim of the research is to determine the optimal value of the overlap of the flat-cutting working tools during the subsurface application of mineral fertilizers. The study's objectives include determining both the quantitative and qualitative aspects of fertilizer distribution within the under-blade space of the cutting tool at various application rates; and identifying the relationship between the value of the overlap between adjacent passes and the unevenness of fertilizer distribution. Research methods – methods of scientific knowledge such as physical and mathematical modeling, abstraction, analysis, and synthesis were employed in this study. In addition, the experimental studies were based on the principles of the current regulatory documentation. Results. The relationship between the overlap of adjacent passes and the unevenness of fertilizer distribution across the width of the flat-cutting working tool's under-blade space was revealed. It was found that the studied implement achieves the minimum value of uneven fertilizer distribution (9.96%) when adjacent passes overlap by 0.06 m. This overlap value is recognized as optimal for the flat-cutting working tool under consideration. Conclusions. A methodology was developed that enables the determination of the optimal overlap value for flat-cutting working tools during continuous subsurface application of granular mineral fertilizers. The research results can be used in the design of technical means for the subsurface application of granular mineral fertilizers.

Ключевые слова: *гранулированные минеральные удобрения, внутрипочвенное внесение, плоскорежущий рабочий орган, неравномерность распределения, подлаповое пространство рабочего органа.*

Key words: *granular mineral fertilizers, subsurface application, flat-cutting working tool, uneven distribution, under-blade space of the working tool.*

Введение. Большинство сельскохозяйственных почв в северном регионе Казахстана, где выращивается около 90% всех зерновых культур, имеют низкую обеспеченность фосфором [1].

В существующих условиях наиболее реалистичным подходом к устранению дефицита этого питательного элемента является использование гранулированных фосфорсодержащих минеральных удобрений, признанных наиболее распространенными и эффективными в сельскохозяйственном производстве [2, с. 164]. Максимальный положительный эффект от их применения в почвенно-климатических условиях северного региона Казахстана может быть достигнут за счет подпочвенного внесения [3].

Почвы северного региона Казахстана, в силу географического положения региона, подвержены ветровой эрозии [4, с. 32]. Эффективным способом, позволяющим снизить риск ее возникновения и развития, является проведение механической обработки без оборота почвенного пласта. Одним из вариантов рабочих органов для безотвальной обработки является плоскорежущий рабочий орган, который хорошо зарекомендовал себя в рассматриваемом почвенно-климатическом регионе.

Основным достоинством плоскорежущего рабочего органа является то, что после его прохода на поверхности поля сохраняется количество растительных остатков достаточное ($\geq 60\%$) для защиты поверхностного почвенного слоя от выдувания [5]. По этой причине ширина захвата плоскорежущих рабочих органов составляет не менее 50 см.

Ещё одной конструктивной особенностью плоскорежущих рабочих органов является ограниченная высота свода или высота подъема лемеха, которая составляет не более 6,5 см. Увеличение этого параметра приводит как к увеличению его тягового сопротивления и негативно сказывается на качестве обработки (увеличивается гребнистость поверхности почвы).

При использовании плоскорежущего рабочего органа для сплошного внутрипочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений перечисленные выше конструктивные особенности создают техническую проблему – гранулы удобрений могут не достигать наиболее удаленных от центральной части периферийных участков подлапового пространства рабочего органа. Как следствие неравномерность распределения удобрений по ширине захвата всего агрегата также будет возрастать. В свою очередь, несоответствие неравномерности распределения удобрений агротехническим требованиям имеет как экономический эффект – падение урожайности в сравнении с потенциально возможной, так и экологический – увеличивается химическая нагрузка на почву [6-9].

По выдвинутой нами гипотезе одним из возможных способов снизить неравномерность распределения удобрений является увеличение перекрытия между смежными проходами рабочих органов. В результате чего периферийная часть подлапового пространства рабочего органа (относительно вертикальной оси симметрии плоскорежущего рабочего органа), недополучающая удобрения из-за обозначенных выше конструктивных особенностей плоскорежущего рабочего органа, будет дополнительно насыщаться удобрениями, поступающими в зону перекрытия от соседнего рабочего органа.

Увеличение перекрытия смежных проходов требует проведения теоретических и экспериментальных исследований, необходимых для вычисления оптимального значения «смещения» плоскорежущих рабочих органов, которое с одной стороны позволит снизить неравномерность распределения удобрений, а с другой не приведет к значительному уменьшению конструктивной ширины захвата орудия.

Отечественными и зарубежными исследователями проводится множество исследований по обоснованию параметров и режимов работы агрегатов для внутрипочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений [10-13], высевающих аппаратов [14; 15] или рабочих органов [16-18]. Однако исследований, посвященных обоснованию оптимального значения перекрытия смежных проходов плоскорежущих рабочих органов при сплошном внутрипочвенном внесении минеральных удобрений, не проводилось. Что говорит об актуальности проведенных исследований.

В связи с этим целью предлагаемой работы являлось определение оптимального значения перекрытия смежных проходов плоскорежущих рабочих органов при внутрипочвенном внесении минеральных удобрений.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи:

1. Определить количественный и качественный характер распределения удобрений в подлаповом пространстве плоскорежущего рабочего органа при различных дозах внесения;
2. Выявить закономерность между величиной перекрытия смежных проходов и неравномерностью распределения удобрений.

Материалы и методика исследований. При проведении исследований использовались такие методы научного познания как физическое и математическое моделирование, абстрагирование, анализ и синтез.

Кроме того, экспериментальные исследования основывались на положениях ГОСТ 28714 [19].

Запланированные исследования проводились в несколько этапов.

Этап 1. Проведение посева удобрений в подлаповом пространстве плоскорежущего рабочего органа для определения количественного характера их распределения.

Данный этап исследований в соответствии с рисунком 1 выполнялся экспериментально с использованием лабораторно-полевой установки собственного производства и варианта плоскорежущего рабочего органа с рассекателем удобрений, установленным в его подлаповом пространстве.

Исследуемый нами плоскорежущий рабочий орган имел конструктивную ширину захвата $b_{p.o.} = 0,66$ м, высота свода $h_{p.o.} = 0,03$ м. Рассекатель удобрений, установленный в подлаповом пространстве рабочего органа, выполнен в виде усеченной к низу треугольной призмы с криволинейными боковыми гранями. Ширина основания призмы – 0,08 м, длина основания – 0,03 м, высота призмы 0,05 м, радиус скругления боковых граней – 0,04 м.

Плоскорежущий рабочий орган предназначен для обработки почвы на глубину 12-20 см.



1 – бункер с удобрениями; 2 – дозатор удобрений; 3 – вентиляторная установка; 4 – тукопровод; 5 – плоскорежущий рабочий орган

Рисунок 1 – Лабораторно-полевая установка для внутрипочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений с вариантом плоскорежущего рабочего органа

Подлаповое пространство плоскорежущего рабочего органа было разделено на 22 участка одинаковой ширины (ширина каждого участка была равна 3 см)

Было принято, что участки 1-5 и 18-22 являются периферийными участками подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа, участки 6-17 – центральными, в соответствии с рисунком 2(а). Каждому из участков, в соответствии с рисунком 2(б), соответствовал контейнер, расположенный в подлаповом пространстве рабочего органа.

План проведения экспериментов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – План проведения экспериментов. Этап 1

Изменяемый показатель	Оцениваемый показатель
Доза внесения удобрений, кг/га: 50-150 (шаг 50)	Масса удобрений в контейнере
Общее количество экспериментов – 15, повторность – 5-тикратная	

Методика проведения посева удобрений – по ГОСТ 28714 [19]. Методика обработки полученных экспериментальных данных – по ГОСТ Р 8.736 [20].

Время единичного посева удобрений составляло 30 сек. Скорость воздушного потока в тукопроводе составляла 17-20 м/с. Для подачи удобрений от дозатора в тукопровод использовалась эжекторная воронка с обоснованными ранее параметрами [21]. Масса удобрений в контейнерах определялась лабораторными весами CAS MWP-300H (CAS, Южная Корея) с приведенной погрешностью $\gamma_0 = 2\%$. Выходными данными данного этапа исследований были среднеарифметические значения массы удобрений в контейнерах для каждой дозы внесения.

Этап 2. Оценка устойчивости распределения удобрений по ширине подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа.

Под устойчивостью распределения удобрений в данном случае понимается то, насколько сильно будет варьироваться концентрация удобрений в одних и тех же участках рабочего органа при различной дозе внесения.

Концентрация удобрений на каждом участке подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа (отдельно для каждой дозы внесения) определялась по следующей формуле:

$$C_i = \frac{\overline{m}_i}{\overline{M}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_i – концентрация удобрений в i -ом контейнере подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа, %;

$\overline{m}_i$ – среднеарифметическое значение массы удобрений в i -ом контейнере, г;

$\overline{M}$ – среднеарифметическое значение общей массы удобрений в подлаповом пространстве, г.

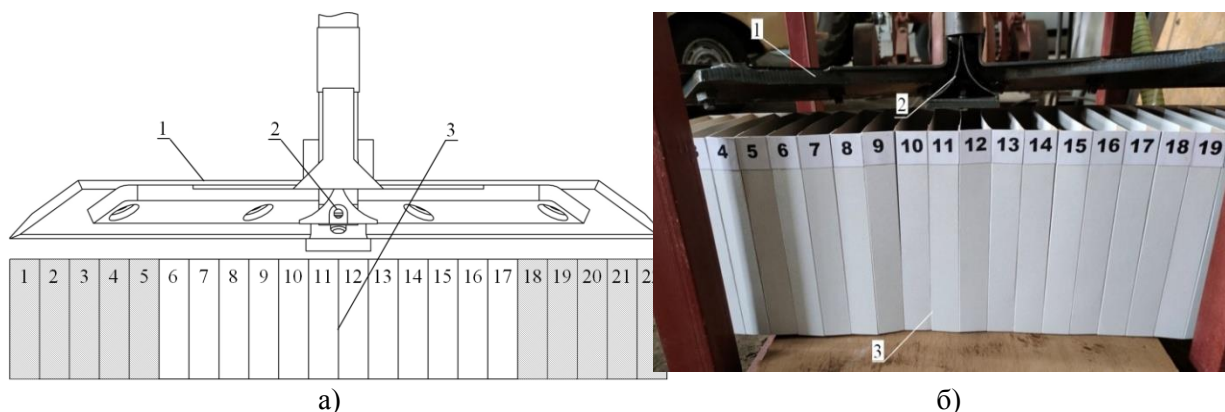


Рисунок 2 – Взаимное положение исследуемого варианта плоскорежущего рабочего органа и контейнеров для сбора удобрений

1 – плоскорежущий рабочий орган; 2 – рассекатель удобрений;
3 – участки подлапового пространства с соответствующим ему контейнером (а) схема расположения участков в подлаповом пространстве; б) подлаповое пространство с установленными контейнерами для сбора удобрений)

Вариация концентрации удобрений в i -ом контейнере плоскорежущего рабочего органа определялась по следующей формуле:

$$v_{C(i)} = \frac{\sigma_i}{\bar{C}_i} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $v_{C(i)}$ – вариация концентрации удобрений в i -ом контейнере, %;

$\sigma_{C(i)}$ – среднее квадратичное отклонение концентрации удобрений в i -ом контейнере (для дозы внесения 50, 100 и 150 кг/га), %;

$\bar{C}_i$ – среднеарифметическое значение концентрации удобрений в i -ом контейнере (для дозы внесения 50, 100 и 150 кг/га), %.

Распределение удобрений признавалось устойчивым, если вариация концентрации удобрений для всех рассматриваемых участков подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа не превышала 10%. Такая вариация показателя считается допустимой при проведении лабораторно-полевых опытов в сельском хозяйстве [22, с. 163].

Этап 3. Определение величины перекрытия, обеспечивающего минимальную неравномерность распределения удобрений.

Исходными данными для данного этапа исследований являлись среднеарифметические значения массы удобрений в контейнерах ($\overline{m}_i$, г), полученные при максимальной дозе внесения (при условии, что распределение удобрений по ширине подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа признано устойчивым). Проведенный рассев удобрений показал, что при распределении удобрений в подлаповом пространстве рабочего органа

наблюдалась определенная диспропорция: в центральной части повышенная концентрация удобрений, а на периферийных участках (участки 1-5 и 18-22) недостаточная.

Возможным способом выровнять выявленный дисбаланс являлось увеличение перекрытия участков периферийной части плоскорежущего рабочего органа ($\Delta b_{p.o.}$, м).

Поскольку выбранная нами модель рабочего органа, имеет билатерально (зеркально) симметричную конструкцию относительно оси симметрии, совокупная масса удобрений участках периферийной части подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа может быть определена как удвоенная среднеарифметическая масса удобрений, приходящаяся на этот участок подлапового пространства изначально:

$$\bar{m}_i = 2 \cdot \bar{m}_i, \quad (3)$$

где $\bar{m}_i$ – совокупная масса удобрений в i -ом участке периферийной части подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа ($i = [1; 5] \wedge [18; 22]$), г.

Критерием оптимизации при обосновании величины перекрытия была принята неравномерность распределения удобрений (v , %), определяемая в соответствии с ГОСТ 28714 [19].

Величина перекрытия (с учетом предельной относительной погрешности), при которой достигается минимальное значение неравномерности, была признана оптимальной.

Относительная предельная погрешность измерения ($\Delta_{\bar{x}(\text{отн})}$, %) представляет собой сумму случайной и систематической погрешностей:

$$\Delta_{\bar{x}(\text{отн})} = \Theta_{\bar{x}(\text{отн})} + \Psi_{\bar{x}(\text{отн})}, \quad (4)$$

где $\Theta_{\bar{x}(\text{отн})}$ – относительная систематическая погрешность, %

$\Psi_{\bar{x}(\text{отн})}$ – относительная случайная погрешность, %.

Методика их определения – в соответствии с [23, с. 200].

Результаты исследования, обсуждения. В соответствии с представленной методикой был выполнен высев удобрений и произведена математическая обработка полученных экспериментальных данных. Результаты представлены в таблице 2. Максимальное значение относительной предельной погрешности измерений составило 7,1 %.

Неравномерность распределения удобрений по ширине захвата плоскорежущего рабочего органа находилась в пределах 24,37-24,91 %. Что существенно превышает рекомендуемое предельное значение неравномерности распределения удобрений ($v_{\text{пред}} \leq 10,00$ %).

Анализ данных таблицы 1 показал, что в центральном участке плоскорежущего рабочего органа (ячейки 6-18) находилось 68,54-68,81 % от общей массы высеваемых удобрений, в периферийных (ячейки 1-5 и 18-22) соответственно – 31,46-31,19 %. Что говорит о существенном дисбалансе при распределении удобрений в подлаповом пространстве рабочего органа.

Для оценки устойчивости распределения удобрений при различных дозах внесения в соответствии с формулой (2) была рассчитана вариация концентрации удобрений на каждом участке подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа. Результаты расчетов представлены в виде гистограммы в соответствии с рисунком 3.

Вариация концентрации удобрений на участках подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа находилась в следующих пределах:

- для центральной части (ячейки 6-18) – 0,53-8,01%;
- для периферийной части (ячейки 1-5 и 18-22) – 1,78-7,38 % и 0,42-7,85 %.

Все значения вариации концентрации удобрений не превышали 10-процентного предельного значения, что говорит об устойчивом распределении удобрений в подлаповом пространстве плоскорежущего рабочего органа при низкой (50 кг/га), средней (100 кг/га) и высокой (150 кг/га) дозах внесения.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

№ контейнера	Доза внесения удобрений, кг/га					
	50		100		150	
	Масса удобрений, г	Концентрация, %	Масса удобрений, г	Концентрация, %	Масса удобрений, г	Концентрация, %
1	5,06	2,00	10,97	2,22	17,24	2,30
2	5,56	2,19	12,42	2,51	17,77	2,37
3	11,55	4,56	19,65	3,97	30,59	4,08
4	11,25	4,44	22,75	4,59	33,36	4,45
5	10,95	4,32	21,00	4,24	33,13	4,42
6	13,65	5,39	26,94	5,44	40,48	5,40
7	12,39	4,89	24,44	4,94	39,66	5,29
8	13,68	5,40	26,99	5,45	40,56	5,41
9	14,18	5,60	27,98	5,65	40,41	5,39
10	13,47	5,32	26,94	5,44	39,13	5,22
11	14,64	5,78	28,28	5,71	40,93	5,46
12	13,40	5,29	23,34	4,71	39,73	5,30
13	14,38	5,68	28,38	5,73	42,66	5,69
14	14,31	5,65	28,23	5,70	41,53	5,54
15	13,27	5,24	23,64	4,77	38,46	5,13
16	12,97	5,12	25,59	5,17	40,11	5,35
17	11,33	4,47	25,94	5,24	36,81	4,91
18	11,93	4,71	23,54	4,75	35,38	4,72
19	10,77	4,25	21,35	4,31	32,76	4,37
20	9,96	3,93	19,60	3,96	30,29	4,04
21	8,06	3,18	14,17	2,86	20,54	2,74
22	6,55	2,59	13,07	2,64	18,14	2,42
Сумма, г	253,31	100,00	495,21	100,00	749,67	100,00
Среднее, г	11,51	-	22,51	-	34,08	-
Стандартное отклонение, г	2,87	-	5,48	-	8,36	-
Неравномерность, %	24,91	-	24,37	-	24,54	-

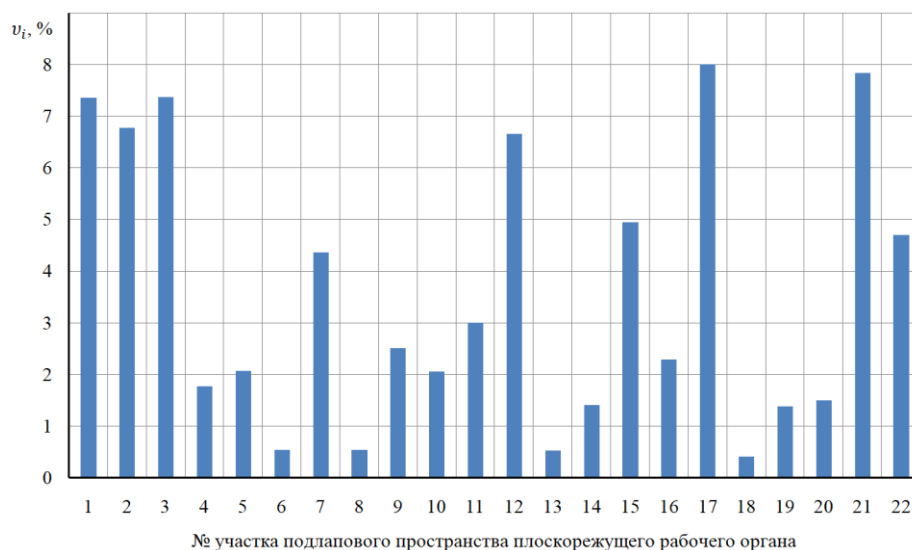


Рисунок 3 – Вариация концентрации удобрений при дозе внесения 50-150 кг/га

Был сделан вывод о том, что у выбранного нами рабочего органа для внутрисочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений характер их распределения по ширине подлапового пространства является постоянным и не зависит от вносимой дозы.

Для «выравнивания» массы удобрений на всех участках подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа в соответствии с разработанной методикой было проведено математическое моделирование по изменению величины их перекрытия. Характер изменения массы удобрений на участках подлапового пространства при различной величине перекрытия ($\Delta b_{p.o.}$, м) представлен в таблице 3. На основании данных, представленных в таблице 3 был построен график функции вида $v = f(\Delta b_{p.o.})$ в декартовой системе координат, который представлен на рисунке 4.

Таблица 3 – Характер изменения концентрации удобрений на участках подлапового пространства при различной величине перекрытия

№ участка подлапового пространства	Концентрация / совокупная концентрация удобрений при различной величине перекрытия периферийных участков, %					
	0 м	0,03 м	0,06 м	0,09 м	0,12 м	0,15 м
1	17,24	34,48	34,48	34,48	34,48	34,48
2	17,77	17,77	35,54	35,54	35,54	35,54
3	30,59	30,59	30,59	61,18	61,18	61,18
4	33,36	33,36	33,36	33,36	66,72	66,72
5	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	66,26
6	40,48	40,48	40,48	40,48	40,48	40,48
7	39,66	39,66	39,66	39,66	39,66	39,66
8	40,56	40,56	40,56	40,56	40,56	40,56
9	40,41	40,41	40,41	40,41	40,41	40,41
10	39,13	39,13	39,13	39,13	39,13	39,13
11	40,93	40,93	40,93	40,93	40,93	40,93
12	39,73	39,73	39,73	39,73	39,73	39,73
13	42,66	42,66	42,66	42,66	42,66	42,66
14	41,53	41,53	41,53	41,53	41,53	41,53
15	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46
16	40,11	40,11	40,11	40,11	40,11	40,11
17	36,81	36,81	36,81	36,81	36,81	36,81
18	35,38	35,38	35,38	35,38	35,38	70,76
19	32,76	32,76	32,76	32,76	65,52	65,52
20	30,29	30,29	30,29	60,58	60,58	60,58
21	20,54	20,54	41,08	41,08	41,08	41,08
22	18,14	36,28	36,28	36,28	36,28	36,28
Сумма	749,67	785,05	823,36	884,24	950,36	1018,87
Среднее по опыту	34,08	35,68	37,43	40,19	43,20	46,31
Стандартное отклонение	17,24	34,48	34,48	34,48	34,48	34,48
Неравномерность	17,77	17,77	35,54	35,54	35,54	35,54

Примечание: в ячейках таблицы выделенных желтым цветом указаны значения совокупной концентрации удобрений, получаемые в соответствии с формулой (3) при перекрытии участков периферийной части плоскорежущего рабочего органа.

Криволинейный характер зависимости $v = f(\Delta b_{p.o.})$ объясняется следующим образом. При $\Delta b_{p.o.} = 0,03$ м ($v = 18,14$ %) под перекрытие попадает по одному участку периферийной части подлапового пространства слева и справа (участки 1 и 22 соответственно). Это оказывает определенный положительный эффект – в сравнении с базовым вариантом при $\Delta b_{p.o.} = 0$ м ($v = 24,54$ %) неравномерность уменьшилась на 6,41 п.п. (процентный пункт), однако его

недостаточно для того, чтобы достигнуть рекомендуемое предельное значение неравномерности распределения удобрений ($v_{\text{ПРЕД}} \leq 10,00 \%$). При $\Delta b_{P.O.} = 0,06$ м ($v = 9,96 \%$) под перекрытие попадает по два участка периферийной части подлапового пространства слева и справа (участки 1, 2 и 22, 21 соответственно). На исследуемой плоскости данное значение перекрытия смежных проходов оказывает максимальный положительный эффект – в сравнении с базовым вариантом при $\Delta b_{P.O.} = 0$ м ($v = 24,54 \%$) неравномерность уменьшилась на 14,58 п.п. и не превышает рекомендуемое предельное значение неравномерности распределения удобрений ($v_{\text{ПРЕД}} \leq 10,00 \%$).

При $\Delta b_{P.O.} = [0,09; 0,15]$, когда под перекрытие попадает по три, четыре и пять участков периферийной части подлапового пространства слева и справа соответственно наблюдается последовательный рост неравномерности в сравнении с базовым вариантом: при $\Delta b_{P.O.} = 0,09$ м $v = 18,22 \%$ (уменьшение показателя на 6,32 п.п.); при $\Delta b_{P.O.} = 0,12$ м $v = 23,53 \%$ (уменьшение показателя на 1,01 п.п.); при $\Delta b_{P.O.} = 0,12$ м $v = 23,53 \%$ (увеличение показателя на 1,63 п.п.).

Совокупная масса удобрений на отдельных участках периферийной части подлапового пространства рабочего органа (участки 3-5 и 18-20) стала значительно выше, чем среднеарифметическое значение массы удобрений по соответствующему опыту. Это привело к увеличению стандартного отклонения по опыту и, как следствие, общей неравномерности распределения удобрений.

Была выявлена закономерность между величиной перекрытия смежных проходов и неравномерностью распределения удобрений по ширине подлапового пространства плоскорежущего рабочего органа. Установлено, что минимальное значение неравномерности распределения удобрений ($v = 9,96 \%$) достигается при $\Delta b_{P.O.} = 0,06$ м. Для рассматриваемого плоскорежущего рабочего органа данная величина перекрытия признана оптимальной.

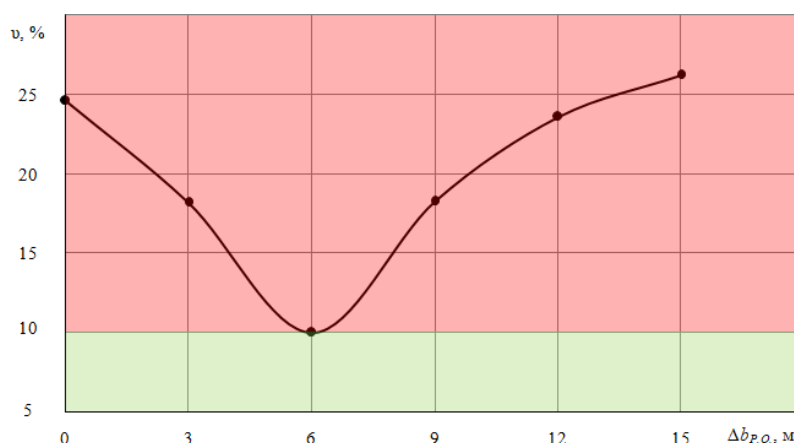


Рисунок 4 – Влияние ширины междурядья ($\Delta b_{P.O., \text{ м}}$) на неравномерность распределения удобрений по ширине подлапового пространства ($v, \%$)

Заключение. Разработана методика, которая позволяет определить величину оптимального перекрытия плоскорежущих рабочих органов при сплошном внутрипочвенном внесении гранулированных минеральных удобрений.

Выявлена закономерность между величиной перекрытия смежных проходов плоскорежущих рабочих органов и неравномерностью распределения удобрений по ширине подлапового пространства. Для рассматриваемого плоскорежущего рабочего органа шириной захвата 0,66 м оптимальная величина перекрытия составила 0,06 м на каждую сторону. В этом случае достигается минимальное значение неравномерности распределения удобрений. В сравнении с базовым вариантом, когда перекрытие отсутствует, удалось снизить неравномерность распределения удобрений с 24,54 % до 9,96 %, т.е. на 14,58 п.п.

Обоснованная величина перекрытия была использована при проектировании образца культиватора-удобрителя несущее-прицепной конструкции (грант № AP19679555).

Поставленные задачи исследования решены, цель достигнута.

Благодарности. Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19679555).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тлеубаев, А.Б. Применение минеральных удобрений в основных зерносеющих регионах Казахстана [Текст] / А.Б. Тлеубаев, Б.Е. Рустембаев, А.М. Рахимов // Проблемы агроэкономики. – 2021. – № 4. – С. 104-112.
- 2 Izydorczyk, G. Chapter 7 – Granulation as the method of rational fertilizer application. In Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture [Текст] / G. Izydorczyk, K. Mikula, D. Skrzypczak, A. Witek-krowiak, K. Chojnacka // Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture. – Wroclaw: Academic Press, 2022. – С. 163-184.
- 3 Kunanbayev, K. Influence of Cultivation Technology on the Productivity of Spring Wheat and the Humus State of Southern Carbonate Soils of Northern Kazakhstan [Текст] / K. Kunanbayev, G. Churkina, V. Filonov, M. Utebayev, I. Rukavitsina // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – № 23(3). – С. 49-58.
- 4 Гендугов, В.М. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха [Текст] / В.М. Гендугов, Г.П. Глазунов. – Москва: ФИЗМАТЛИТ. – 2007. – 240 с.
- 5 Дерепаскин, А.И. Классификация рабочих органов для механической обработки почвы [Текст] / А.И. Дерепаскин, А.Н. Куваев // 3i: intellect, idea, innovation - интеллект, идея, инновация. – 2020. – №2. – 73-81
- 6 Stone, K. C., Corn Yield Response to nitrogen fertilizer and irrigation in the southeastern coastal plain [Текст] / K. C. Stone , C.R. Camp, E.J. Sadler, D.E. Evans, J.A. Millen // Applied Engineering in Agriculture. – 2010. – № 26(3). – С. 429-438.
- 7 Shillito, R. M. Yield response of potato to spatially patterned nitrogen application [Текст] / R.M. Shillito, D.J. Timlin, D. Fleisher, V.R. Reddy, B. Quebedeaux // Agriculture. Ecosystems and Environment. – 2009. – № 129. – С. 107-116.
- 8 Moulin, A. P. Yield response of potatoes to variable nitrogen management by landform element and in relation to petiole nitrogen [Текст] / A.P. Moulin, Y. Cohen, V. Alchanatis, N. Tremblay, K. Volkmar // Canadian Journal of Plant Science. – 2012. – № 92. – С. 771-781.
- 9 Norremar, M. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS based system for intra-row mechanical weed control in row crops [Текст] / M. Norremar, H.W. Griepentrog, J. Nielsen, H.T. Sogaard // Biosystems engineering. – 2008. – № 101. – С. 396-410.
- 10 Aduov, M.A. Development of pneumatic seeder for sowing grain crops [Текст] / M.A. Aduov, S.A. Nukusheva, E.Z. Kaspakov, K.G. Isenov, K. Volodya, T.K. Tulegenov // Mechanization in Agriculture. – 2019. – № 65(1). – С. 25-26.
- 11 Tanabayev, K. Flat spray nozzle for intra-soil application of liquid mineral fertilizers [Текст] / K. Tanabayev, S. Nukeshev, T. Engin, B. Saktaganov // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 26(2). – С. 65-71.
- 13 Nukeshev, S. Mathematical modelling and designing of a universal conical spreader for granular material [Текст] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, I. Mamyrbayeva, D. Karaivanov, A. Gubasheva, K. Tleumbetov, D. Kossatbekova, K. Tanbayev. // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 3. – С. 152-158.
- 14 Nukeshev, S. Theoretical substantiation of the design of a seeding device for differentiated intra soil application of mineral fertilizers [Текст] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, G. Lichman, D. Karaivanov, E. Zolotukhin, D. Syzdykov // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. – 2016. – № 64(1). – С. 115-122.
- 15 Sugirbay, A.M. Determination of pin-roller parameters and evaluation of the uniformity of granular fertilizer application metering devices in precision farming [Текст] / A.M. Sugirbay, J. Zhao, S.O. Nukeshev, J. Chen // Computers and Electronics in Agriculture. – 2020. – № 179.
- 16 Nukeshev, S. Mathematical modelling in 3D of opener with scatterer of the grain-fertilizer seeder [Текст] / S. Nukeshev, V. Slavov, N. Kakabayev, M. Amantayev // Mechanika. – 2018. – № 24(6). – С. 840-844.
- 17 Rustembayev, A. The theoretical rationale for traction effort experienced working part of the cultivator fertilizer [Текст] / A. Rustembayev, D. Eskhozhin, S. Nukeshev, Z. Zhaksylykova, K. Eskhozhin // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2019. – № 1. – С. 424-433.

18 Sugirbay, A. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds [Текст] / A. Sugirbay, K. Zhao, G. Liu, G. Hu, J. Chen, Z. Mustafin, R. Iskakov, N. Kakabayev, M. Muratkhan, V. Khan, Y. Chen // Agriculture. – 2023. – № 13(5).

19 ГОСТ 28714-2007. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 2009-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 40 с.

20 ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Текст]. – Введ. 2013-01-01 – Москва: Стандартинформ, 2019. – 19 с.

21 Пат. 35308 Республика Казахстан, МПК А01С 15/04. Устройство для подпочвенного внесения гранулированных минеральных удобрений [Текст] / Дерепаскин А.И., Токарев И.В., Куваев А.Н., Мазитов Р.М.; заявитель и патентообладатель ТОО «НПЦ агроинженерии». – № 2020/0429.1; заявл. 23.06.2020; опублик. 08.10.2021, Бюл. № 40. – 4 с.

22 Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

23 Новицкий, П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений [Текст] / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Ленинград: Энергоатомиздат. – 1991. – 304 с.

REFERENCES

1 Tleubaev, A.B. Primenenie mineral'nyh udobrenij v osnovnyh zernoseyushchih regionah Kazakhstana [Text] / A.B. Tleubaev, B.E. Rustembaev, A.M. Rahimov // Problemy agrorynka. – 2021. – № 4. – pp. 104-112.

2 Izydorczyk, G. Chapter 7 – Granulation as the method of rational fertilizer application. In Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture [Текст] / G. Izydorczyk, K. Mikula, D. Skrzypczak, A. Witek-krowiak, K. Chojnacka // Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture. – Wroclaw: Academic Press, 2022. – pp. 163-184.

3 Kunanbayev, K. Influence of Cultivation Technology on the Productivity of Spring Wheat and the Humus State of Southern Carbonate Soils of Northern Kazakhstan [Текст] / K. Kunanbayev, G. Churkina, V. Filonov, M. Utebayev, I. Rukavitsina // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – № 23(3). – pp. 49-58.

4 Gendugov, V.M. Vetrovaya eroziya pochvy i zapylenie vozduha [Текст] / V.M. Gendugov, G.P. Glazunov. – Moskva: FIZMATLIT. – 2007. – 240 p.

5 Derpaskin, A.I. Klassifikaciya rabochih organov dlya mekhanicheskoy obrabotki pochvy [Text] / A.I. Derpaskin, A.N. Kuvaev // 3i: intellect, idea, innovation - intellekt, ideya, innovaciya. – 2020. – №2. – 73-81

6 Stone, K. C., Corn Yield Response to nitrogen fertilizer and irrigation in the southeastern coastal plain [Text] / K. C. Stone , C.R. Camp, E.J. Sadler, D.E. Evans, J.A. Millen // Applied Engineering in Agriculture. – 2010. – № 26(3). – pp. 429-438.

7 Shillito, R. M. Yield response of potato to spatially patterned nitrogen application [Text] / R.M. Shillito, D.J. Timlin, D. Fleisher, V.R. Reddy, B. Quebedeaux // Agriculture. Ecosystems and Environment. – 2009. – № 129. – pp. 107-116.

8 Moulin, A. P. Yield response of potatoes to variable nitrogen management by landform element and in relation to petiole nitrogen [Text] / A.P. Moulin, Y. Cohen, V. Alchanatis, N. Tremblay, K. Volkmar // Canadian Journal of Plant Science. – 2012. – № 92. – pp. 771-781.

9 Norremar, M. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS based system for intra-row mechanical weed control in row crops [Text] / M. Norremar, H.W. Griepentrog, J. Nielsen, H.T. Sogaard // Biosystems engineering. – 2008. – № 101. – pp. 396-410.

10 Aduov, M.A. Development of pneumatic seeder for sowing grain crops [Text] / M.A. Aduov, S.A. Nukusheva, E.Z. Kaspakov, K.G. Isenov, K. Volodya, T.K. Tulegenov // Mechanization in Agriculture. – 2019. – № 65(1). – pp. 25-26.

11 Tanabayev, K. Flat spray nozzle for intra-soil application of liquid mineral fertilizers [Text] / K. Tanabayev, S. Nukeshev, T. Engin, B. Saktaganov // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 26(2). – C. 65-71.

13 Nukeshev, S. Mathematical modelling and designing of a universal conical spreader for granular material [Text] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, I. Mamyrbayeva, D. Karaivanov,

A. Gubasheva, K. Tleumbetov, D. Kossatbekova, K. Tanbayev. // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 3. – pp. 152-158.

14 Nukeshev, S. Theoretical substantiation of the design of a seeding device for differentiated intra soil application of mineral fertilizers [Text] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, G. Lichman, D. Karaivanov, E. Zolotukhin, D. Syzdykov // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. – 2016. – № 64(1). – pp. 115-122.

15 Sugirbay, A.M. Determination of pin-roller parameters and evaluation of the uniformity of granular fertilizer application metering devices in precision farming [Text] / A.M. Sugirbay, J. Zhao, S.O. Nukeshev, J. Chen // Computers and Electronics in Agriculture. – 2020. – № 179.

16 Nukeshev, S. Mathematical modelling in 3D of opener with scatterer of the grain-fertilizer seeder [Text] / S. Nukeshev, V. Slavov, N. Kakabayev, M. Amantayev // Mechanika. – 2018. – № 24(6). – pp. 840-844.

17 Rustembayev, A. The theoretical rationale for traction effort experienced working part of the cultivator fertilizer [Text] / A. Rustembayev, D. Eskhozhin, S. Nukeshev, Z. Zhaksylykova, K. Eskhozhin // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2019. – № 1. – pp. 424-433.

18 Sugirbay, A. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds [Text] / A. Sugirbay, K. Zhao, G. Liu, G. Hu, J. Chen, Z. Mustafin, R. Iskakov, N. kakabayev, M. Muratkhan, V. Khan, Y. Chen // Agriculture. – 2023. – № 13(5).

19 GOST 28714-2007. Mashiny dlya vneseniya tverdyh mineral'nyh udobrenij. Metody ispytaniy [Text]. – Vved. 2009-01-01. – Moskva: Standartinform, 2020. – 40 p.

20 GOST R 8.736-2011. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij. Izmereniya pryamyie mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmerenij. Osnovnye polozeniya [Text]. – Vved. 2013-01-01 – Moskva: Standartinform, 2019. – 19 p.

21 Pat. 35308 Respublika Kazakhstan, MPK A01S 15/04. Ustrojstvo dlya podpochvennogo vneseniya granulirovannyh mineral'nyh udobrenij [Text] / Derepaskin A.I., Tokarev I.V., Kuvaev A.N., Mazitov R.M.; zayavitel' i patentoobladatel' TOO «NPC agroinzhenerii». – № 2020/0429.1; zayavl. 23.06.2020; opubl. 08.10.2021, Byul. № 40. – 4 p.

22 Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta [Text] / B.A. Dospekhov. – Moskva: Agropromizdat. – 1985. – 351 p.

23 Novickij, P.V., Zograf I.A. Ocenka pogreshnostej rezul'tatov izmerenij [Text] / P.V. Novickij, I.A. Zograf. – Leningrad: Energoatomizdat. – 1991. – 304 p.

ТҮЙІН

Түйіршікті минералды тыңайтқыштарды топыраққа үздіксіз енгізген кезде олардың біркелкі таралуын арттырудың мүмкін әдістерінің бірі-топырақ өңдеу жұмыс органдарының іргелес өткелдерінің қабаттасуын арттыру.

Зерттеудің мақсаты-минералды тыңайтқыштарды топыраққа енгізу кезінде жалпақ кесетін жұмыс органдарының іргелес өткелдерінің қабаттасуының оңтайлы мәнін анықтау.

Зерттеудің міндеттері-жалпақ кесетін жұмыс органының табан асты кеңістігінде тыңайтқыштардың таралуының сандық және сапалық сипатын әр түрлі дозаларда анықтау; іргелес өткелдердің қабаттасу мөлшері мен тыңайтқыштардың біркелкі таралуын арасындағы заңдылықты анықтау. Зерттеу әдістері-физикалық және математикалық модельдеу, абстракция, талдау және синтез сияқты ғылыми таным әдістері қолданылды. Сонымен қатар, эксперименттік зерттеулер қолданыстағы нормативтік құжаттаманың ережелеріне негізделген. Нәтижелер. Іргелес өткелдердің қабаттасу мөлшері мен жалпақ кесетін жұмыс органының табан асты кеңістігінің ені бойынша тыңайтқыштардың біркелкі таралу арасындағы заңдылық анықталды. Зерттелетін жұмыс органы үшін тыңайтқыштардың біркелкі таралуын ең төменгі мәніне (9,96 %) іргелес өткелдер жабылғанда 0,06 м қол жеткізілетіні анықталды. Қарастырылып отырған жалпақ кесетін жұмыс органы үшін қабаттасудың бұл мөлшері оңтайлы деп танылады. Қорытындылар. Түйіршікті минералды тыңайтқыштарды топыраққа үздіксіз енгізу кезінде жалпақ кесетін жұмыс органдарының оңтайлы қабаттасуының мөлшерін анықтауға мүмкіндік беретін әдіс жасалды.

Зерттеу нәтижелерін түйіршікті минералды тыңайтқыштарды топыраққа енгізу үшін техникалық құралдарды жобалау кезінде пайдалануға болады.

ӘОЖ 631.334
 FTAXP 68.85.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-204-213

Рустембаев А. Б., философия докторы (PhD), негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-1250-8034>

«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, rustem.arman88@gmail.com

Амантаев М.А., философия докторы (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>

«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ-сы, А.Байтұрсынова к-сі, 47, 110000, Қазақстан, amantaevmaxat.kz@mail.ru

Какабаев Н. А., философия докторы (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-3892-9590>

«Ш. Уәлиханов атындағы Кокшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау қ-сы, Абай к-сі, 76, 020000, Қазақстан, nkakabayev@shokan.edu.kz

Золотухин Е.А., философия докторы (PhD), <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>

«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ-сы, А.Байтұрсынова к-сі, 47, 110000, Қазақстан, zolutukhine17@mail.ru

Сайдалин Е.Н., техника ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0009-0002-2364-1372>

«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, erlan_saidalin@mail.ru

Rustembayev A. B., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-1250-8034>

NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, rustem.arman88@gmail.com

Amantayev M.A., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>

NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, amantaevmaxat.kz@mail.ru

Kakabayev N.A., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-3892-9590>

NPLC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov», Kokshetau, str. Abay 76, 020000, Kazakhstan, nkakabayev@shokan.edu.kz

Zolutukhin Ye.A., PhD, <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>

NJSC "Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, zolutukhine17@mail.ru

Saidalin E.N., Master of Technical Science, <https://orcid.org/0009-0002-2364-1372>

NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, erlan_saidalin@mail.ru

**МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ САРАЛАНҒАН ДЕҢГЕЙДЕ ЕНГІЗУГЕ
 АРНАЛҒАН ЖАЛПАҚ ТІЛГІШ ТЕРЕҢ ҚОПСЫТҚЫШ-ТЫҢАЙТҚЫШ
 ЖҰМЫСЫНЫҢ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕРІНІҢ НӘТИЖЕЛЕРІ
 RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WORK OF A FLAT CUTTER-
 DEEP SUBSOILER-FERTILIZER FOR DIFFERENTIATED TIER APPLICATION OF
 MINERAL FERTILIZERS**

Аннотация

Топырақты қопсыту және минералды тыңайтқыштарды сараланған деңгейде енгізу процесін орындау үшін жалпақ тілгіш терең қопсытқыш-тыңайтқыштың физикалық моделі әзірленді және жасалды. Эксперименттік жұмыс органының тарту күшін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер топырақ каналында зертханалық жағдайда жүргізілді. Алынған мәліметтер талданып, математикалық статистика әдісімен өңделді, тартылыс күшінің өзгеруі графигі жасалды және эксперименттік үлгінің көрсеткіштері сериялықтың көрсеткіштерімен салыстырылды. Тәжірибелер басталғанға дейін топырақ каналында топырақ тереңдіктегі ылғалдылық бойынша дайындалды. Топырақтың ылғалдылығын анықтау үшін американдық құрылғы T-350 Aquaterr қолданылды. Топырақтың тығыздығын анықтау үшін Wile маркалы финдік тығыздық өлшегіш (ASAE S313.3 стандарты) қолданылды. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша әзірленген және сериялық жұмыс органдарының тартылыс

күштері алынды. Осылайша, топыраққа минералды тыңайтқыштарды сараланған деңгейде енгізу үшін эксперименттік жалпақ тілгіш-терең қопсытқыш-тыңайтқыштың қозғалыс процесін зерттей отырып, тарту күшінің оның қозғалу жылдамдығына аналитикалық тәуелділігі алынды. Теңдеуді талдау зерттелетін топырақ өңдеу жұмыс органының тарту күшінің қозғалыс жылдамдығына квадраттық тәуелділігін көрсетеді. Сонымен қатар, салыстырмалы талдау теориялық зерттеулер мен эксперименттік мәліметтердің нәтижелері жақын екенін көрсетті. Бұл зерттеу бағытының дұрыстығын көрсетеді.

ANNOTATION

To perform the process of soil loosening and differentiated tiered application of mineral fertilizers, a physical model of a flat cutter deep subsoiler-fertilizer has been developed and manufactured. Experimental studies to determine the traction force of the experimental working tools were conducted in laboratory conditions in a soil bin. Subsequently, the obtained data were analyzed, processed using the method of mathematical statistics, a graph of the change in traction force was drawn up, and the readings of the experimental sample were compared with the serial one. Before the experiments, the soil was prepared for moisture in depth in the soil bin. An American-made T-350 Aquaterr device was used to determine soil moisture. A Finnish Wile densitometer (ASTE S313.3 standard) was used to determine soil density. Based on the results of experimental studies, traction forces of the developed and serial working tools were obtained. Thus, having studied the process of movement of the experimental flat cutter deep subsoiler-fertilizer for differentiated tiered application of mineral fertilizers in the soil, an analytical dependence of the traction force on the speed of its movement was obtained. The analysis of the equation shows a quadratic dependence of the traction force of the studied soil-cultivating tillage tool on the speed of movement. At the same time, a comparative analysis showed that the results of theoretical studies and experimental data are close. This indicates the correctness of the direction of research.

Түйін сөздер: *топырақ өңдеу, қабатқа енгізу технологиясы, тыңайтқыштар, тарту күші, топырақ арнасы*

Key words: *soil cultivation, layered application technology, fertilizers, traction force, soil bin*

Кіріспе. Ауыл шаруашылығында өнімділікті арттыру үшін минералды және органикалық тыңайтқыштарды қолдануға көп көңіл бөлінеді [1]. Ғылыми және практикалық зерттеулер Тыңайтқыштарды дұрыс қолдану дақылдардың өнімділігін едәуір арттыра алатындығын растайды [2,3]. Минералды тыңайтқыштар ерекше маңызды рөл атқарады, оларды тиімді пайдалану жоғары өнімділікке қол жеткізудің негізгі факторы болып табылады [3,4].

Дегенмен, қазіргі тыңайтқыш жүйесінің бірқатар кемшіліктері бар. Ол көбінесе агрохимияның негізгі мақсатына сәйкес келмейді – өсімдіктерді қоректендіру, бұл арамызбен топырақты өңдеудің өнімсіз шығындарына әкелуі мүмкін. Азот пен фосфорды пайдаланудың төмен тиімділігі (тиісінше 0,60-0,65 және 0,15-0,20) тыңайтқыш технологиялары мен жабдықтарының жетілмегендігімен байланысты [3].

Топырақты егуге дайындаудың дәстүрлі әдістері еңбек өнімділігін төмендетеді, дайындық шығындары мен уақытын арттырады, топырақтың тығыздалуына және кебуіне ықпал етеді [5]. Зерттеулер көрсеткендей, топырақты бір уақытта дайындауға және ұрықтандыруға мүмкіндік беретін технологияларды қолдану тиімдірек [6].

Өртүрлі зерттеулерді талдау сонымен қатар топырақ бетінде де, тереңдікте де оның құнарлылығының гетерогенділігін көрсетеді. Топырақтағы фосфор қосылыстары қозғалыссыз қалады және олардың вегетациялық кезеңде айтарлықтай қашықтыққа қоныс аударуы болмайды [7].

Ф.И. Решетников жүргізген жұмыстар жас өсімдіктер үшін фосфордың оңтайлы қолжетімділігіне тыңайтқыштар топырақ бетінен 10-15 см тереңдікке қолданылған кезде қол жеткізілетінін көрсетті. Тыңайтқыштарды жергілікті қолдану арқылы оңай қол жетімді қоректік қосылыстардың шоғырланған аймақтары қалыптасады, бұл оларды өсімдіктердің тиімді пайдалануына ықпал етеді [8].

Солтүстік Қазақстан жағдайында минералды тыңайтқыштарды саралап енгізу үшін жұмыс органдарының параметрлерді негіздеу және әзірлеу бойынша зерттеулерге көптеген ғалымдардың жұмыстары арналған [9-12].

Осылайша, тыңайтқыштарды қолданудың тиімділігін арттыру үшін өсімдіктердің тамыр жүйелерінің ерекшеліктерін және топырақтағы қоректік заттарды сіңіру процестерін ескеру қажет [13,14]. Минералды тыңайтқыштарды сараланған деңгейде енгізу технологияларын әзірлеу жабдық шығындарын оңтайландыруға және ауыл шаруашылығындағы технологиялық процестерді жеңілдетуге мүмкіндік береді [15-17].

Материалдар және зерттеу әдісі. Топырақты қопсыту және минералды тыңайтқыштарды сараланған деңгейде енгізу процесін орындау үшін жалпақ тілгіш терең қопсытқыш-тыңайтқыштың физикалық моделі әзірленді және жасалды, сурет 1, оның техникалық шешімінің жаңалығы ҚР №33399, 33602 бюл. №4, 19 патенттерімен және № 107136 авторлық куәлікпен расталды [18, 19]. Жұмыс орган жоғарғы және төменгі жебе табандары бар тұзу тіректен тұрады. Технологиялық процесті орындау кезінде төменгі жебе табан мен тіректің төменгі бөлігі жоғары жүктемелерге ұшырайды. Жоғарғы жебе табанның жүктемесі әлдеқайда төмен, өйткені оның жойылу сызығы шамамен жартысына тең және бетіне тез жетеді, сурет 2.

Тірек жасау ГОСТ 5058-65 бойынша 0.9Г2С материалын қолдану арқылы шешілді. Қорытпаның құрамына кіретін легирлеуші қоспаларға арналған әріптік белгілер:

- "Г" - марганец;
- "С" - кремний;



а

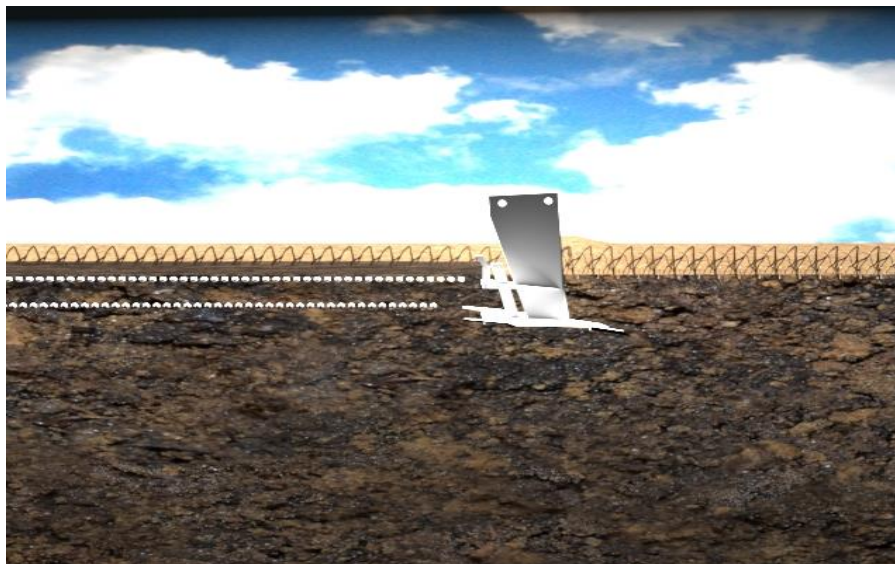


б

Сурет 1 – Эксперименттік жұмыс органы
а – жобаланған 3D моделі; б – жасалған модель

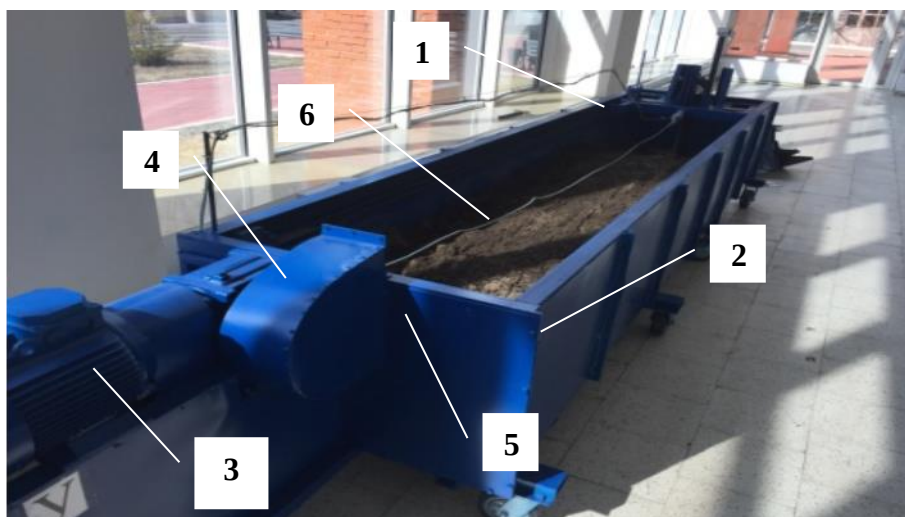
Бірінші сан көміртегі пайызын білдіреді. Легирлеуші қоспаларға сәйкес келетін әріптерден кейінгі сандар – олардың болаттың осы маркасындағы пайызы. Жоғарыда айтылғандардың барлығына сүйене отырып, ГОСТ бойынша 09Г2С болатты 0,09% көміртегі, 2% марганец және кремний бар қорытпа ретінде шешуге болады, оның мөлшері 1%-дан аспайды. Бұл болаттың негізгі міндеті – оны дәнекерленген құрылымдар үшін пайдалану. Дәнекерлеу 100-120°C дейін қыздырылған кезде де, кейіннен термиялық өңдеумен де, жылытусыз да, өңдеусіз де мүмкін. Болаттың жақсы дәнекерленуі төмен (0,25%-дан аз) көміртектің арқасында қамтамасыз етіледі. Егер көміртек көп болса, онда дәнекерленген жікте көміртегі жанған кезде микропоралар пайда болуы мүмкін және қатаю құрылымдары пайда болуы мүмкін, бұл жіктің сапасын нашарлатады. Бұл марканың тағы бір артықшылығы – 09Г2С болат жұмсарғанда сынғыштыққа бейім еместігі, яғни жұмсарту процедурасынан кейін оның тұтқырлығы төмендемейді. Ол сондай-ақ қызып кетуге және жарықтардың түзілуіне төзімді.

09Г2С болаттың кең таралуы мен танымалдығы оның жоғары механикалық қасиеттері құрылыс құрылымдарын өндіруде үнемдеуге мүмкіндік беретіндігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, мұндай құрылымдардың салмағы аз. Бұл марканың қолдану салалары өте алуан түрлі болды. Одан -70°C -тан $+450^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температурада жұмыс істей алатын дәнекерленген металл құрылыстарының элементтері мен бөлшектері жасалады. Ал пышақтар мен қашау – 65Г болат маркасынан жасауға шешім қабылдады, оның құрамында орта есеппен 0,65% көміртегі бар, Г – болаттағы марганец мөлшерін шамамен 1% көрсетеді. Құрылымдық серіппелі болат 65Г, ГОСТ 14959-79 бойынша шығарылады және жоғары серпімділігі мен тозуға төзімділігімен ерекшеленеді. Бұл болат серіппелер, мойынтіректер мен серіппелер корпустары мен пышақтар үшін қолданылатыны бекер емес [20].



Сурет 2 – 3D форматындағы жұмыс органының технологиялық процесі

Эксперименттік жұмыс органының тарту күшін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер "С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті"АҚ, техникалық факультеттің "Аграрлық техника және технология" кафедрасының топырақ арнасында зертханалық жағдайда жүргізілді (сурет 3).



Сурет 3 – Эксперименттік топырақ арнасы

1 – қаңқалар; 2 – қалыңдығы 3 мм металл қорап; 3 – қуаты 2.2 Квт үш фазалы электр қозғалтқышы; 4 – редуктор; 5 – лебедка; 6 – трос

Міндеті – "Топырақ арнасы" зертханалық стенді топырақты өңдеудің сапалық көрсеткіштерін зерделеу және тарту және жылдамдық сынақтарын жүргізу бойынша тәжірибелік және зертханалық жұмыстарды жүргізуге арналған.

Топырақ арнасында ГОСТ Р 8.663-2009 бойынша 2-класс +0,45% үшін шекті рұқсат етілген салыстырмалы сәйкестік қатесі бар.

Топырақ арнасының жұмыс ұзындығы 10 м, жалпақ тілгіш терең қопсытқыш-тыңайтқыш бұл жолды 30 с өтеді, сонымен бірге жұмыс органының ілгерілемелі жылдамдығы 0,3 м/с. Жұмыс органының жүру тереңдігі 0,2 м, деңгейлер арасындағы қашықтық 0,1 м.

Тарту кедергісін анықтау үшін топырақ арнасындағы эксперименттік жұмыс органының жұмыс принципі (сурет 4):

- эксперименттік жұмыс органымен қаңқаның қозғалысы электр қозғалтқышынан жүзеге асырылады;

- жиілік түрлендіргіші мен редуктор арқылы лебедка торспен тартылады;

- бұл бүкіл қаңқаның топырақ арнасы арқылы жұмыс істеуіне әкеледі.

Динамометр деректері компьютерде график түрінде көрсетіледі.

Алынған мәліметтер талданып, математикалық статистика әдісімен өңделді, тартылыс күшінің өзгеруі графигі жасалды және эксперименттік үлгінің көрсеткіштері сериялықтың көрсеткіштерімен салыстырылды.

Жұмыс органдарының жүріс тереңдігін реттеу механизмінде тірек түріндегі домкрат және жұмыс органының саңылауына кіретін саусақ бар.



Сурет 4 – Топырақ арнасындағы эксперименттік жұмыс органы

Динамографта тензометриялық күш сенсоры және дисплейі бар сандық контроллер бар (сурет 5). Контроллер мен сенсор UTP-5 кабелі арқылы өзара байланысқан. Контроллер USB интерфейсі арқылы жүйелік блокқа қосылған. Компьютердің жұмыс үстелінде VIEW R320 тіркесімі орналасқан, ол арқылы бағдарламалық жасақтама іске қосылады.

Сандық жылдамдық сенсоры – бұл магнит- неодим дисктеімен бекітілген диск болып табылады. Оларға жақын жерде геркон бекітілген. Геркон қосқышы сандық контроллермен UTP-5 типті кабель арқылы қосылған. Жылдамдық контроллерінде сандық дисплей бар, ол қаңқаның қорап бойынша қозғалу жылдамдығының жарамды мәнін көрсетеді.

Эксперименттер басталғанға дейін топырақ арнасында топырақ тереңдіктегі ылғалдылық бойынша дайындалды. Содан кейін топырақтың ылғалдылығы топырақ арнасының бүкіл ұзындығы бойынша оңтайлы мәнге ие болды (19...23%), 15-тен 27 см-ге дейінгі тереңдікте. Топырақтың ылғалдылығын анықтау үшін американдық T-350 aquaterr құрылғысы қолданылды.



Сурет 5 – DEP3-1D-10R-2 электронды динамометрі және R320 контроллері

Өлшеу құралы оның температурасын ескере отырып, материалдың диэлектрлік өткізгіштігінің тәуелділігін өзгерту жұмысына негізделген. Ылғалдылық сенсоры электродтың соңында орналасқан, оның ұзындығы 10 см, соның арқасында жеке топырақ горизонттарындағы ылғалдылықты өлшеуге және топырақтың өткізгіштігін анықтауға болады.

Топырақтың тығыздығын анықтау үшін Wile маркалы финдік тығыздық өлшегіш қолданылды (ASAE S313. 3 стандарты).

Құрылғы тұтқаларға біркелкі қысым жасау арқылы топыраққа тігінен батырылады, кедергі мәнін өлшеу нәтижесі аналогтық циферблатты түсті шкаласынан оқылады. Щуп топыраққа ену тереңдігін анықтауға арналған ойықтары бар тот баспайтын болаттан жасалған (7,6 см; 15,2 см; 22,9 см; 30,5 см; 38,1 см; 45,7 см). Өлшеу диапазоны 0-ден 500 psi-ге дейін, сәйкесінше 0-3500 кПа немесе кН/м². Тығыздық мәні: Жасыл сегмент (0-14 кг/см²): қолайлы өсу жағдайлары. Сары сегмент (14-21 кг/см²): қолайлы өсу жағдайлары. Қызыл сегмент (21 кг/см² және одан жоғары): өсу үшін қолайсыз жағдайлар.

Нәтижелер және оларды талқылау. Топырақ арнасында жүргізілген эксперимент келесі мәндерді көрсетті:

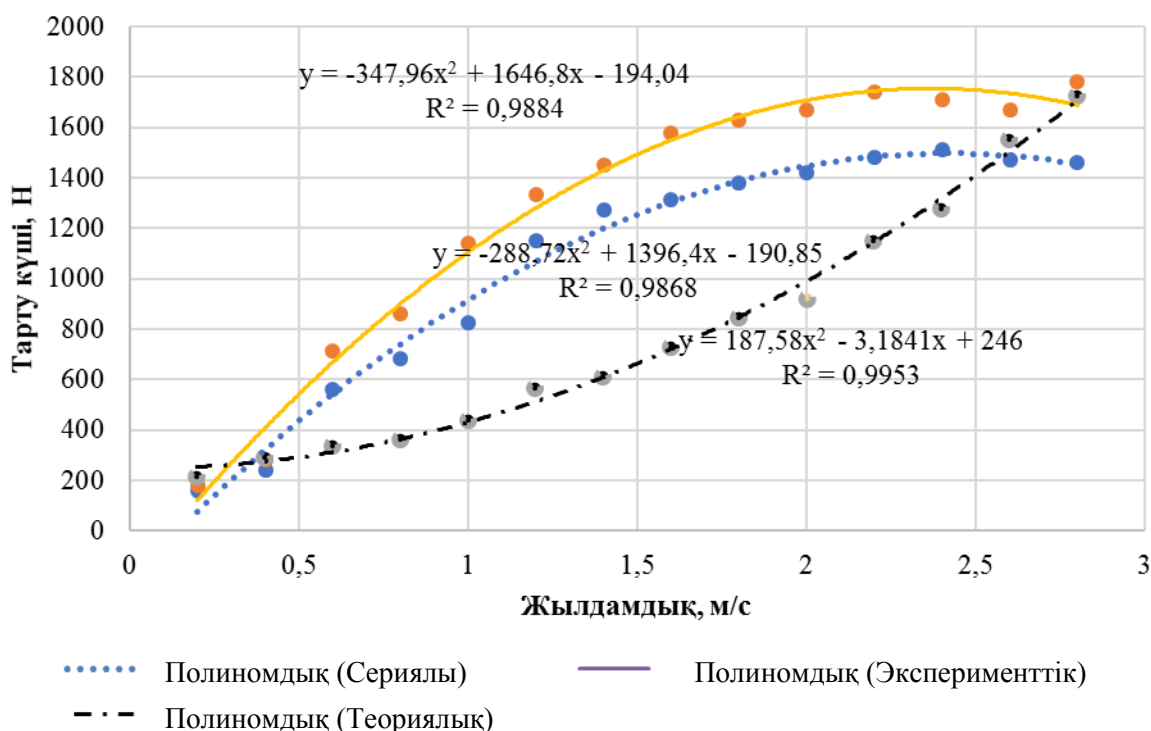
Эксперименттік жұмыс органы максималды тарту күшін 1,78 кН, 0,33 м/с ілгерілемелі жылдамдықта және 20 см тереңдікте көрсетті.

Сериялық жұмыс органдарымен жүргізілген эксперименттердің нәтижелері 0,2 м өңдеу тереңдігінде және 0,33 м/с жылдамдықта динамометриялау кезінде 1,51 кН көрсетті. Экспериментте максималды тарту күштері 28-ден 33 секундқа дейінгі уақыт аралығында қол жеткізілді..

Кесте 1 – екі жұмыс органының нәтижелерін талдауларын салыстыру

Сериялы жұмысшы орган			Эксперименттік жұмысшы орган		
Уақыт, t с	Тарту күші, кН	Уақыт, t с	Тарту күші, кН	Уақыт, t с	Тарту күші, кН
28	1,38	0,33	28	1,63	0,33
29	1,42	0,33	29	1,67	0,33
30	1,48	0,33	30	1,74	0,33
31	1,51	0,33	31	1,71	0,33
32	1,47	0,33	32	1,67	0,33
33	1,46	0,33	33	1,78	0,33

Екі жұмыс органын салыстыру нәтижелерін талдай отырып, 6-суретте график жасалды.



Сурет 6 – Тарту кедергісінің қозғалыс жылдамдығына тәуелділігі

Осылайша, топыраққа минералды тыңайтқыштарды сараланған деңгейде енгізу үшін эксперименттік жалпақ тілгіш терең қопсытқыш-тыңайтқыштың қозғалыс процесін зерттей отырып, тарту күшінің оның қозғалу жылдамдығына аналитикалық тәуелділігі алынғанын атап өтуге болады. Теңдеуді талдау зерттелетін топырақ өңдеу жұмыс органының тарту күшінің қозғалыс жылдамдығына квадраттық тәуелділігін көрсетеді. Әзірленген жұмыс органының тарту кедергісі сериялық жұмыс органынан 15-20% жоғары. Бұл ретте өңдеу тереңдігінің 0,15 м-ден 0,27 м-ге дейін және лемехті өңдеу енінің 0,10-дан 0,30 м-ге дейін ұлғаюы тарту күшін 1,85-2,07 есе арттыратыны, ал жылдамдықтың 1,1-ден 2,2 м/с-қа дейін ұлғаюы тарту күшін 1,91-2,26 есе арттыратыны анықталды.

Салыстырмалы талдау теориялық зерттеулер мен эксперименттік деректердің нәтижелері жақын екенін көрсетеді. Бұл зерттеу бағытының дұрыстығын көрсетеді.

Қорытынды. Топырақты қопсыту және минералды тыңайтқыштарды сараланған деңгейде енгізу процесін орындау үшін жалпақ тілгіш терең қопсытқыш-тыңайтқыштың физикалық моделі жасалды және жасалды.

Топырақ арнасының зертханалық жағдайында эксперименттік жұмыс органының тарту күшін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Зерттеу үшін таңдалды сериялық және әзірленген жұмыс органдары.

Тарту күшінің оның қозғалыс жылдамдығына аналитикалық тәуелділігі алынды. Теңдеуді талдау топырақ өңдеу жұмыс органдарының тарту күшінің қозғалыс жылдамдығына квадраттық тәуелділігін көрсетеді.

Салыстырмалы талдау теориялық зерттеулер мен эксперименттік деректердің нәтижелері жақын екенін көрсетеді. Бұл зерттеу бағытының дұрыстығын көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Тлеубаев, А.Б. Применение минеральных удобрений в основных зерносеющих регионах Казахстана [Текст] / А.Б. Тлеубаев, Б.Е. Рустембаев, А.М. Рахимов // Проблемы агроэкономика. – 2021. – № 4. – С. 104-112.

2 Izydorczyk, G. Chapter 7 – Granulation as the method of rational fertilizer application. In Smart Ag-rochemicals for Sustainable Agriculture [Текст] / G. Izydorczyk, K. Mikula,

D. Skrzypczak, A. Witek-krowiak, K. Chojnacka // Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture. – Wrocław: Aca-demic Press, 2022. – С. 163-184.

3 Mirzaev, B. A justification of broach-plow's parameters of the ridge-stepped ploughing [Текст] / B. Mirzaev, F. Mamatov, O. Tursunov // E3S Web Conf. 97 05035. – 2019.

4 Lichman, G.I. Assessment of the impact of the quality of fertilization on the yield of agricultural crops [Текст] / G.I. Lichman, A.A. Lichman // Agricultural machines and technologies. – N5, 2017. – С. 16-21.

5 Kunanbayev, K. Influence of Cultivation Technology on the Productivity of Spring Wheat and the Humus State of Southern Carbonate Soils of Northern Kazakhstan [Текст] / K. Kunanba-yevev, G. Churkina, V. Filonov, M. Utebayev, I. Rukavitsina // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – № 23(3). – С. 49-58.

6 Lichman, G.I. Development of an algorithm for assessing the accuracy of GLONASS / GPS positioning systems for differential fertilization [Текст] / G.I. Lichman, V.A. Kolesnikova, N.M. Marchenko, A.M. Marchenko // Agricultural machines and technologies. – N2, 2017. – С. 4-8.

7 Nukeshev, S. Mathematical modelling and designing of a universal conical spreader for granular material [Текст] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, I. Mamyrbayeva, D. Karaivanov, A. Gubasheva, K. Tleumbetov, D. Kossatbekova, K. Tanbayev. // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 3. – С. 152-158.

8 Все о технологии хлебопродуктов. Формирование корневой системы яровой пшеницы [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. – <https://hleb-produkt.ru/yarovaya-pshenica/917-formirovanie-kornevoy-sistemy-yarovoy-pshenicy.html> 12.07.2015

9 Дерепаскин, А.И. Классификация рабочих органов для механической обработки почвы [Текст] / А.И. Дерепаскин, А.Н. Куваев // 3i: intellect, idea, innovation - интеллект, идея, инновация. – 2020. – №2. – С. 73-81

10 Nukeshev, S. Theoretical substantiation of the design of a seeding device for differentiated intra soil application of mineral fertilizers [Текст] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, G. Lichman, D. Karaivanov, E. Zolotukhin, D. Syzdykov // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeli-anae Brunensis. – 2016. – № 64(1). – С. 115-122.

11 Sugirbay, A.M. Determination of pin-roller parameters and evaluation of the uniformity of granular fertilizer application metering devices in precision farming [Текст] / A.M. Sugirbay, J. Zhao, S.O. Nukeshev, J. Chen // Computers and Electronics in Agriculture. – 2020. – № 179.

12 Nukeshev, S. Mathematical modelling in 3D of opener with scatterer of the grain-fertilizer seeder [Текст] / S. Nukeshev, V. Slavov, N. Kakabayev, M. Amantayev // Mechanika. – 2018. – № 24(6). – С. 840-844.

13 Stone, K. C., Corn Yield Response to nitrogen fertilizer and irrigation in the southeastern coastal plain [Текст] / K. C. Stone, C.R. Camp, E.J. Sadler, D.E. Evans, J.A. Millen // Applied Engineering in Agriculture. – 2010. – № 26(3). – С. 429-438.

14 Moulin, A. P. Yield response of potatoes to variable nitrogen management by landform element and in relation to petiole nitrogen [Текст] / A.P. Moulin, Y. Cohen, V. Alchanatis, N. Tremblay, K. Volkmar // Canadian Journal of Plant Science. – 2012. – № 92. – С. 771-781.

15 Tanabayev, K. Flat spray nozzle for intra-soil application of liquid mineral fertilizers [Текст] / K. Tanabayev, S. Nukeshev, T. Engin, B. Saktaganov // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 26(2). – С. 65-71.

16 Rustembayev, A. The theoretical rationale for traction effort experienced working part of the cultivator fertilizer [Текст] / A. Rustembayev, D. Eskhozhin, S. Nukeshev, Z. Zhaksylykova, K. Eskhozhin // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2019. – № 1. – С. 424-433.

17 Sugirbay, A. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds [Текст] / A. Sugirbay, K. Zhao, G. Liu, G. Hu, J. Chen, Z. Mustafin, R. Is-kakov, N. kakabayev, M. Muratkhan, V. Khan, Y. Chen // Agriculture. – 2023. – № 13(5).

18 Пат. 33399 РК. Плоскорез-глубокорыхлитель-удобритель [Текст] / С.О. Нукешев, Д.З. Есхожин, Н.Н. Романюк, В.А. Агейчик, Р.К. Кусаинов, К.Д. Есхожин, А.Б. Рустембаев; опубл. 25.01.19, Бюл. №4. – 4 с.

19 Пат. 33602 РК. Способ внесения минеральных удобрений и устройство для его осуществления [Текст] / С.О. Нукешев, В.Г. Черненко, Д.З. Есхожин, Н.Н. Романюк,

В.А. Агейчик, Р.К. Кусаинов, Е.С. Ахметов, К.Д. Есхожин, К.М. Тлеумбетов, А.Б. Рустембаев; опубл. 08.05.19, Бюл. №19. – 4 с.

20 Черметком. Характеристики стали 09г2с - свойства, гост, расшифровка [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. – https://chermet.com/about/articles/metalloprokat_metizy/harakteristiki-stali-09g2s/ 13.10.2018

REFERENCES

1 Tleubaev, A.B. Primenenie mineral'nyh udobrenij v osnovnyh zernosejushhih regionah Kazahstana [Tekst] / A.B. Tleubaev, B.E. Rustembaev, A.M. Rahimov // Problemy agrorynka. – 2021. – № 4. – S. 104-112.

2 Izidorchik G. Glava 7 – Granuljacija kak metod racional'nogo vnesenija udobrenij. V knige «Umnye agrohimikaty dlja ustojchivogo sel'skogo hozjajstva» [Tekst] / G. Izidorchik, K. Mikula, D. Skshipchak, A. Vitek-Krovjak, K. Hojnacka // «Umnye agrohimikaty dlja ustojchivogo sel'skogo hozjajstva». – Vroclav: Akademicheskaja pressa, 2022. – S. 163-184.

3 Mirzaev, B. Obosnovanie parametrov pluga-protjazhki grebnestupenchatoj vspashki [Tekst] / B. Mirzaev, F. Mamatov, O. Tursunov // E3S Web Conf. 97 05035. – 2019.

4 Lichman, G.I. Ocenka vlijanija kachestva vnesenija udobrenij na urozhajnost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Tekst] / G.I. Lichman, A.A. Lichman // Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii. – N5, 2017. – S. 16-21.

5 Kunanbaev, K. Vlijanie tehnologii vzdelyvanija na produktivnost' jarovoj pshenicy i gumusnoe sostojanie juzhnyh karbonatnyh pochv Severnogo Kazahstana [Tekst] / K. Kunanbaev, G. Churkina, V. Filonov, M. Utebaev, I. Rukavicina // Inzhenerno-jekologicheskij zhurnal. – 2022. – № 23(3). – S. 49-58.

6 Lichman, G.I. Razrabotka algoritma ocenki tochnosti sistem pozicionirovanija GLONASS/GPS dlja differencial'nogo vnesenija udobrenij [Tekst] / G.I. Lichman, V.A. Kolesnikova, N.M. Marchenko, A.M. Marchenko // Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii. – N2, 2017. – S. 4-8.

7 Nukeshev, S. Matematicheskoe modelirovanie i proektirovanie universal'nogo konicheskogo razbrasyvatelja sypuchih materialov [Tekst] / S. Nukeshev, D. Jeshozhin, I. Mamyrbaeva, D. Karaivanov, A. Gubasheva, K. Tleumbetov, D. Kosatbekova, K. Tanbaev. // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 3. – S. 152-158.

8 Vse o tehnologijah hleboproduktov. Formirovanie kornevoj sistemy jarovoj pshenicy [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. tekstovye, graf., zv. dan. i prikladnaja progr. – <https://hleboprodukt.ru/yarovaya-pshenica/917-formirovanie-kornevoy-sistemy-yarovoy-pshenicy.html> 12.07.2015

9 Derepaskin A.I. Klassifikacija mashin dlja mehanicheskoy obrabotki pochvy [Tekst] / A.I. Derepaskin, A.N. Kuvaev // 3i: intellekt, ideja, novatorstvo - intellekt, ideja, inno-vacija. – 2020. – №2. – S. 73-81

10 Nukeshev, S. Teoreticheskoe obosnovanie konstrukcii vysevajushhego apparata dlja differencirovannogo vnutripochvennogo vnesenija mineral'nyh udobrenij [Tekst] / S. Nukeshev, D. Eshozhin, G. Lichman, D. Karaivanov, Je. Zolotuhin, D. Syzdykov / / Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeli-anae Brunensis. – 2016. – № 64(1). – S. 115-122.

11 Sugirbaj, A.M. Opredelenie parametrov shtiftovyh katkov i ocenka ravnomernosti vnesenija granulirovannyh udobrenij dozatorami tochnoe zemledelie [Tekst] / A.M. Sugirbaj, Zh. Chzhao, S.O. Nukeshev, Zh. Chjen' // Komp'jutery i jelektronika v sel'skom hozjajstve. – 2020. – № 179.

12 Nukeshev, S. Matematicheskoe modelirovanie v 3D soshnika s razbrasyvatelem zernotukovoj sejalki [Tekst] / S. Nukeshev, V. Slavov, N. Kakabaev, M. Amantaev // Mehanika. – 2018. – № 24(6). – S. 840-844.

13 Stoun, K. K., Reakcija urozhajnosti kukuruzy na azotnye udobrenija i oroshenie na jugo-vostochnoj pribrezhnoj ravnine [Tekst] / K. K. Stoun, K. R. Kjemp, Je. Dzh. Sjedler, D. Je. Jevans, Dzh. A. Millen // Prikladnaja inzhenerija v sel'skom hozjajstve. – 2010. – № 26(3). – S. 429-438.

14 Mullen, A. P. Reakcija urozhaja kartofelja na peremennoe upravlenie azotom po jelementam rel'efa i v otnoshenii chereschkovogo azota [Tekst] / A. P. Mullen, I. Kojen, V. Al'hanatis, N. Trembljej, K. . Fol'kmar // Kanadskij zhurnal rastenievodstva. – 2012. – № 92. – S. 771-781.

15 Tanabaev, K. Ploskoraspylitel'naja nasadka dlja vnutripochvennogo vnesenija zhidkih mineral'nyh udobrenij [Tekst] / K. Tanabaev, S. Nukeshev, T. Jengin, B. Saktaganov // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 26(2). – S. 65-71.

16 Rustembaev, A. Teoreticheskoe obosnovanie tjavogovo usilija opytnogo rabochego organa kul'tivatora-udobritelja [Tekst] / A. Rustembaev, D. Eshozhin, S. Nukeshev, Z. Zhaksylykova, K. Eshozhin // Mezhdunarodnyj zhurnal mashinostroenija i tehnologij. – 2019. – № 1. – S. 424-433.

17 Sugirbay, A. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds [Tekst] / A. Sugirbay, K. Zhao, G. Liu, G. Hu, J. Chen, Z. Mustafin, R. Iskakov, N. kakabayev, M. Muratkhan, V. Khan, Y. Chen // Agriculture. – 2023. – № 13(5).

18 Pat. 33399 RK. Ploskorez-glubokoryhlitel'-udobritel' [Tekst] / S.O. Nukeshev, D.Z. Eshozhin, N.N. Romanjuk, V.A. Agejchik, R.K. Kusainov, K.D. Eshozhin, A.B. Rustembaev; opubl. 25.01.19, Bjul. №4. – 4 s.

19 Pat. 33602 RK. Spособ vnesenija mineral'nyh udobrenij i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [Tekst] / S.O. Nukeshev, V.G. Chernenok, D.Z. Eshozhin, N.N. Romanjuk, V.A. Agejchik, R.K. Kusainov, E.S. Ahmetov, K.D. Eshozhin, K.M. Tluembetov, A.B. Rustembaev; opubl. 08.05.19, Bjul. №19. – 4 s.

20 Chermetkom. Harakteristiki stali 09g2s - svojstva, gost, rasshifrovka [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. tekstovye, graf., zv. dan. i prikladnaja progr. – https://chermet.com/about/articles/metalloprokat_metizy/harakteristiki-stali-09g2s/ 13.10.2018

РЕЗЮМЕ

Для выполнения процесса рыхления почвы и дифференцированного ярусного внесения минеральных удобрений разработана и изготовлена физическая модель плоскореза-глубокорыхлитель-удобрителя. Экспериментальные исследования по определению тягового усилия экспериментального рабочего органа были проведены в лабораторных условиях в почвенном канале. В дальнейшем полученные данные были проанализированы, обработаны методом математической статистики, составлен график изменения тягового усилия и были сравнены показания экспериментального образца с серийным. До начала проведения экспериментов в почвенном канале подготавливали почву по влажности в глубине. Для определения влажности почвы использовали прибор американского производства T-350 Aquaterr. Для определения плотности почвы была использована финский плотномер марки Wile (стандарт ASAE S313.3). По результатам экспериментальных исследований получены тяговые усилия разработанного и серийного рабочих органов. Таким образом, изучив процесс движения экспериментального плоскореза-глубокорыхлитель-удобрителя для дифференцированного ярусного внесения минеральных удобрений в почву, получена аналитическая зависимость тягового усилия от скорости его движения. Анализ уравнения показывает квадратичную зависимость тягового усилия исследуемого почвообрабатывающего рабочего органа от скорости движения. При этом, сравнительный анализ показал, что результаты теоретических исследований и экспериментальных данных близки. Указанное свидетельствует о правильности направления исследований.

УДК 631.331
МРНТИ 68.85.3522

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-213-222

Амантаев М.А., доктор философии (PhD), **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>

НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, amantaevmaxat.kz@mail.ru

Золотухин Е.А., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>

НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, zolutukhine17@mail.ru

Кравченко Р.И., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0009-0007-7456-9901>

НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, ruslan.kravchenko_15@mail.ru

Рустембаев А. Б., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-1250-8034>

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», г. Астана, пр. Женис 62, 010011, Казахстан, rustem.arman88@gmail.com

Тастанов М.Г., кандидат физико-математических наук, <https://orcid.org/0000-0003-1926-8958>

НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, tastao@mail.ru

Семибаламут А.В., кандидат технических наук

Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова, г. Костанай, ул. Чернышевского 59, 110000, Казахстан, semibalamut75@mail.ru

Сатаев Р.Б., магистрант ОП 7М08701 – Аграрная техника и технология

НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, rakhat.satayev@ctagro.de

Amantayev M.A., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>

NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, amantaevmaxat.kz@mail.ru

Zolotukhin Ye.A., PhD, <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>

NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, zolotukhine17@mail.ru

Kravchenko R.I., PhD, <https://orcid.org/0009-0007-7456-9901>

NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, ruslan.kravchenko_15@mail.ru

Rustembayev A. B., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-1250-8034>

NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, rustem.arman88@gmail.com

Tastanov M.G., c.ph.-m.s., <https://orcid.org/0000-0003-1926-8958>

NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, tastao@mail.ru

Semibalamut A.V., c.t.s.

Kostanay Engineering and Economic University named after. M. Dulatov, Kostanay, st. Chernyshevsky 59, 110000, Kazakhstan, semibalamut75@mail.ru

Satayev R.B., master's student

NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, rakhat.satayev@ctagro.de

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТЕРНЕВОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS AND DEVELOPMENT OF TILLAGE TOOLS OF DRILL SEEDER FOR SOWING OF THE GRAIN CROPS**

Аннотация

Повышение урожайности зерновых культур во многом зависит от правильности выбора способа посева и качества высева семян в почву. В этой связи перспективным является подпочвенно-разбросной способ посева в рамках современных агротехнологий возделывания зерновых культур в Северном Казахстане. Данная статья посвящена исследованию, совершенствованию и разработке рабочих органов сеялки для подпочвенно-разбросного способа посева семян. Цель работы – повышение урожайности зерновых культур за счет разработки комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов сеялки для подпочвенно-разбросного способа посева. Проведен анализ способов посева семян в рамках современных агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур в Северном регионе республики.

Выполнен обзор стерневых сеялок и посевных рабочих органов, обширно используемых в РК. Для получения максимального эффекта от подпочвенно-разбросного способа посева предложена конструктивно-технологическая схема комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов. Рассмотрен технологический процесс посева предложенным комплектом усовершенствованных посевных рабочих органов. Применение указанного комплекта рабочих органов позволит создать благоприятные условия для роста и развития растений, обуславливает появление дружных всходов, и, следовательно, благоприятно отразится на формировании будущего урожая и эффективно повлияет на повышение урожайности.

ANNOTATION

Increasing the yield of grain crops largely depends on the correct choice of the sowing method and the quality of seeding into the soil. In this regard, the subsoil-broadcast sowing method is promising within the framework of modern agricultural technologies for cultivating grain crops in Northern Kazakhstan. This article is devoted to the study, improvement and development of seeder tillage tools for the subsoil-broadcast sowing method. The purpose of the work is to increase the yield of grain crops by developing a set of improved sowing tillage tools of the seeder for the subsoil-broadcast sowing method. The analysis of seed sowing methods within the framework of modern agricultural technologies for cultivating agricultural crops in Northern of the republic is carried out. A review of stubble seeders and their sowing tillage tools, widely used in the Republic of Kazakhstan, is made. To obtain the maximum effect from the subsoil-broadcast sowing method, a design and technological scheme for a set of improved sowing tillage tools is proposed. The technological process of sowing with the proposed set of improved sowing working bodies is considered. The use of the specified set of tillage tools will create favorable conditions for the growth and development of plants, causes the emergence of friendly shoots, and, therefore, will favorably affect the formation of the future harvest and effectively affect the increase in productivity.

Ключевые слова: *разбросной посев, сошник, прикатывающие катки, стерневая сеялка, надсеменной слой почвы*

Key words: *broadcast sowing, coulter, compaction rollers, stubble seeder, topsoil*

Введение. Основной отраслью земледелия РК является производство зерна. В настоящее время зерновые культуры составляют приблизительно 80% всех посевных площадей сельскохозяйственных угодий [1]. В связи с этим, обеспечение устойчивого производства зерна является ключевой приоритетной задачей страны, так как оно играет решающую роль в поддержании продовольственной безопасности государства и способствует развитию связанных с ним секторов АПК. Однако, урожайность по зерновым культурам в Казахстане находится на низком уровне [1].

Повышение урожайности зерновых культур во многом зависит от правильности выбора способа посева и качества высева семян в почву. В этой связи перспективным является подпочвенно-разбросной способ посева по традиционной почвозащитной и ресурсосберегающей технологиях с минимальной обработкой почвы в зоне Северного Казахстана.

При указанном способе посева основная задача заключается в следующем: 1) равномерное распределение семян по площади поля (питания); 2) обеспечение одинаковой для всех семян глубины заделки; 3) достаточное уплотнение и равномерное прикатывание верхнего надсеменного слоя почвы; 4) обеспечение влагой и питательными веществами за счет надежного контакта семян с почвой; 5) выравнивание поверхности поля с формированием мелкобурьястой ветроустойчивой поверхности поля.

Указанное позволяет создать благоприятные условия для роста и развития растений, обуславливает появление дружных всходов, и, следовательно, благоприятно отражается на формировании будущего урожая и эффективно влияет на повышение урожайности.

Исследованиями установлено, что при этом рост урожая достигает до 20% [2]. Указанное зависит от правильности выбора посевных рабочих органов.

Для получения максимального эффекта от подпочвенно-разбросного способа посева необходимо равномерно распределить семена и правильно уплотнить надсеменной слой почвы. Данный способ посева производится стерневыми сеялками со стрельчато-лаповыми сошниками с распределителями семян в подлаповом пространстве и прикатывающими (уплотняющими) катками.

Исследованию технологического процесса подпочвенно-разбросного посева и обоснованию параметров рабочих органов посвящены работы многих ученых [3-6].

Процессу прикатывания почвы и обоснованию параметров прикатывающих катков посвящены труды множества исследователей [7-9].

Качество посева при полном завершении технологического процесса подпочвенно-разбросного посева семян определяется совместной работой сошников и уплотняющих катков. Однако, указанное не в полной мере учитывается исследователями. Таким образом, изучение вопросов полного технологического цикла подпочвенно-разбросного способа посева зачастую остаются за пределами внимания исследователей.

В этой связи, разработка комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов сеялки для подпочвенно-разбросного способа посева зерновых культур является актуальной.

Цель работы – повышение урожайности зерновых культур за счет разработки комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов сеялки для подпочвенно-разбросного способа посева.

Материалы и методы исследований. Проведен анализ способов посева семян, применяемых в Северном Казахстане в рамках традиционной почвозащитной и ресурсосберегающей технологий с минимальной обработкой почвы при возделывании зерновых культур. Выполнен обзор стерневых сеялок и их рабочих органов для посева зерновых культур, широко применяемых в Северном Казахстане. Рассмотрены технологические процессы и выявлены основные преимущества и недостатки рабочих органов. Агротехнические требования к технологическому процессу и сеялкам для подпочвенно-разбросного способа посева приведены в таблице 1 [10-13].

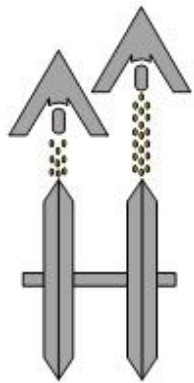
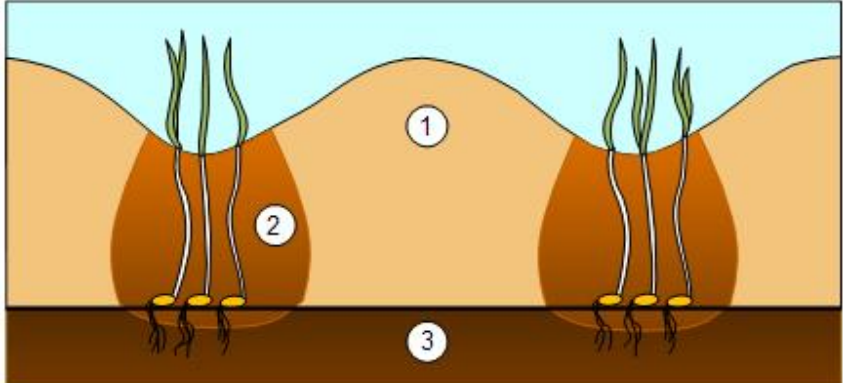
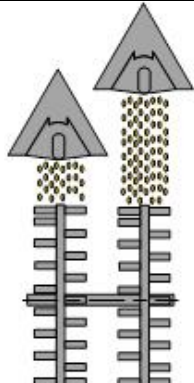
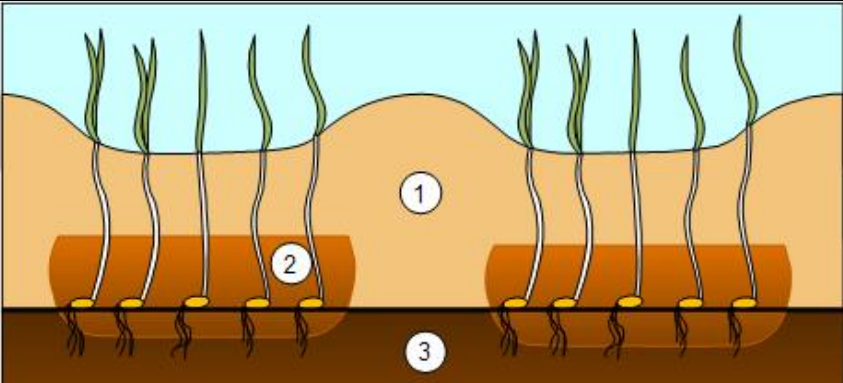
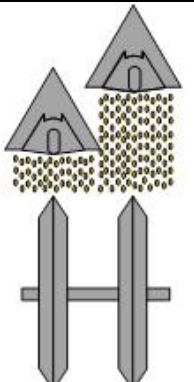
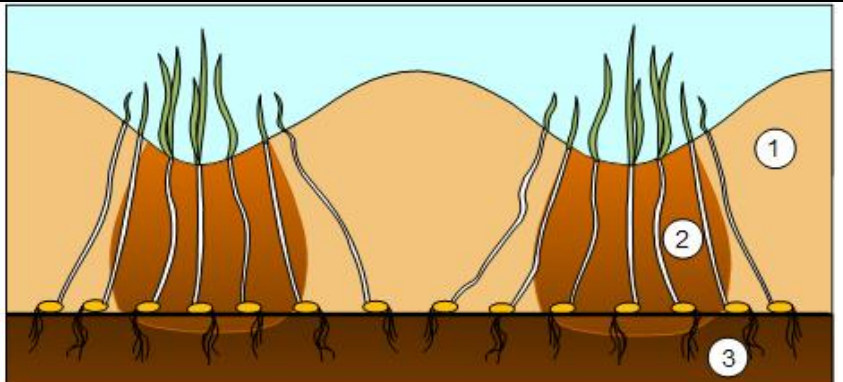
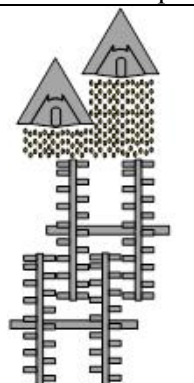
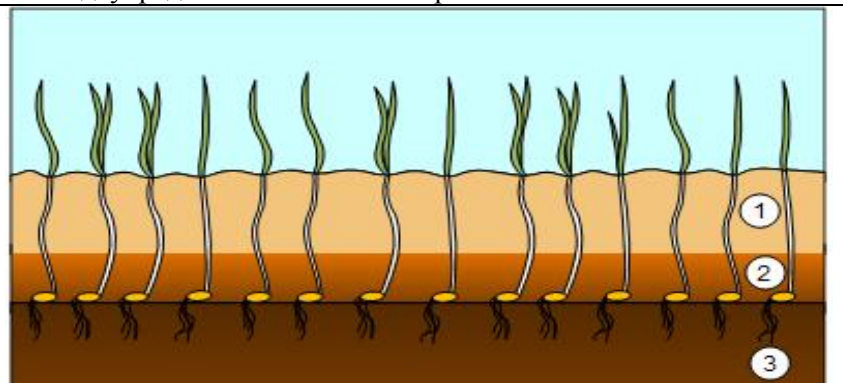
Таблица 1 – Агротехнические требования

Показатели	Значения
Глубина заделки	40,0-80,0 мм и более 80,0% должно быть заделено на глубину с отклонением не более 1 см
Плотность почвы в семенном слое 5,0-10,0 см	1,0-1,2 г/см ³
Поверхность поля после катков	прикатанная, устойчивый к ветровой эрозии профиль с высотой гребней не более 2 см
Число эрозионно-опасных частичек в поверхностном слое (0-5,0 см)	не должно увеличиваться
Сохранение стерни	более 70,0%

Исходя из агротехнических требований к посеву зерновых культур и проведенного анализа, предложена конструктивно-технологическая схема комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов.

Результаты исследования и обсуждение. В Северном Казахстане в рамках традиционной почвозащитной и ресурсосберегающей технологий с минимальной обработкой почвы применяются различные способы посева семян и виды рабочих органов сеялок для его осуществления, таблица 2 [14].

Таблица 2 – Применяемые способы посева и виды посевных рабочих органов

№	Рабочие органы	Поперечный разрез посевного слоя
Прикатывание однорядными клиновидными катками		
1) Рядовой способ посева		
Прикатывание однорядными кольчато-шпоровыми катками		
2) Ленточный способ посева		
Прикатывание однорядными клиновидными катками		
3) Разбросной способ посева		
Прикатывание двухрядными кольчато-шпоровыми катками		
4) Разбросной способ посева		
Примечание: 1 – умеренно-рыхлый поверхностный слой; 2 – уплотненный катками семенной слой; 3 – плотный почвенный слой (ложе)		

Наиболее широко применяемый способ – это рядовой посев, при котором ширина рядков составляет 4,0-5,0 см и междурядье 22,8-25,0 см. Он выполняется стерневыми сеялками-культиваторами семейства СЗС, СТС и СКП, а также рядом ПК дальнего зарубежья. При этом, одновременно с посевом производится предпосевная обработка почвы стрельчато-лаповыми сошниками. Для уплотнения надсеменного слоя почвы широко используются катки клиновидного типа металлической конструкции с однорядной установкой, идущие следом строго за сошниками (№1) [15-17]. Главным недостатком является ребристый рельеф поверхности поля после прохода рабочих органов. Указанное представляет серьезную проблему во время уборки, поскольку затрудняется работа комбайнов осенью во время уборки поперек направления посева.

В рамках агротехнологий, применяемых в Северном Казахстане, широко используется также ленточный (полосной) способ посева. Ширина полос посева варьируется в пределах 10,0-18,0 см, а расстояние между серединами смежных полос (междуследье) составляет 22,8-30,0 см. Этот способ осуществляется с использованием стерневых сеялок типа СКП-2,1 «Омичка». Для уплотнения надсеменного слоя почвы на ширину ленты высеванных семян широко используются кольчато-шпоровые катки с однорядной установкой (№2). Эти катки обеспечивают достаточно качественное выравнивание поверхностного слоя почвы в границах ширины полосы посева. Однако основным недостатком таких катков является их склонность к чрезмерной заделке в почву стерни, что уменьшает ветровую устойчивость поверхностного слоя. Более того, при повышенной влажности почвы данные катки могут залипать и забиваться, что нарушает процесс уплотнения почвы. При этом, чистики не обеспечивают предотвращение данного явления. Поэтому использование кольчато-шпоровых катков ограничивается по влажности почвы.

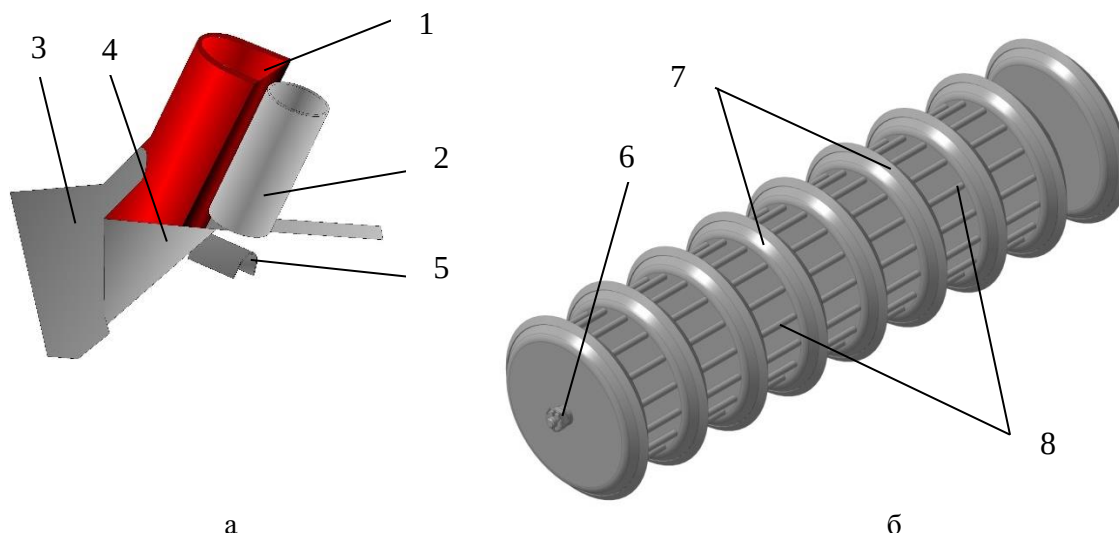
В районах с условиями достаточного увлажнения почвы максимально эффективным способом посева в рамках современных агротехнологий является подпочвенно-разбросной. Он выполняется сеялками культиваторного типа со стрельчато-лаповыми сошниками с разбрасывателями семян. При данном способе посева семена равномерно распределяются по площади поля. Для равномерного уплотнения слоя почвы с семенами и прикатывания поверхности поля с целью обеспечения одинаковой для всех семян глубины заделки используются различные виды прикатывающих катков.

При подпочвенно-разбросном способе посева рядковое прикатывание не обеспечивает равномерное уплотнение слоя почвы над семенами. Так, клиновидные катки формируют гофрированный рельеф поверхности поля, в связи с чем, семена, равномерно распределенные на одной глубине заделки, оказываются на расстоянии, различном от дневной поверхности (№3). Следовательно, не обеспечиваются равные условия для роста растений, из-за чего ухудшается их всхожесть и развитие, что, в конечном счете, отражается на урожайности. При этом, гребнистая поверхность поля также создает сложности в работе комбайнов при уборке урожая, особенно при поперечном движении к направлению посева. В результате после посевных работ возникает необходимость в дополнительном выравнивании и уплотнении поверхности почвы, что ведет к росту эксплуатационных затрат.

В меньшей мере эти недостатки относятся к однорядным кольчато-шпоровым каткам, поскольку они шире клиновидных, при этом качественнее выравнивают поверхность поля. Однако и в этом случае не все растения находятся в равных условиях по глубине заделки.

С этой проблемой эффективнее справляются кольчато-шпоровые катки с двухрядным расположением (№4) [18]. Такими катками оснащена универсальная сеялка-культиватор УСК-2 для разбросного посева. Однако, помимо вышеперечисленных недостатков кольчато-шпоровых катков, двухрядное расположение катков усложняет конструкцию сеялки и ведет к росту металлоемкости и, следовательно, эксплуатационных затрат.

На сеялках производства дальнего зарубежья широко используются пневматические или эластичные обрешеченные катки различного профиля [19,20]. Они менее подвержены залипанию. Тем не менее, их надежность и долговечность снижаются, в частности при работе с почвой, содержащей инородные включения. Кроме того, дороговизна этих катков значительно увеличивает себестоимость продукции. Исходя из агротехнических требований к посеву зерновых культур и проведенного анализа, предлагается конструктивно-технологическая схема комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов, состоящая из стрельчато-лапового сошника с полуцилиндрическим разбрасывателем и однорядных прикатывающих катков клиновидного типа, оснащенных дополнительными прутками, рисунок 1.



а
1 – стойка; 2 – лоток для семяпровода; 3 – стрельчатая лапа; 4 – пластина; 5 – полуцилиндрический разбрасыватель; б
6 – вал; 7 – прикатывающий каток клиновидного типа; 8 – прутки
а – стрельчато-лаповый сошник с полуцилиндрическим разбрасывателем;
б – однорядные прикатывающие катки клиновидного типа, оснащенные дополнительными прутками

Рисунок 1 – Общий вид предлагаемого комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов в 3D

Для обеспечения разбрасывания (рассева) семян с равномерным распределением стрельчатая лапа выполнена закрытой для образования подпочвенного пространства для полета семян. Внутри подлапового пространства установлен полуцилиндрический разбрасыватель. Он выполнен из отрезка пластиковой трубы и крепится с помощью болта к нижней части стойки сошника наружной диаметральной поверхностью вверх.

Для получения максимального эффекта при подпочвенно-разбросном способе посева помимо конструкции сошника с разбрасывателем семян, большую роль играет также способ и устройство для уплотнения и прикатывания высеванных семян, обеспечивающих оптимальный гидротермический режим в верхних слоях почвы и уровень размещения семян по глубине.

Для равномерного выравнивания поверхностного слоя почвы за 1 проход и создания устойчивой к ветровой эрозии поверхности с мелкими прерывистыми гребенками, модернизированные клиновидные уплотняющие катки оборудованы вспомогательными прутками. Эти прутки закреплены сваркой между клиновидными уплотняющими катками по диаметру клиновидной части (основания), что способствует эффективному уплотнению верхнего слоя почвы над семенами. Благодаря выполнению технологического процесса посева, прикатывания и выравнивания почвы за один проход обеспечивается сокращение количества операции, что позволит повысить эксплуатационные характеристики сеялки.

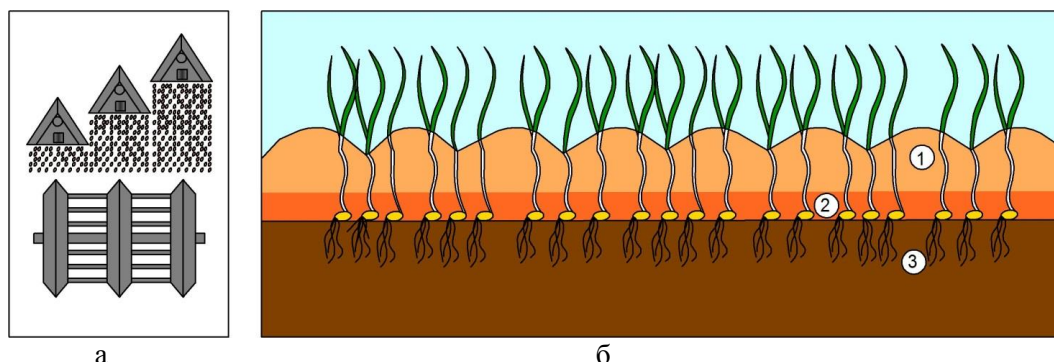
Технологический процесс подпочвенно-разбросного способа посева предлагаемым комплектом посевных рабочих органов заключается в следующем, рисунок 2:

- сошник, проникая в почву на установленную глубину, осуществляет рыхление и подрезание сорняков, одновременно приподнимая поверхностный слой почвы, что создает оптимальные условия для высевания семян;

- семенной материал из зернового бункера поступает через высевательный аппарат по семяпроводам в сошник и ударяются сверху о наружную диаметральной поверхность полуцилиндрического разбрасывателя и далее подаются на дно борозды и рассеиваются, равномерно распределяясь на ширину захвата стрельчатой лапы;

- масса почвы, перемещаясь назад по поверхности (пластины) стрельчатой лапы сошника и падая вниз, закрывает высеванные семена и в последующем равномерно уплотняется прикатывающими катками, установленными за сошниками;

– в результате появляются равномерные по ширине и глубине ростки и, следовательно, дружные всходы семян.



1 – умеренно рыхлый слой почвы; 2 – уплотненный катками слой почвы с семенами;
3 – плотный слой почвы (ложе)

а – вид рабочих органов; б – поперечный разрез посевного слоя

Рисунок 2 – Технологический процесс подпочвенно-разбросного способа посева с предлагаемым комплектом посевных рабочих органов

Закключение. Повышение урожайности зерновых культур во многом зависит от правильности выбора способа посева и качества высева семян в почву. Анализ показывает, что в этой связи перспективным является подпочвенно-разбросной способ посева в рамках традиционной почвозащитной и ресурсосберегающей технологиях с минимальной обработкой почвы в условиях Северного Казахстана. Для получения максимального эффекта от подпочвенно-разбросного способа посева предложена конструктивно-технологическая схема комплекта усовершенствованных посевных рабочих органов. Применение указанного комплекта рабочих органов позволит создать благоприятные условия для роста и развития растений, обуславливает появление дружных всходов, и, следовательно, благоприятно отразится на формировании будущего урожая и эффективно повлияет на повышение урожайности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Постановление Правительства Республики Казахстан. Концепция развития АПК Республики Казахстан на 2021-2030 годы [Текст] / : утв. 30 декабря 2021 года, №960.
- 2 Домрачев, В.А. Разработка инженерной науки Сибири для АПК [Текст] / В.А.Домрачев, А.А. Кем // Вестник БГАУ. – 2013. – № 2. – С.77-79.
- 3 Nukeshev, S. Theoretical and experimental substantiation of the design of an opener for intrasoil broadcast sowing of grain crops [Текст] / S. Nukeshev, K. Eskhozhin, D. Karaivanov, T. Sankibaev, N. Kakabayev // BJAS. – 2016. – №5(22). – С.862-868.
- 4 Nukeshev, S. Mathematical modelling in 3D of opener with scatterer of the grain-fertilizer seeder [Текст] / S. Nukeshev, V. Slavov, N. Kakabayev, M. Amantayev // Mechanika. – 2018. – №24(6). – С. 840-844.
- 5 Zolotukhin, Ye.A. New Sowing System for Variable Rate Intra Soil Application of Mineral Fertilizers. [Текст] / Ye.A. Zolotukhin, G.I. Lichman, S.O. Nukeshev // Agricultural Machinery and Technologies. – 2015.– № 2. – С. 20-23.
- 6 Nukeshev, S. Theoretical investigation of a conic-helical loosener for fertilizer applying machine [Текст] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, D. Karaivanov, K. Eskhozhin, A. Balabekova, Z. Zhaksylykova, Ye. Zolotukhin, // Tehnicki vjesnik - Technical Gazette. – 2017. – 24. – С. 79-84.
- 7 Амантаев, М.А. Результаты сравнительной оценки уплотняющих катков [Текст] / М.А. Амантаев // Materials of the XII International scientific and practical conference «Areas of scientific thought-2015/2016», Vol.18, Sheffield, 2015/2016, C. 81-83.
- 8 Tong, J Compaction Performance of Biomimetic Press Roller to Soil [Текст] / J. Tong, Q. Zhang, L. Guo, Y. Chang, Y. Guo, F. Zhu, D. Chen, X. Liu // Journal of Bionic Engineering, Volume 12, Issue 1, 2015, Pages 152-159.

9 Geng, Y. Research on precise regulation of no-tillage seeder compaction pressure [Текст] / Y. Geng, X. Zhong, X. Wang, X. Zhang, Z. Wei, D. Wu // Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 43 (10), 2022. pp. 141 – 148.

10 Анискин, В.И. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве [Текст] / В.И. Анискин, А.А. Артюшин // М.: «Росинформагротех». 2005. – 270 с.

11 Ревякин, Е.Л. Технологические требования к новым техническим средствам в растениеводстве [Текст] / Е.Л. Ревякин, Н.М. Антышев // М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2008, – 60 с.

12 Золотухин, Е.А. Показатели работы фронтальной дисковой бороны для поверхностной обработки почвы [Текст] / Е.А. Золотухин, Г.З. Гайфуллин // Университетский научный журнал КГУ им. А.Байтурсынова «3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация», 2012. – С. 25-28.

13 ГОСТ 31345-2017. Сеялки тракторные. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 2006-01-01. М.: Стандартинформ, 2018. – 53 с.

14 Svetich.info. Прикатывание почвы: когда, как, чем и зачем? [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. – <https://www.svetich.info/publikacii/agronauka/prikatyvanie-pochvy-kogda-kak-chem-i-zac.html> 28.11.2017

15 East, D. Bullet's discs fire-up seeding [Текст] / D. East // Stock Journal. May, 7, 2009. С. 21.

16 Pitla, S.K. Integration of an extended orthogonal ring transducer and soil coulterometer for identifying soil compaction [Текст] / S.K. Pitla, L.G. Wells, S.A. Shearer // Applied Engineering in agriculture. №5. Vol.25. 2009. С. 647-652.

17 Sarauskis, E. Research of mechanical traction characteristics of direct sowing equipment [Текст] / E. Sarauskis, K. Vaitauskiene // Mechanika. №5. Vol.20. 2014. С. 506-511.

18 Астафьев, В.Л. Сельскохозяйственные машины для растениеводства и животноводства (устройство, подготовка к эксплуатации, показатели работы) [Текст] / В.Л. Астафьев, Г.З. Гайфуллин // Костанай: ТОО «Костанайполиграфия», 2012. – 224 с.

19 Jia, H. Design and experiment of profiling elastic press roller [Текст] / H. Jia, W. Wang, J. Zhuang, X. Luo, P. Yao, Y. Li // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 46 (6) , 2015. pp. 28-34 and 83.

20 Jia, H. Effects of profiling elastic press roller on seedbed properties and soybean emergence under double row ridge cultivation [Текст] / H. Jia, W. Wang, X. Luo, J. Zheng, M. Guo, J. Zhuang // Soil and Tillage Research, Volume 162, 2016, Pages 34-40.

REFERENCES

1 Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan. koncepcija razvitija APK Respubliki Kazahstan na 2021-2030 gody [Текст]:/utv. 30 dekabnja 2021 goda, №960.

2 Domrachev, V.A. Razrabotka inzhenernoj nauki Sibiri dlja APK [Текст] / V.A.Domrachev, A.A. Kem // Vestnik BGAU. – 2013. – № 2. – С.77-79.

3 Nukeshev, S. Theoretical and experimental substantiation of the design of an opener for intrasoil broadcast sowing of grain crops [Текст] / S. Nukeshev, K. Eskhozhin, D. Karaivanov, T. Sankibaev, N. Kakabayev // BJAS. – 2016. – №5(22). – С.862-868.

4 Nukeshev, S. Mathematical modelling in 3D of opener with scatterer of the grain-fertilizer seeder [Текст] / S. Nukeshev, V. Slavov, N. Kakabayev, M. Amantayev // Mechanika. – 2018. – №24(6). – С. 840-844.

5 Zolotukhin, Ye.A. New Sowing System for Variable Rate Intra Soil Application of Mineral Fertilizers. [Текст] / Ye.A. Zolotukhin, G.I. Lichman, S.O. Nukeshev // Agricultural Machinery and Technologies. – 2015.– № 2. – С. 20-23.

6 Nukeshev, S. Theoretical investigation of a conic-helical loosener for fertilizer applying machine [Текст] / S. Nukeshev, D. Eskhozhin, D. Karaivanov, K. Eskhozhin, A. Balabekova, Z. Zhaksylykova, Ye. Zolotukhin, // Tehnicki vjesnik - Technical Gazette. – 2017. – 24. – С. 79-84.

7 Amantaev, M.A. Rezul'taty sravnitel'noj ocenki uplotnjajushhih katkov [Текст] / M.A. Amantaev // Materials of the XII International scientific and practical conference «Areas of scientific thought-2015/2016», Vol.18, Sheffield, 2015/2016, S. 81-83.

- 8 Tong, J Compaction Performance of Biomimetic Press Roller to Soil [Текст] / J. Tong, Q. Zhang, L. Guo, Y. Chang, Y. Guo, F. Zhu, D. Chen, X. Liu // Journal of Bionic Engineering, Volume 12, Issue 1, 2015, Pages 152-159.
- 9 Geng, Y. Research on precise regulation of no-tillage seeder compaction pressure [Текст] / Y. Geng, X. Zhong, X. Wang, X. Zhang, Z. Wei, D. Wu // Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 43 (10), 2022. pp. 141 – 148.
- 10 Aniskin, V.I. Ishodnye trebovaniya na bazovye mashinnye tehnologicheskie operacii v rastenievodstve [Текст] / V.I. Aniskin, A.A. Artjushin // М.: «Rosinformagroteh». 2005. – 270 s.
- 11 Revjakin, E.L. Tehnologicheskie trebovaniya k novym tehnicheskim sredstvam v rastenievodstve [Текст] / E.L. Revjakin, N.M. Antyshev // М.: FGNU «Rosinformagroteh». 2008, – 60 s.
- 12 Zolotuhin, E.A. Pokazateli raboty frontal'noj diskovoj borony dlja poverhnostnoj obrabotki pochvy [Текст] / E.A. Zolotuhin, G.Z. Gajfullin // Universitetskij nauchnyj zhurnal KGU im. A.Bajtursynova «3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideja, innovacija», 2012. – S. 25-28.
- 13 GOST 31345-2017. Sejalki traktornye. Metody ispytaniy [Текст]. – Vved. 2006-01-01. М.: Standartinform, 2018. – 53 s.
- 14 Svetich.info. Prikatyvanie pochvy: kogda, kak, chem i zachem? [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. tekstovye, graf., zv. dan. i prikladnaja progr. – <https://www.svetich.info/publikacii/agronauka/prikatyvanie-pochvy-kogda-kak-chem-i-zac.html> 28.11.2017
- 15 East, D. Bullet's discs fire-up seeding [Текст] / D. East // Stock Journal. May, 7, 2009. S. 21.
- 16 Pitla, S.K. Integration of an extended orthogonal ring transducer and soil coulterometer for identifying soil compaction [Текст] / S.K. Pitla, L.G. Wells, S.A. Shearer // Applied Engineering in agriculture. №5. Vol.25. 2009. C. 647-652.
- 17 Sarauskis, E. Research of mechanical traction characteristics of direct sowing equipment [Текст] / E. Sarauskis, K. Vaitauskiene // Mechanika. №5. Vol.20. 2014. C. 506-511.
- 18 Astaf'ev, V.L. Sel'skohozjajstvennye mashiny dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva (ustrojstvo, podgotovka k jekspluatacii, pokazateli raboty) [Текст] / V.L. Astaf'ev, G.Z. Gajfullin // Kostanaj: TOO «Kostanajpoligrafija», 2012. – 224 s.
- 19 Jia, H. Design and experiment of profiling elastic press roller [Текст] / H. Jia, W. Wang, J. Zhuang, X. Luo, P. Yao, Y. Li // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 46 (6) , 2015. pp. 28-34 and 83.
- 20 Jia, H. Effects of profiling elastic press roller on seedbed properties and soybean emergence under double row ridge cultivation [Текст] / H. Jia, W. Wang, X. Luo, J. Zheng, M. Guo, J. Zhuang // Soil and Tillage Research, Volume 162, 2016, Pages 34-40.

ТҮЙІН

Дәнді дақылдардың шығымдылығын арттыру көп жағдайда себу әдісін дұрыс таңдауға және топыраққа тұқым себу сапасына байланысты. Осыған байланысты Солтүстік Қазақстанда дәнді дақылдарды өсірудің заманауи агротехнологиялары аясында жер қойнауында шашыраңқы егіс әдісі келешегі зор. Бұл мақала тұқым себудің топырақ астына тарату әдісіне арналған сепкіштің жұмыс бөліктерін зерттеуге, жетілдіруге және дамытуға арналған. Жұмыстың мақсаты топырақ асты егіс әдісіне арналған сепкіштің жетілдірілген себу жұмыс бөліктерінің кешенін жасау арқылы дәнді дақылдардың өнімділігін арттыру болып табылады. Республикамыздың Солтүстік өңірінде ауылшаруашылық дақылдарды өсірудің заманауи агротехнологиялары аясында тұқым себу әдістеріне талдау жасалды. Қазақстан Республикасында кеңінен қолданылатын тұқым сепкіштер мен сепкіш жұмыс бөліктеріне шолу жасалды. топырақ астына шашыраңқы себу әдісінен максималды нәтиже алу үшін жетілдірілген себу жұмыс құралдары кешенінің құрылымдық-технологиялық сұлбасы ұсынылады. Ұсынылған жетілдірілген егу жұмыс құралдары жиынтығымен егістің технологиялық процесі қарастырылған. Белгіленген жұмыс бөліктерінің жиынтығын пайдалану өсімдіктердің өсуі мен дамуы үшін қолайлы жағдай жасайды, біркелкі өсім пайда болады, демек, болашақ егіннің қалыптасуына оң әсер етеді және жемістерге тиімді әсер етеді. өнімділікті арттыру.

ӨОЖ 691.328
FTAХР 67.13.31, 67.11.29.

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-223-231

Жусупбеков А.Ж., техника ғылымдарының докторы, профессор, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0003-2229-1059>

«Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана қаласы, Сәтпаев көшесі 2, 010008, Қазақстан, askarkgs1955@gmail.com

Беристенов К. Б., магистрант, <https://orcid.org/0009-0002-8236-0028>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қаласы, Жәңгір хан, 51, 090009, Қазақстан, beristenov_k@mail.ru

Днекешова Н. М., магистрант, <https://orcid.org/0009-0008-8118-4134>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қаласы, Жәңгір хан, 51, 090009, Қазақстан, nuria-dnekeshova@mail.ru

Zhussupbekov A.Zh., Doctor of Technical Sciences, Professor, the main author, <https://orcid.org/0000-0003-2229-1059>

NJSC «Eurasian National University named L.N. Gumilyov», Astana city, st. Satpayev 2, 010008, Kazakhstan, askarkgs1955@gmail.com

Beristenov K. B., master's student, <https://orcid.org/0009-0002-8236-0028>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, beristenov_k@mail.ru

Dnekeshova N. M., master's student, <https://orcid.org/0009-0008-8118-4134>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nuria-dnekeshova@mail.ru

**ЖЕЛ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ЖЕЛ
ТУРБОГЕНЕРАТОРЛАРЫНЫҢ ІРГЕТАСЫН ЕСЕПТЕУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ
CALCULATION OF THE FOUNDATION OF WIND TURBINE GENERATORS, TAKING
INTO ACCOUNT WIND AND DYNAMIC LOADS**

Аннотация

Бұл ғылыми мақалада қуаты 4,8 МВт жел турбинасы іргетасының жер төсемімен динамикалық өзара әрекеттесу мәселесі қарастырылды. Жұмыстың мақсаты-осы өзара әрекеттесуді ескеретін модельді әзірлеу және талдау, сонымен қатар инженерлік тәжірибеде қолдану үшін есептеу әдістерін жеңілдету.

Зерттеу жер төсемі жартылай шексіз кеңістік ретінде ұсынылған және жел турбинасының іргетасымен өзара әрекеттесу серіппелі-демпферлік элементтермен модельденетін модель құруды қамтиды. Есептеулерді жеңілдету үшін қаттылық пен демпферлік коэффициенттерді анықтауға арналған формулалар ұсынылды, олар ұсталған жер төсемінің ені турбина негізінің енінен едәуір асатын жағдайларда есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді (5 және 10 есе).

Әзірленген әдістерді қолданудың мысалы ретінде Бадамша ауылында орналасқан жағалаудағы жел турбинасына талдау жасалынды. Сандық модельдеу нәтижелері ұсынылған модельдің және жеңілдетілген есептеу әдістерінің сәйкестігін растайды, бұл оларды жел турбиналарын жобалау және салу үшін пайдалы етеді.

Осы зерттеу Қазақстанда жел турбиналарын жобалау саласына үлес қосады, іргетас пен жер төсемінің динамикалық өзара әрекеттесуін дәлірек және тиімді талдау үшін жаңа тәсілдер мен әдістерді ұсынады, бұл болашақта мұндай құрылымдардың сенімділігі мен экономикалық тиімділігін арттыру мүмкіндігін береді.

ANNOTATION

In this scientific article, the problem of dynamic interaction of the foundation of a wind turbine with a capacity of 4.8 MW with the ground cover was considered. The purpose of the work is to develop and analyze a model that takes into account these interactions, as well as simplify computational methods for use in engineering practice.

The research involves building a model in which the ground floor is presented as a semi-infinite space and interaction with the foundation of a wind turbine is modeled by spring-damping elements. To simplify the calculations, formulas for determining the stiffness and damping coefficients were proposed, which make it possible to perform calculations in cases where the width of the retained ground cover significantly exceeds the width of the turbine base (5 and 10 times).

An example of using the developed methods was the analysis of a coastal wind turbine located in the village of Badamsha. The results of numerical modeling confirm the correspondence of the proposed model and simplified calculation methods, which makes them useful for the design and construction of wind turbines.

This research contributes to the field of wind turbine design in Kazakhstan, offers new approaches and methods for a more accurate and effective analysis of the dynamic interaction of the foundation and the earth's surface, which will allow in the future to increase the reliability and economic efficiency of such structures.

Түйін сөздер: *іргетас, жел турбинасы, динамикалық өзара әрекеттесу моделі, жер төсемі, серіппелі-демпферлік элементтер, жартылай шексіз кеңістік, қаттылық коэффициенті, демпферлік коэффициент.*

Key words: *foundation, wind turbine, dynamic interaction model, ground cover, spring-damping elements, semi-infinite space, stiffness coefficient, damping coefficient.*

Кіріспе. Жел энергиясы - бұл экологиялық ортаға аз әсер ететін электр энергиясын өндірудің экологиялық таза түрі. Соңғы жылдары әлемдегі жел энергиясын өндіру қарқынды дамып, жел энергиясы жаңартылатын энергияның ең жылдам дамып келе жатқан технологиясына айналды [1]. Қазақстандағы жел энергетикасының белгіленген қуаты дамуда, ол негізінен жағалаудағы жел энергетикасына тәуелді [2]. Жағалаудағы жел энергетикасының электр энергиясын өндіру құны теңіздегі жел энергетикасына қарағанда төмен және гидроэнергетикамен салыстыруға болады [3]. Бұл 2030 жылға қарай Қазақстанның жағалаудағы жел қондырғыларының өсу қарқыны салыстырмалы түрде жоғары деңгейде сақталады деп күтілуде. Жаңадан салынған жағалаудағы жел турбиналарының бірлік қуаты негізінен 4,8 МВт құрайды, бірақ технологияның дамуымен болашақта бір Энергия блогының қуаты одан әрі артады.

Кең ауқымды жағалаудағы жел турбиналары негізінен іргетасты кеңейту үшін дөңгелек темірбетонды пайдаланады, ал 4,8 МВт жел турбиналарының диаметрі негізінен 20 м-ден асады. Жағалаудағы жел турбиналары негізінен рельефі күрделі және құрылысы ыңғайсыз биік таулар мен төбелерде шоғырланған. Құрылыс процесінде жел турбинасының негізі бұл көп ақша мен уақытты қажет етеді. Дегенмен, желдеткіш іргетасы мен жер төсемі арасындағы динамикалық өзара әрекеттесу желдеткіш іргетасын жобалау кезінде ескерілмейді және динамикалық талдау нәтижесінде алынған нәтижелер көбінесе нақты жағдайдан айтарлықтай ауытқып, шамадан тыс консервативті дизайнға әкеледі.

Ірі жел турбиналарының іргетасы мен жер төсемі арасындағы өзара әрекеттесуді зерттеу үшін Зайджер жел турбинасының іргетасының динамикалық моделін жеңілдету үшін жер төсемін ауыстыру үшін қаттылық матрицасын қолданды, бірақ кейбір жел турбиналарын динамикалық есептеу кезінде жоғары қателік болды [4]. Ахмус және т.б. жел турбинасының негізіне жер төсемінің әсерін көрсету үшін деграациялық қаттылық моделін қолданды, бірақ модель практикалық қолдануда қосымша тексеруді қажет етеді және практикалық жобалауда консервативті әдісті қолдану ұсынылады [5]. Ке және басқалар желдеткіш пен жер төсемінің негізінің түйіскен жерінде жаппай серіппелер мен демпферлерді орналастыру арқылы іргетас пен жер төсемінің өзара әрекеттесуін қарастырды [6]. Практикалық жобада инженерлер ішкі деңгейлердің шектеулі диапазонын ұстап алады және ұсталған ішкі деңгейлердің шекараларына тұрақты шектеулер қояды. Ұсталған ішкі деңгейлер желдеткіш негізі мен жер

төсемінің өзара әрекеттесуін есепке алу үшін желдеткіш негізімен бірге есептеледі [7-8]. Бұл әдістер жер төсемін жартылай шексіз кеңістік ретінде қарастырмайды және жер төсемінің жартылай шексіз кеңістігінде толқындардың таралуы мен энергияның шашырауын есепке алмайды және есептелген нәтижелер нақты жағдайдан айтарлықтай ерекшеленеді.

Осыған байланысты бұл мақалада Бадамша ауылындағы 4,8 МВт үлкен жағалаудағы жел турбины мысал ретінде қарастырылады, іргетас арасындағы динамикалық өзара әрекеттесуді ескере отырып, есептеу моделі орнатылады жел турбинының жер төсемі де, құрылыс инженерлері есептеуге ыңғайлы жеңілдетілген әдіс ұсынылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Бадамша ірі жел турбиналарының іргетасының құрылымын және динамикалық өзара әрекеттесу моделін құру.

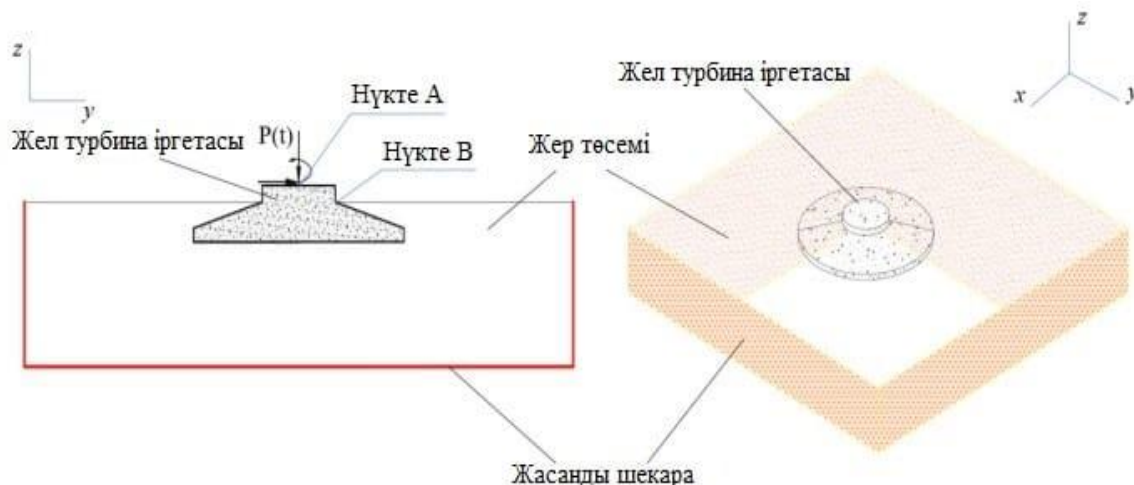
Бұл мақала Бадамша ауылындағы ірі 4,8 МВт жел турбинының негізіне негізделген. Жел турбинының іргетасы диаметрі 24 м және биіктігі 6 м дөңгелек кеңейетін негізді пайдаланады. Іргетас бағанының диаметрі 6 м, іргетас төсеу тереңдігі 5,5 м, ал бетонның беріктік класы С40. Төтенше жұмыс жағдайында жел турбинының іргетасына жүктемелердің есептік тіркесімі көлденең күш $F_x=1673,2$ кН, тік күш $F_z=4126,1$ кН. нәтижесінде $M_{xy}=143554$ кН·м, қауіпсіздік коэффициенті 1,0-ге тең деп қабылданады және жүктемелердің тіркесімі іргетастың жоғарғы бетіне қолданылады.

$$v = v_0 + v t \quad (1)$$

Жел жүктемелерін есептеу кезінде желдің жалпы жылдамдығы v әдетте суперпозиция ретінде қарастырылады желдің орташа жылдамдығы v_0 және желдің өзгеру жылдамдығы vt :

$$F = F_0 + F \sin(2\pi t/T) \quad (2)$$

Жартылай шексіз жер төсемін өңдеу жел турбины негізінің жер төсемімен динамикалық өзара әрекеттесуін модельдеу кезінде өте маңызды. Ең көп қолданылатын әдіс-топырақтың шектеулі диапазонын ұстап алу және жер төсемінің шекараларына жасанды шекаралар қою, бұл дизайнерлер үшін оңай түсініледі және есептеу бағдарламалық жасақтамасы оңай жүзеге асырылады. Жел турбинының негізін есептеудің ауқымды моделі 1-суретте көрсетілген. Бұл жағдайда ұсталған жер учаскесінің мөлшері және жасанды шекараларды орнату осы әдісті қолданудың екі негізгі факторы болып табылатын есептеулердің дәлдігі мен тиімділігіне әсер етеді (сурет 1).



Сурет 1 – Ірі масштабты жел турбины іргетасының жер төсемімен динамикалық өзара әрекеттесуінің есептік моделі.

$$\sigma(r, t) = -\rho C u(r, t) - K u(r, t) \quad (3)$$

Жобалау және есептеу кезінде 1-суреттегі жасанды шекараны бекітілген шекара ретінде орнату жер төсемінің жартылай шексіз кеңістігін дәл еліктей алмайды және толқын шекараға таралғаннан кейін шағылысады және есептеу нәтижесіне әсер етеді. Кернеу түріндегі жасанды шекараны қолдана отырып, шекаралық кернеуді жасанды шекара түйініндегі жылдамдық пен орын ауыстыру арқылы келесідей көрсетуге болады:

$$\sigma(r, t) = -\rho C u(r, t) - K u(r, t) \quad (4)$$

Олардың ішінде γ - жасанды шекара нүктесінен нүкте көзіне дейінгі қашықтық.

Формуланы талдағаннан кейін (4), $-\rho C$ жылдамдығының қосындысының коэффициенті шекара түйініндегі демпферге тең болуы мүмкін, ал $-K$ ығысу қосындысының коэффициенті сызықтық серіппеге тең болуы мүмкін. Амортизатор серіппесін жасанды шекара элементіне орнату арқылы динамикалық толқындардың жасанды шекаралар арқылы өту процесі модельденеді. Уақытша аймақтағы жасанды шекараның ығысу толқынының өрнегіне сүйене отырып, жер төсемінің жартылай шексіз аймағы серпімді дене ретінде қабылданады және шекаралық түйіндердің қалыпты кернеуі мен ығысу кернеуін алу үшін физикалық және геометриялық теңдеулер енгізіледі:

$$\sigma_N = -\frac{(\gamma+2G)}{r(1+b\gamma/al)} u_N(r, t) - \rho c_p u_N(r, t) \quad (5)$$

$$\sigma_T = -\frac{G}{r(1+b\gamma/al)} u_T(r, t) - \rho c_s u_T(r, t) \quad (6)$$

ρ - жер төсемінің тығыздығы; λ - лямбда коэффициенті; G - ығысу модулі; c_p - бойлық толқынның жылдамдығы; c_s - ығысу толқынының жылдамдығы; a - шашырау толқындарының саны; b - жазық толқындардың саны; l - өлшемдерді үйлестіру коэффициенті.

Өлшеусіз параметр $A = br/al$, $A \in [0, +\infty]$ жасанды шекара қаттылығының түзету коэффициенті ретінде енгізіледі. Аралас толқындардың жиілігін ескере отырып, өлшемсіз B параметрі түзету коэффициенті ретінде енгізіледі.

Параметрлері $\alpha = E(1-\mu)/[1-2\mu(1+\mu)]$ және $\beta = (1-2)/(2-2\mu)$ енгізіледі, онда μ - Пуассон коэффициенті. Шекаралық түйіннің серіппелі-демпферлік элементінің қаттылығы мен демпферлік коэффициенттері:

N шекаралық түйіннің қалыпты бағыты:

$$K_N = \frac{\alpha}{r} \frac{1}{(1+A)} \quad C_N = B(\alpha\beta\rho)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Шекаралық түйіннің тангенс бағыты T :

$$K_T = \frac{\alpha}{r} \frac{1}{(1+A)} \beta \quad C_T = B(\alpha\beta\rho)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

γ параметрі - бұл толқынның шашырау көзінен жасанды шекара түйініне дейінгі қашықтық, оны нақты инженерлік есептеуде негізгі геометриялық орталықтан тиісті жасанды шекараға дейінгі тік қашықтық ретінде жеңілдетуге болады. A және B мәндері толқынның таралу сипаттамаларына және түсу бұрышына байланысты. Қолданыстағы эксперименттік нәтижелерге сәйкес, жер төсемінің орташа сызықтық серпімділігі кезінде, жер төсемінің ұстау диапазоны іргетастан 10 есе көп болған кезде, оңтайлы мәндер аймағы 0,8, ал B 1.1, ал түйіннің физикалық компоненттерінің қаттылығы мен демпферлік коэффициенттері одан әрі жеңілдетілуі мүмкін: $K_N = \alpha/18$, $C_N = 1.1\sqrt{\alpha\rho}$,

$$K_T = \alpha\beta/18, \quad C_T = 1.1\sqrt{\alpha\beta\rho} \text{ [9].}$$

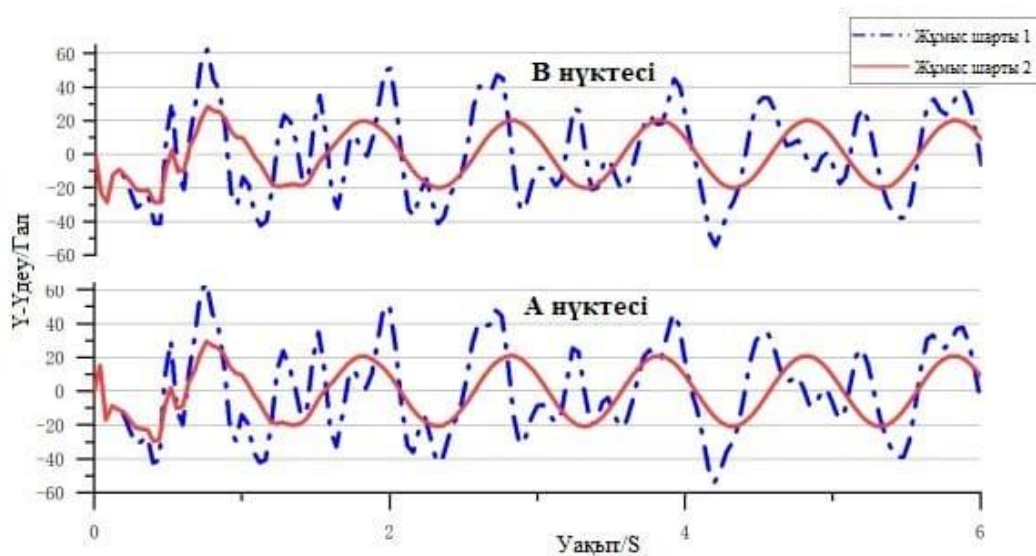
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жел турбинысы негізінің жер төсемімен динамикалық өзара әрекеттесуін есептеу және талдау нәтижелері.

Конструкторлар жер төсемінің жартылай шексіз кеңістігін еліктей алатын қаттылық пен демпферлік коэффициентті есептеудің жеңілдетілген формулаларын қолдана отырып, жер төсемінің шекараларын кесіп өту түйіндеріне серіппелі-демпферлік элементтерді орнатады. 1-суретте көрсетілгендей, желдеткіш негізі-жер төсемі ADINA соңғы элементтерінің бағдарламалық жасақтамасымен модельденеді, ал А және В бақылау нүктелері сәйкесінше негіздің жоғарғы бетінің ортасына және айнымалы қимаға орнатылады. Жер төсемін ұстау диапазоны іргетастың өлшемінен 10 есе көп, жер төсемінің жұмыс күйіндегі шекарасы 1-де бекітілген шекара бар, жер төсемінің жұмыс күйіндегі шекарасы 2-де кернеулі типтегі жасанды шекара бар, ал шекаралық түйіндер серіппелі-демпферлік элементтердің көмегімен орнатылады [10-14]. Жер төсемі мен жел генераторының іргетасы материалының параметрлері 1-кестеде келтірілген. Төтенше жағдайларда жел турбинының іргетасына жүктемелердің есептік комбинациясы (2) формулаға сәйкес іргетастың жоғарғы бетіне жүктеледі. Динамикалық есептеу уақыты-6 секунд, ал есептеудің әр қадамы - 0,01 секунд, барлығы 600 қадам (кесте 1).

Кесте 1 – Жел турбинының іргетасы мен жер төсемі материалының параметрлері

Материал параметрлері	Жер төсемі	Жел турбинының іргетасы
серпимді модуль ($N \cdot m^{-2}$)	2,5x10 ⁸	3,25x10 ¹⁰
тығыздық ($Kg \cdot m^{-3}$)	2000	2500
Пуассон коэффициенті	0,2	0,25

Есептеулер нәтижесінде А және В нүктелеріндегі екі жұмыс жағдайы үшін Y бағытындағы үдеудің уақыт қисықтары 2-суретте көрсетілген, мұнда абсцисса уақыт, ал ордината үдеу болып табылады (сурет 2).



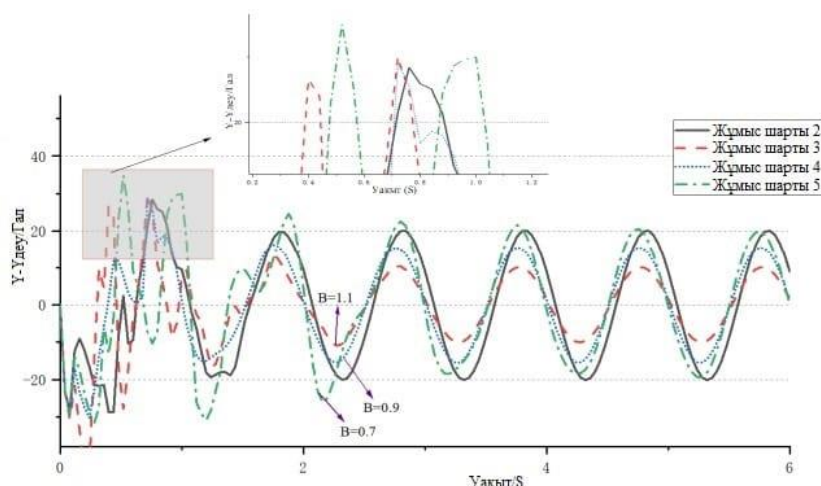
Сурет 2 – Әр түрлі жасанды шекаралық жағдайларда А нүктесі мен В нүктесінің Y бағытындағы үдеудің уақыт қисығы

2-суреттен А және В нүктелеріндегі үдеудің уақытқа тәуелділік қисықтары ұқсас екенін және бекітілген шекара есептеу нәтижелерінің дәлдігіне әсер ететін толқын шағылысын тудыратынын көруге болады. Бұл есептеу нәтижелерін тым үлкен етеді, сондықтан олар жел турбинысы негізінің жер төсемінің динамикалық өзара әрекеттесуін шынымен көрсете алмайды және шамадан тыс консервативті дизайнға әкеледі. Жер төсемінің шекарасына бекітілген

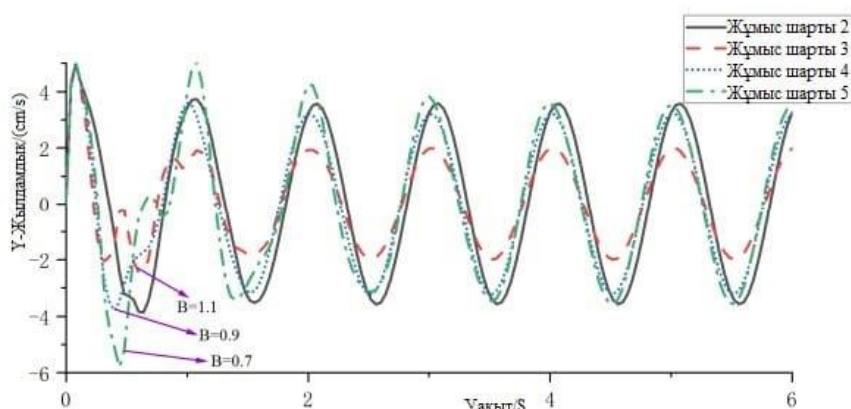
шекараны орнату қарапайым болғанымен, есептеу нәтижесінің ауытқуы үлкен және бұл жел турбинасының іргетасын жобалауға жарамайды. Құрылымды жобалаушы жел турбинасының іргетасының өлшемінен 10 есе үлкен жер төсемімен қабаттасады және жер төсемінің шекара түйіндерінде серіппелі-демпферлік элементтерді қолданады. K Және C мәндері жеңілдетілген формула бойынша есептеледі, олар тек жер төсемі материалының параметрлеріне қатысты. Бұл есептеу әдісі қарапайым және тиімді және бұл практикалық әдіс [15-16].

Ұсталған жер төсемінің мөлшері есептеу тиімділігіне үлкен әсер етеді. Ұсталған жер төсемінің мөлшерін азайту есептеулер көлемін едәуір қысқартуы мүмкін. Нақты инженерлік қызметте дизайнерлер көбінесе іргетастың өлшемінен 5 есе үлкен жер төсемін есептеу үшін пайдаланады. Ұсталған жер төсемінің диапазоны іргетастың көлемінен 5 есе үлкен болғанда және 2 жұмыс күйіндегідей есептеу әдісі қолданылса, есептеу нәтижесі нақты мәннен аз болады және бұл есептеу дәлдігіне әсер етеді. Бұл нәтиженің себебі демпферлік элементтердің мөлшері болуы мүмкін. (7) және (8) теңдеулерден C мәнінің ұсталған жер төсемінің өлшеміне ешқандай қатысы жоқ екенін көруге болады. Ұсталған жер төсемінің мөлшері өзгереді, бірақ шыршаның мәні өзгермейді. Сондықтан, жел турбинасының негізінің мөлшерінен 5 есе үлкен жер төсемі есептеу үшін пайдаланылған кезде, C мәнін есептеу формуласындағы B параметрін түзету қажет. Бұл жағдайда 1.1 оңтайлы B мәні болмауы мүмкін [17-19].

Жоғарыдағы талдауға сүйене отырып, модельдеу 2 жұмыс жағдайына сәйкес жүзеге асырылады. Жер төсемінің қиылысу диапазоны жел турбинасының іргетасының көлемінен 5 есе көп. Есептеу нәтижесінде үдеудің уақытқа тәуелділік қисығы және 2-5 жұмыс жағдайындағы A бақылау нүктесінің жылдамдыққа тәуелділік қисығы суретте көрсетілген (сурет 3 және 4).



Сурет 3 – 2-5 жұмыс жағдайында A нүктесінің Y бағытындағы үдеудің уақыт қисығы



Сурет 4 – Жұмыс жағдайында A нүктесінің Y бағытындағы жылдамдығының өзгеруінің уақыт қисығы 2-5

Талдау негізінде 3-суретте және 4-суретте көрсетілген ұсталған жер төсемінің диапазоны жел турбинасының негізінің өлшемінен 5 есе үлкен болғанда, параметр мәні өзгерген кезде Б үдеу мен жылдамдық ұқсас өзгеру тенденциясын көрсетеді. $B = 1,1$ болғанда, бұл санның аз өсуін білдіреді. Мән $0,7$ болғанда, бұл қандағы қанттың жоғарылауына әкеледі, мүмкін, ең үлкен ауытқу. $B = 0,9$ -ға тең болмаған кезде, есептеу нәтижелері жел турбинасының іргетасынан 10 есе үлкен жер төсемінің кесу диапазонына жақсы сәйкес келеді. Көрініп тұр, бұл кезде сенат депутаттығына үміткер ұсынылды жер төсемі жиегінен 5 еселенген мөлшерінен жел турбина іргетасын, Қаттылығы және демпферлік коэффициенттері серіппелі-демпферлік элементтері жасанды шекаралық түйіндері ретінде жеңілдетуге болады: $KN=\alpha/9$, $CN=0.9\sqrt{\alpha\rho}$, $KT=\alpha\beta/9$, $CT=0.9\sqrt{\alpha\beta\rho}$ [20].

Қорытынды. Ішкі деңгейлердің шектеулі диапазонын ұстап, жер төсемінің шекараларында жасанды шекараларды орнату арқылы жел турбинасы іргетасының жер төсемімен динамикалық өзара әрекеттесу моделі жасалынды және сандық модельдеу есептеулері орындалды. Есептеу нәтижелерін салыстыра отырып, келесі қорытындыларды алуға болады:

1. Жасанды шекара үшін бекітілген шекараны пайдалану оңай, бірақ есептеу нәтижелері тым үлкен және жел турбинасының негізі мен жер төсемі арасындағы динамикалық өзара әрекеттесуді шынымен көрсете алмайды.

2. Кернеулі типтегі жасанды шекараны пайдалану және жер төсемінің шекарасына серіппелі-демпферлік элементтерді орнату көптеген компьютерлік бағдарламаларда жүзеге асырылуы мүмкін жер төсемінің жартылай шексіз кеңістігін тиімді еліктеуге мүмкіндік береді.

3. Жер төсемінің қиылысу диапазоны жел турбинасының түбінен 10 есе үлкен болғанда, серіппелі-демпферлік элементтердің қаттылығы мен демпферлік коэффициентін келесідей жеңілдетуге болатыны анықталды: $KN=\alpha/18$, $CN=1.1\sqrt{\alpha\rho}$, $KT=\alpha\beta/18$, $CT=1.1\sqrt{\alpha\beta\rho}$. Қиылысқан жер төсемінің диапазоны жел турбинасының іргетасынан 5 есе үлкен болғанда, серіппелі-демпферлік элементтердің қаттылығы мен демпферлік коэффициентін келесідей жеңілдетуге болатыны анықталды: $KN=\alpha/9$, $CN=0.9\sqrt{\alpha\rho}$, $KT=\alpha\beta/9$, $CT=0.9\sqrt{\alpha\beta\rho}$.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Chen, Z. A review of the state of the art of power electronics for wind turbines [Text] / Z. Chen [and etc.] // IEEE transactions on power electronics. -2019. –Vol. 24. -№24 (8). -p.1859-1875.

2 Dai, K. Effects of soil structure interaction on the design of tuned mass damper to control the seismic response of wind turbine towers with gravity base [Text] / K. Dai [and etc.] // Wind Energy. - 2020. –Vol. 24. № 24 (4). -p. 323-344.

3 Nema, P. A current and future state of art development of hybrid energy system using wind and PV-solar: a review [Text] / P. Nema [and etc.] // Renew Sustain Energy. -2021. –Vol. 13. -№13 (8). –p. 2096–2103.

4 Zaaijer, M. Wind turbines. Foundation modeling to assess dynamic behaviour of offshore wind turbines [Text] / M. Zaaijer // Applied Ocean Research. -2016. Vol. 28. -№28 (1). –p. 45-57.

5 Achmus, M. Behavior of monopile foundations under cyclic lateral load [Text] / M. Achmus [and etc.] // Computers and Geotechnics. -2019. Vol. 36. № 36 (5). –p. 725-735.

6 Huang, H. Effects of soil structure interaction on the design of tuned mass damper to control the seismic response of wind turbine towers with gravity base [Text] / H. Huang [and etc.] // Wind Energy. -2020. Vol. 24. № 24 (4), -p. 323-344.

7 Gaudio, D. Three dimensional coupled finite-element analyses of the seismic performance of onshore wind turbines on liquefiable soil [Text] / D. Gaudio [and etc.] // Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. – 2024. Vol. 150. № 150 (5). –p. 10-15.

8 Xu, X. Study on ground mechanical characteristics of tower foundation of wind turbine with capacity more than one megawatt [Text] / X. Xu [and etc.] // China Water Power. -2012. Vol. 38. - № 38 (12), -p. 3.

9 Zhifan, H. Simplified analysis of dynamic machine foundation-subgrade dynamic interaction [Text] / H. Zhifan [and etc.] // Proceedings of the SPIE. – 2021. Vol. 12127. -p. 6.

10 Ramirez Camargo, L. Potential Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems for Self-Sufficient Residential Use in Germany and the Czech Republic [Text] / L. Ramirez Camargo [and etc.]

// Energies. - 2019. №12 (21). –p. 28.

11 Изатуллаева, Б. Необходимость инвестирования и использования возобновляемых источников энергии в Казахстане [Текст] / Б. Изатуллаева [и др.] // Прорывные экономические реформы в условиях. – 2015. № 1. –с. 172.

12 Абдыгаппарова, С. Проблемы использования возобновляемых источников энергии в Казахстане [Текст] / С. Абдыгаппарова [и др.] // Вестник университета Туран. – 2015. №4. –с. 73-77.

13 Абдрахимова, Е. Влияние усадочных напряжений при формировании водонепроницаемой структуры кислотоупоров [Текст] / Е. Абдрахимова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. - 2004. - № 10. – с. 29-31.

14 Dai, K. Nonlinear response history analysis and collapse mode study of a wind turbine tower subjected to cyclonic winds [Text] / K. Dai [and etc.] // Wind Struct. -2017. № 25 (1). –p. 79-100.

15 Rahman, M. Performance enhancement of wind turbine systems with vibration control: a review [Text] / M. Rahman [and etc.] // Renew Sustain Energy Rev. -2015. № 51. –p.43-54.

16 Roth, S. Strongly coupled XFEM formulation for non-planar three-dimensional simulation of hydraulic fracturing with emphasis on concrete dams [Text] / S. Roth [and etc.] // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. -2020. Vol. 363. -p.363.

17 Marcus, V. Foundation and support structures of wind turbines and optimization [Text] / V. Marcus [and etc.] // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. -2024. № 4. –p. 73-77.

18 Liu, J. Comparative study on dynamic responses of integrated installation process of a 5-MW and a 15-MW offshore wind turbine considering a pre-installed foundation [Text] / J. Liu [and etc.] // Ocean Engineering. -2024. № 2. –p.25-34.

19 Lombardi, D. Dynamic soil structure interaction of monopile supported wind turbines in cohesive soil [Text] / D. Lombardi [and etc.] // Soil Dynam Earthquake Eng. -2013. № 49. – p. 165-180.

20 Lin, K. Experimental study of wind turbine in operation under wind and seismic excitations with soil-structure interaction [Text] / K. Lin [and etc.] // Engineering Structures. -2024. Vol 308. – p. 119-135.

REFERENCES

1 Chen, Z. A review of the state of the art of power electronics for wind turbines [Text] / Z. Chen [and etc.] // IEEE transactions on power electronics. -2019. –Vol. 24. -№24 (8). - p.1859-1875.

2 Dai, K. Effects of soil structure interaction on the design of tuned mass damper to control the seismic response of wind turbine towers with gravity base [Text] / K. Dai [and etc.] // Wind Energy. - 2020. –Vol. 24. № 24 (4). -p. 323-344.

3 Nema, P. A current and future state of art development of hybrid energy system using wind and PV-solar: a review [Text] / P. Nema [and etc.] // Renew Sustain Energy. -2021. –Vol. 13. -№13 (8). –p. 2096–2103.

4 Zaaijer, M. Wind turbines. Foundation modeling to assess dynamic behaviour of offshore wind turbines [Text] / M. Zaaijer // Applied Ocean Research. -2016. Vol. 28. -№28 (1). –p. 45-57.

5 Achmus, M. Behavior of monopile foundations under cyclic lateral load [Text] / M. Achmus [and etc.] // Computers and Geotechnics. -2019. Vol. 36. № 36 (5). –p. 725-735.

6 Huang, H. Effects of soil structure interaction on the design of tuned mass damper to control the seismic response of wind turbine towers with gravity base [Text] / H. Huang [and etc.] // Wind Energy. -2020. Vol. 24. № 24 (4), -p. 323-344.

7 Gaudio, D. Three dimensional coupled finite-element analyses of the seismic performance of onshore wind turbines on liquefiable soil [Text] / D. Gaudio [and etc.] // Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering. – 2024. Vol. 150. № 150 (5). –p. 10-15.

8 Xu, X. Study on ground mechanical characteristics of tower foundation of wind turbine with capacity more than one megawatt [Text] / X. Xu [and etc.] // China Water Power. -2012. Vol. 38. - № 38 (12), -p. 3.

9 Zhifan, H. Simplified analysis of dynamic machine foundation-subgrade dynamic interaction [Text] / H. Zhifan [and etc.] // Proceedings of the SPIE. – 2021. Vol. 12127. -p. 6.

- 10 Ramirez Camargo, L. Potential Analysis of Hybrid Renewable Energy Systems for Self-Sufficient Residential Use in Germany and the Czech Republic [Text] / L. Ramirez Camargo [and etc.] // *Energies*. - 2019. №12 (21). –p. 28.
- 11 Izatullaeva, B. Neobhodimost' investirovaniya i ispol'zovaniya vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Kazahstane [Tekst] / B. Izatullaeva [i dr.] // *Proryvnye ekonomicheskie reformy v usloviyah*. – 2015. № 1. –s. 172.
- 12 Abdygapparova, S. Problemy ispol'zovaniya vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Kazahstane [Tekst] / S. Abdygapparova [i dr.] // *Vestnik universiteta Turan*. – 2015. №4. –s. 73-77.
- 13 Abdrahimova, E. Vliyanie usadochnykh napryazhenij pri formirovanii vodonepronicaemoj struktury kislotouporov [Tekst] / E. Abdrahimova [i dr.] // *Ogneupory i tekhnicheskaya keramika*. - 2004. - № 10. – s. 29-31.
- 14 Dai, K. Nonlinear response history analysis and collapse mode study of a wind turbine tower subjected to cyclonic winds [Text] / K. Dai [and etc.] // *Wind Struct*. -2017. № 25 (1). –p. 79-100.
- 15 Rahman, M. Performance enhancement of wind turbine systems with vibration control: a review [Text] / M. Rahman [and etc.] // *Renew Sustain Energy Rev*. -2015. № 51. –p.43-54.
- 16 Roth, S. Strongly coupled XFEM formulation for non-planar three-dimensional simulation of hydraulic fracturing with emphasis on concrete dams [Text] / S. Roth [and etc.] // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. -2020. Vol. 363. -p.363.
- 17 Marcus, V. Foundation and support structures of wind turbines and optimization [Text] / V. Marcus [and etc.] // *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. -2024. № 4. –p. 73-77.
- 18 Liu, J. Comparative study on dynamic responses of integrated installation process of a 5-MW and a 15-MW offshore wind turbine considering a pre-installed foundation [Text] / J. Liu [and etc.] // *Ocean Engineering*. -2024. № 2. –p.25-34.
- 19 Lombardi, D. Dynamic soil structure interaction of monopile supported wind turbines in cohesive soil [Text] / D. Lombardi [and etc.] // *Soil Dynam Earthquake Eng*. -2013. № 49. – p. 165-180.
- 20 Lin, K. Experimental study of wind turbine in operation under wind and seismic excitations with soil-structure interaction [Text] / K. Lin [and etc.] // *Engineering Structures*. -2024. Vol 308. – p. 119-135.

РЕЗЮМЕ

В данной научной статье рассмотрена проблема динамического взаимодействия фундамента ветряной турбины мощностью 4,8 МВт с земляным полотном. Цель работы - разработать и проанализировать модель, учитывающую эти взаимодействия, а также упростить вычислительные методы для применения в инженерной практике.

Исследование предполагает создание модели, в которой земляное полотно представлено как полубесконечное пространство, а взаимодействие с фундаментом ветряной турбины моделируется пружинно-демпфирующими элементами. Для упрощения расчетов были предложены формулы для определения коэффициентов жесткости и демпфирования, которые позволяют проводить расчеты в случаях, когда ширина удерживаемого земляного полотна значительно превышает ширину основания турбины (в 5 и 10 раз).

В качестве примера применения разработанных методов был проведен анализ прибрежной ветряной турбины, расположенной в селе Бадамша. Результаты численного моделирования подтверждают соответствие предложенной модели и упрощенных методов расчета, что делает их полезными для проектирования и строительства ветряных турбин.

Настоящее исследование вносит вклад в область проектирования ветряных турбин в Казахстане, предлагает новые подходы и методы для более точного и эффективного анализа динамического взаимодействия фундамента и земляного полотна, что дает возможность в будущем повысить надежность и экономическую эффективность таких сооружений.

УДК 625.7/.8
МРНТИ 67.01.11

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-232-240

Шалкаров А. А., доктор технических наук, профессор, основной автор, <https://orcid.org/0000-0001-7594-1217>

АО «Казахстанский дорожный научно - исследовательский институт», г. Алматы, ул. Нурпеисова, 2а, 050061, Республика Казахстан, shalkarov56@mail.ru

Монтаев С. А., доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, montaevs@mail.ru

Муханбеткалиев А. Р., магистр технических наук, <https://orcid.org/0000-0001-7284-9236>

АО «Национальная компания «ҚазАвтоЖол», г. Актөбе, ул. Марьесова, 89, 030000, Республика Казахстан, A.Mukhanbetkaliyev@mail.ru

Альжанов А.С., магистрант технических наук, <https://orcid.org/0009-0001-6830-8576>

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Республика Казахстан, axanat_ts@mail.ru

Shalkarov A., Doctor of Technical Sciences, Professor, the main author, <https://orcid.org/0000-0001-7594-1217>

JSC «Kazakhstan Road Research Institute», Almaty, 2a Nurpeisova str., 050061, Kazakhstan, shalkarov56@mail.ru

Montaev S., Doctor of Engineering Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, montaevs@mail.ru

Mukhanbetkaliyev A., Master of Engineering Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-7284-9236>

JSC «KazAutoZhol National Company», Aktobe, 89 Maresyev street, 030000, Kazakhstan, A.Mukhanbetkaliyev@mail.ru

Alzhanov A., Master of Engineering Sciences, <https://orcid.org/0009-0001-6830-8576>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, axanat_ts@mail.ru

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА. МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ THE PRINCIP MODEL OF ROADSIDE SERVICE. METHODS OF IMPROVEMENT

Аннотация

Данная статья посвящена исследованию актуальных проблем в сфере придорожного сервиса Республики Казахстан, учитывая важность и стратегическое значение развития транспортных коридоров, проходящих по территории нашего государства. В статье подробно рассматриваются основные проблемы, препятствующие полноценному развитию придорожного сервиса. К числу таких проблем относятся нехватка современных объектов и инфраструктуры придорожного сервиса, недостаточное техническое оснащение существующих объектов, а также несогласованность действий между различными государственными и частными структурами. Кроме того, отмечаются проблемы в области стандартизации и качества предоставляемых услуг, что влияет на общую эффективность функционирования транспортной сети.

Анализ этих проблем показывает, что для их эффективного решения необходим комплексный и системный подход. Важную роль в решении этих задач играют как частные инвестиции, так и активное и целенаправленное участие государства. Обеспечение необходимого уровня безопасности, комфорта и доступности услуг на придорожных территориях требует внедрения современных технологий и повышения качества обслуживания.

Особое внимание в статье уделяется необходимости увеличения степени участия государства в разработке и реализации программ по модернизации и улучшению инфраструктуры придорожного сервиса. Обсуждается важность создания и внедрения эффективной нормативной базы, которая бы стимулировала частные инвестиции в данный

сектор и обеспечивала высокие стандарты качества. Важным аспектом является также необходимость формирования стратегического плана развития придорожного сервиса, который учитывал бы как текущее состояние инфраструктуры, так и перспективные потребности транспорта и пассажирских потоков.

Таким образом, успешное решение выявленных проблем и развитие придорожного сервиса имеют большое значение для дальнейшего укрепления транспортной сети Республики Казахстан и создания комфортных условий для пользователей.

ANNOTATION

This article is devoted to the study of current problems in the field of roadside service in the Republic of Kazakhstan, taking into account the importance and strategic importance of the development of transport corridors passing through the territory of our state. The article discusses in detail the main problems that hinder the full development of roadside service. Such problems include the lack of modern facilities and infrastructure for roadside services, insufficient technical equipment of existing facilities, as well as inconsistencies between various public and private structures. In addition, there are problems in the field of standardization and quality of services provided, which affects the overall efficiency of the transport network.

An analysis of these problems shows that an integrated and systematic approach is needed to effectively solve them. Both private investments and the active and purposeful participation of the State play an important role in solving these tasks. Ensuring the necessary level of safety, comfort and accessibility of services in roadside areas requires the introduction of modern technologies and improving the quality of service.

Special attention is paid to the need to increase the degree of state participation in the development and implementation of programs to modernize and improve the infrastructure of roadside services. The importance of creating and implementing an effective regulatory framework that would stimulate private investment in this sector and ensure high quality standards is discussed. An important aspect is also the need to form a strategic plan for the development of roadside services, which would take into account both the current state of infrastructure and the future needs of transport and passenger flows.

Thus, the successful solution of the identified problems and the development of roadside service are of great importance for further strengthening the transport network of the Republic of Kazakhstan and creating comfortable conditions for users.

Ключевые слова: *объекты сервиса, дороги, кемпинг, транспорт, придорожные сооружения, объекты придорожного сервиса.*

Key words: *service facilities, roads, camping, transport, roadside facilities, roadside service facilities.*

Введение. Транспортная сеть в экономике нашей страны занимает исключительное место, это обусловлено географическим расположением и огромным транзитным потенциалом республики [1]. Вот почему исключительно важно обеспечить его развитие и функционирование на уровне, соответствующем требованиям современной рыночной экономики. Увеличение количества автомобилей, развитие дорожной сети, подведение дорог к отдаленным поселкам и к новым промышленным объектам, а также развитие международных транспортных коридоров будут непосредственно отражаться на работе объектов дорожного сервиса страны [2].

Технологическое проектирование объектов дорожного сервиса является сложной инженерной задачей [3]. Для ее решения необходимо знание в области транспортной инфраструктуры в целом, действующих в отрасли нормативов и ограничений, норм безопасности, а также производственного процесса происходящего внутри самих объектов дорожного сервиса.

От качества разработки проектов объектов дорожного сервиса, обоснованности их размещения зависят экономическая эффективность инфраструктуры в целом и степень удовлетворенности участников дорожного движения качеством оказываемых услуг [2].

Материалы и методы. Общая протяженность международной автомобильной дороги М32 «Граница РФ (на Самару) – Шымкент» составляет 1351 км. Автомобильная дорога проходит по территории Южно-Казахстанской, Туркестанской, Кызылординской, Актюбинской и Западно-Казахстанской областей.

Автомагистраль М32 проходит в условиях сухостепной, полупустынной и пустынной местности. Территория равнинна пересекает следующие ландшафты: Подуральское плато, Предсыртовый уступ и Прикаспийскую низменность, слегка слабоволнистая, ясно выражен микро- и мезорельеф, ровные участки могут переходить в волнистую овражно-балочную сеть с спусками и подъемами, особенно на участке Кобда-Актобе. Протяженность трассы Уральск-Актобе, составляет около 471 км (рисунок 1). Расстояние по прямой – 417 км. Извилистость составляет – 1,13.

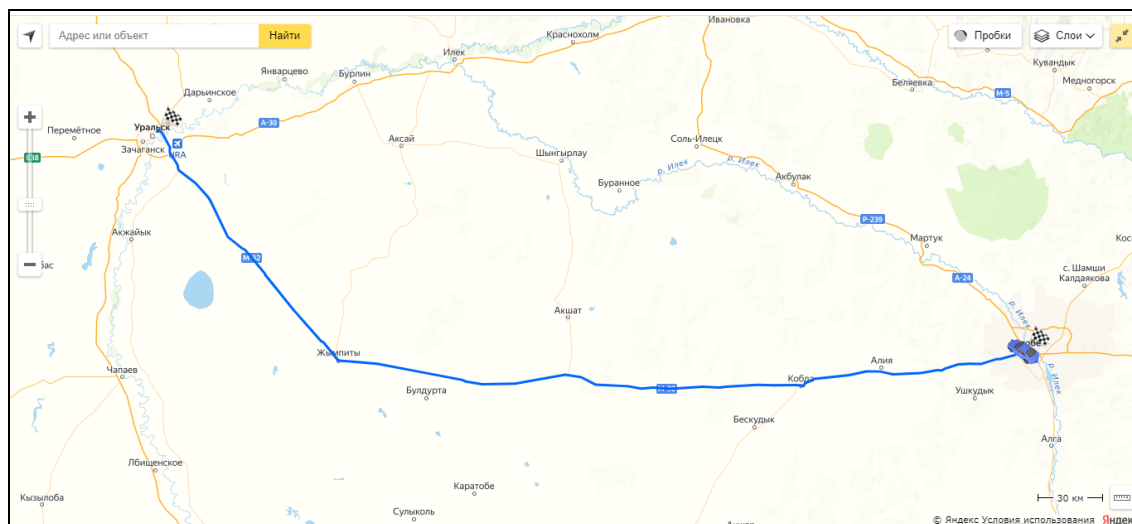


Рисунок 1 – Участок «Уральск – Актобе» автомобильной дороги международного значения М-32 «Граница РФ (на Самару) – Шымкент».

По трассе расположены следующие населенные пункты: г. Актобе (областной центр), п. Хобда (районный центр), п. Жымпиты (районный центр), п. Жана Омир, пос. Барбастау, пос. Подстепное, г. Уральск (областной центр) (табл. 1).

Таблица 1 – Основные населенные пункты, расположенные на автомобильной дороге международного значения М-32 «Граница РФ (на Самару) – Шымкент», участок «Уральск-Актобе»

№	Наименование населенного пункта	Км трассы М32
1	Уральск	252
2	Подстепное	265
3	Барбастау	274
4	Жана Омир	277
5	Жымпиты	395
6	Кобда	615
7	Актобе	723

Климат на территории прохождения трассы характеризуется резкой континентальностью. Наблюдается резкое отличие между временами года.

Участок автомагистрали пересекает следующие реки: Таниберген, Кара Кобда, Кобда, Терисаккан, Большая Кобда, Суанбулак, Киил, Жарсай, Аккудуксай, Куагаш, Шиили, Булдуурты, Тамды, Джамбейты, Чидерты, Есен Анкаты, Шолак Анкаты, Барбастау, Урал.

Многие малые речки в летний период пересыхают. Но бывают во время половодья переливы через дорогу талых вод.

Автомагистраль М32 строилась в 70-80-е годы прошлого столетия. Капитальный ремонт был сделан в 2007-2012 годах.

На трассе М32 представлены следующие объекты придорожного сервиса, как АЗС, пункты медицинской помощи, кафе и рестораны, магазины запасных частей и продуктов питания, кемпинги и гостиницы, станции технического обслуживания автомобилей. Среди АЗС в основном попадаются компании «Москвичи», «Qazaq Oil», «Нефтэк», «Октан», «Sinooil», «Venoil» и др. АЗС располагаются неравномерно.

Согласно национального стандарта Республики Казахстан СТ РК 2476-2014 «Дороги автомобильные общего пользования требования к объектам дорожного сервиса и их услугам», комплексные объекты дорожного сервиса в зависимости от их состава и видов предоставляемых ими услуг (табл. 2) подразделяются на категории «А», «В», «С» и «D» [4].

Таблица 2 – Классификация объектов дорожного сервиса в зависимости от состава комплекса дорожного сервиса

Наименование обязательных объектов дорожного сервиса	Категория объекта дорожного сервиса			
	А	В	С	D
Автозаправочная станция	+	+	-	+
Мотель, кемпинг	+	+	-	-
Благоустроенный (теплый) туалет	+	+	+	+
Общественные душевые кабины	+	+	-	-
Пункт розничной торговли	+	+	+	+
Пункт общественного питания	+	+	+	-
Станция технического обслуживания	+	+	-	-
Пункт мойки автомобильного транспорта	+	+	-	-
Стоянка с разделением парковочных мест	+	+	+	-
Охраняемая стоянка	+	+	-	-
Место для пикника	+	+	+	-
Торгово-развлекательная зона	+	-	-	-
Пункт медицинской помощи	+	+	-	-

Также указанный стандарт регламентирует наличие площадок отдыха на автомобильных дорогах общего пользования к примеру на автомобильная дорога международного значения М-32 «Граница РФ (на Самару) – Шымкент», участок Уральск-Актобе, относящаяся к II технической категории, имеет протяженность 470 км, согласно стандарту на данном участке следует предусматривать малые площадки не реже чем 30 км и большие площадки не реже чем 60 км. Учитывая полное отсутствие населенных пунктов между поселками Жымпиты и Кобда, на протяженности 220 км должны будут размещены 3 большие и 6 малых площадок отдыха, однако опыт показывает что данные площадки очень редко используются по их прямому назначению, тому виной фактическое их состояние в большинстве случаев напоминающее «свалку» [5], [6].

Результаты исследования, обсуждение. Согласно указу Президента Республики Казахстан от 12 мая 1995 г. N 2272, Республика Казахстан, приняла Европейское соглашение «О работе экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки» (ЕСТР) [7]. В 2010 году в данном законе О внесении изменений и дополнений в приказ исполняющего обязанности Министра транспорта и коммуникаций Республики Казахстан от 13 августа 2010 года № 362 "Об утверждении Правил организации работы постов транспортного контроля на территории Республики Казахстан", данном документе отображено режим труда и отдыха водителей Согласно ЕСТР, после четырех с половиной часов вождения, водителю необходимо остановиться на перерыв продолжительностью не менее сорока пяти минут. При этом во время перерыва он не имеет права заниматься какой-либо работой. Помимо этого, у водителя должен быть предусмотрен ежедневный отдых не менее одиннадцати часов. Эти правила должны соблюдаться каждым водителем, осуществляющим международные

автоперевозки. За несоблюдение режима труда и отдыха водителей ждет штраф, согласно статье 572 Кодекса Административных Правонарушений Республики Казахстан [8].

Однако, наличие административного наказания не останавливают водителей транспортных средств нарушать данное требование. В Европейских странах к данному документу относятся более ответственно, так как даже за небольшие отклонения от указанного режима труда и отдыха на водителя и на транспортную компанию налагается штраф, вплоть до приостановления деятельности [9]. Но зачастую на просторах нашей степи вдоль автомобильных дорог можно не встретить соответствующего места отдыха, по этой причине часто водители предпочитают отдыхать в своих автомобилях и плохо высыпаются, вследствие чего происходит дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Для того чтобы снизить число ДТП из-за усталости водителей и соответственно повысить безопасность и конкурентоспособность наших транспортных коридоров, необходимо грамотно и серьезно подойти к организации придорожного сервиса [10]. Степень участия государства в развитии качественной инфраструктуры придорожного сервиса должно быть повышено. Нужно учитывать особенности каждого отдельно взятого участка автомобильной дороги, большие расстояния между крупными городами, малонаселённость огромных территорий и жёсткие климатические условия — это лишь малая часть очевидных данных. В целях планирования развития транспортной инфраструктуры необходимо учитывать состав транспортного потока, наличие уже действующих объектов розничной торговли и общепита, опросы и анализ потребностей перевозчиков, наличие коммуникации, варианты и возможности для их содержания [11]. Несложно посчитать минимально необходимое количество мусорных контейнеров и частоту их вывоза, если учесть данные интенсивности и состава транспортного потока исходя из действующих норм санитарных правил, к примеру большинство перевозчиков имеют некое подобие расписания своих постоянных маршрутов, не говоря уже о пассажирских перевозках [12].

Конечно, строительство новой системы объектов придорожного сервиса с применением успешных международных моделей на сегодняшний день является более привлекательным и с экономической точки зрения более выгодным, ведь всем известно, что строительство с нуля всегда было менее затратно во всех планах чем ремонт или реконструкция действующих объектов [13]. Но в данном случае без этой чрезвычайно сложной, как инженерном плане, так и в экономическом плане задачей, невозможно вывести качество и престиж наших транспортных коридоров на новый качественный уровень [14]. Необходимо увязать действующую инфраструктуру с принятой концепцией развития.

На сегодняшний день согласно данным Министерства транспорта РК вдоль автодорог республиканского значения функционирует 1634 объектов придорожного сервиса. К объектам придорожного сервиса относятся заправки автомобильного транспорта, объекты питания и торговли, отдыха, автосервис, СТО и др. (рисунок 2) [15].

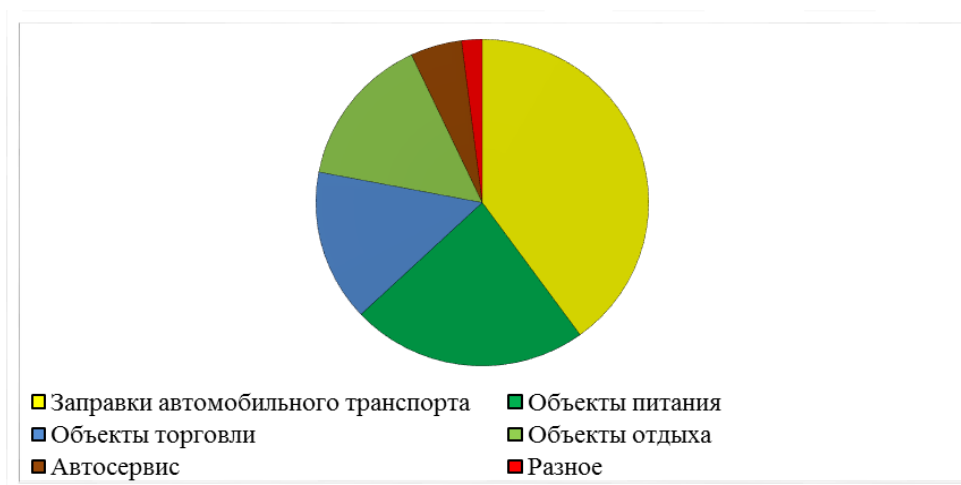


Рисунок 2 – Структура объектов придорожного сервиса вдоль автодорог республиканского значения

Как видно из рисунка 1 самое большое количество придорожных объектов приходится на автозаправочные станции и объекты питания, а на долю ремонтных станций приходится всего лишь 5% объектов, что негативно сказывается на безопасности дорожного движения, так как водителям, при поломке, приходится самим ремонтировать транспортные средства останавливаясь на обочинах дорог. При этом все так же большинство объектов придорожного сервиса не соответствуют минимальным европейским стандартам, хотя наша страна является полноправным членом и участником европейского соглашения о международных автомобильных перевозках [16], [17].

Основной проблемой, сдерживающей развитие объектов придорожного сервиса связаны главным образом с отсутствием направления для системного и прогнозируемого их развития. Основные сдерживающие причины, не позволяющие развитию придорожного сервиса в республике Казахстан:

- Инфраструктурные причины. Недоступность инфраструктуры, такой как, подъездные дороги, съезды и примыкания, переходно-скоростные полосы, инженерные коммуникаций. Это вызвано недостаточными инвестициями в инфраструктуру или недостаточной эффективностью государственных программ развития;

- Экономические факторы. Высокие затраты на открытие и эксплуатацию объектов придорожного сервиса;

- Нормативные и административные барьеры. Сложности либо ограничения на использование земли для коммерческих целей. Отсутствие норм и правил для строительства новых объектов и регламентированные требования к состоянию существующих объектов придорожного сервиса.

Следует отметить, что недостаток конкуренции на данном рынке также препятствует интенсивному развитию придорожного сервиса. Процедура предоставления участков для размещения объектов придорожного сервиса достаточно сложная [18]. Отсутствие системного подхода к развитию придорожного сервиса в республике Казахстан привела к ситуациям, когда существующие в настоящее время вдоль автомобильных дорог объекты не образуют упорядоченной системы, расположены хаотично, не регламентированы по составу и качеству оказываемых услуг, характеризуются несоответствием требованиям Национального стандарта Республики Казахстан (обустройство примыканий и переходно-скоростных полос) [4].

Для решения указанных проблем развития объектов придорожного обслуживания необходимо сформировать «Концепцию развития объектов придорожного сервиса в Республике Казахстан». Целью будет: создание на территории республики объектов придорожного сервиса с высоким уровнем обслуживания, необходимо принятие целого ряда мероприятий по созданию современных строительных объектов:

- 1) Инфраструктурное развитие. Строительство и реконструкция автомобильных дорог учитывая потребности в транзитном транспортном направлении. Строительство и модернизация существующих объектов придорожного сервиса;

- 2) Качество обслуживания. Обеспечение высокого уровня сервиса и внедрение современных технологий и инноваций для улучшения качества обслуживания и комфорта [19];

- 3) Экологическая устойчивость. Внедрение экологически чистых технологий и проектных решений для снижения негативного воздействия объектов придорожного сервиса на окружающую среду, внедрение стандартов по утилизации и переработке отходов;

- 4) Безопасность. Наряду с обеспечением безопасности дорожного движения, очень важным является также и личная безопасность пользователей объектов придорожного сервиса [20];

- 5) Развитие туризма и рекреации. Организация развлекательных и культурных мероприятий на территории объектов придорожного сервиса. Привлечение местных предпринимателей и ремесленников для развития туристического потенциала региона;

- 6) Государственная поддержка и регулирование. Создание благоприятных инвестиционных условий для привлечения частных инвестиций в развитие придорожного сервиса. Разработка государственных программ для развития объектов придорожного сервиса. Мониторинг и контроль за качеством и стандартами обслуживания;

Заключения. Эффективная концепция развития объектов придорожного сервиса должна учитывать потребности и интересы всех заинтересованных сторон, включая путешественников, местных жителей, предпринимателей и государственных организации.

Таким образом, анализ проблемы развития придорожного сервиса показал, что необходимо комплексное решение проблемы с непосредственным участием всех законодательных и исполнительных ветвей власти от государства и от представителей бизнеса. Необходимо помнить, одним из пунктов стратегии развития нашего государства это войти в ближайшей перспективе в число 30 самых развитых экономических стран, а качественные дороги с хорошим дорожным сервисом это один из важнейших показателей успешного развития государства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Об утверждении Концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года [Текст]/ Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2022 года № 1116. — ИПС "Әділет". — (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001116>)
- 2 Melo, P.C. Transport Infrastructure Effects on Economic Output: The Microeconomic Approach [Текст] / P.C. Melo // International Encyclopedia of Transportation — Amsterdam: Изд-во Elsevier, 2021. — С. 347-354.
- 3 Автомобильные дороги [Текст]/ СН РК 3.03-01-2013. — Введ. 2015-07-01. — Строительные нормы Республики Казахстан – Астана 2015. – 20с.
- 4 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к объектам дорожного сервиса и их услугам [Текст] / СТ РК 2476-2021 — Введ. 2022-01-01. – Национальный стандарт Республики Казахстан – Астана 2021. – 104с.
- 5 Урналиев, С. Антисанитарный апокалипсис. Общественные туалеты в Казахстане приводят в ужас [Электронный ресурс]/ [Текст]/ С. Урналиев // Informburo.kz: мультимедийный информационно-аналитический портал. — 3 мая 2023, 09:31. — URL: <https://informburo.kz/stati/antisanitarnyi-apokalipsis-obshhestvennye-tualety-v-kazaxstane-privodyat-v-uzas> (дата обращения: 07.03.2024).
- 6 Banerjee, I. et al. Rest Areas – Reducing Accidents Involving Driver Fatigue. – 2010.
- 7 О присоединении Республики Казахстан к Европейскому Соглашению, касающемуся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки, (ЕСТР) 1970 года [Текст] / УКАЗ Президента Республики Казахстан от 12 мая 1995 г. N 2272 – ИПС "Әділет". – (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/U950002272>)
- 8 Кодекс Республики Казахстан от 5 июля 2014 года № 235-V ЗРК. «Об административных правонарушениях» // Ведомости Парламента РК. — 2014. — № 18-II. — С. 92.
- 9 McArthur, A. Effects of public rest areas on fatigue-related crashes [Текст]/ A. McArthur //Transportation research record. – 2013. – Т. 2386. – №. 1. – С. 16-25.
- 10 Cunningham, M.L. The impact of emotion, life stress and mental health issues on driving performance and safety [Текст] / M.L. Cunningham // Road & Transport Research. — 2016. — Т. 25, № 3. — С. 1-12.
- 11 Bertulienė, L. Roadside infrastructure and rest areas concepts in Lithuania [Текст] / L. Bertulienė //9 th Int. Conf. Environ. Eng. ICEE 2014. – 2014. – С. 2-7.
- 12 Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к объектам общественного питания» [Текст]: Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 17 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-16 – ИПС "Әділет". — (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200026866>)
- 13 Labonnote, N. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities [Текст]/ N. Labonnote // Automation in Construction. — 2016. — Vol. 72, Part 3. — С. 347-366. — DOI: 10.1016/j.autcon.2016.08.026.
- 14 Tanaka, S. Analysis on drivers' parking lot choice behaviors in expressway rest area [Текст]/ S. Tanaka //Transportation research Procedia. – 2017. – Т. 25. – С. 1342-1351.
- 15 Почти треть объектов придорожного сервиса в Казахстане не соответствует стандартам. [Электронный ресурс]// Zakon.kz. — 28 марта 2023, 13:28. — URL:

<https://www.zakon.kz/sobytiia/6388392-pochti-tret-obektov-pridorozhnogo-servisa-v-kazakhstane-ne-sootvetstvuet-standartam.html> (дата обращения: 07.03.2024).

16 Европейское соглашение о международных автомагистралях (СМА). — Заключено в г. Женева 15.11.1975 г. — (European Agreement on Main International Traffic Arteries, TRANS/SC.1/2002/3).

17 Соглашение о трансевропейских магистралях. — Утверждено Европейским парламентом 23.07.1996 г. — (Trans-European road network, 93/629/EEC).

18 Kim, H. et al. Crash-and simulation-based safety performance evaluation of freeway rest area [Tekst] / H. Kim // Sustainability. — 2021. — Т. 13. — №. 9. — С. 4963.

19 Hay, K. Critical review of design and development practices that relate to access for people with disability (universal access): Part 1 Review of existing policies and guidance [Tekst] / K. Hay // Queensland Department of Transport and Main Roads. — 12 May 2021. — ARRB Project No.: 014966.

20 Al-Kaisy, A. et al. Traffic use of rest areas on rural highways: Recent empirical study [Tekst] / A. Al-Kaisy // Transportation research record. — 2011. — Т. 2255. — №. 1. — С. 146-155.

REFERENCES

1 Ob utverzhdenii Konceptii razvitiya transportno-logisticheskogo potentsiala Respubliki Kazakhstan do 2030 goda [Tekst] / Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 30 dekabrya 2022 goda № 1116. — IPS "Әdilet". — (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2200001116>)

2 Melo, P.C. Transport Infrastructure Effects on Economic Output: The Microeconomic Approach [Tekst] / P.C. Melo // International Encyclopedia of Transportation — Amsterdam: Izd-vo Elsevier, 2021. — S. 347-354.

3 Avtomobil'nye dorogi [Tekst] / SN RK 3.03-01-2013. — Vved. 2015-07-01. — Stroitel'nye normy Respubliki Kazakhstan — Astana 2015. — 20s.

4 Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Trebovaniya k ob'ektam dorozhnogo servisa i ih uslugam [Tekst] / ST RK 2476-2021 — Vved. 2022-01-01. — Nacional'nyj standart Respubliki Kazakhstan — Astana 2021. — 104s.

5 Urnaliev, S. Antisanitarnyj apokalipsis. Obshchestvennye tualety v Kazakhstane privodyat v uzhas [Elektronnyj resurs] / [Tekst] / S. Urnaliev // Informburo.kz: mul'timedijnyj informacionno-analiticheskij portal. — 3 maya 2023, 09:31. — URL: <https://informburo.kz/stati/antisanitarnyi-apokalipsis-obshhestvennye-tualety-v-kazaxstane-privodyat-v-uzas> (data obrashcheniya: 07.03.2024).

6 Banerjee, I. et al. Rest Areas – Reducing Accidents Involving Driver Fatigue. — 2010.

7 O prisoedinenii Respubliki Kazakhstan k Evropejskomu Soglasheniyu, kasayushchemusya raboty ekipazhej transportnyh sredstv, proizvodnyashchih mezhdunarodnye avtomobil'nye perevozki, (ESTR) 1970 goda [Tekst] / UKAZ Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 12 maya 1995 g. N 2272 – IPS "Әdilet". — (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/U950002272>)

8 Kodeks Respubliki Kazakhstan ot 5 iyulya 2014 goda № 235-V ZRK. «Ob administrativnyh pravonarusheniyah» // Vedomosti Parlamenta RK. — 2014. — № 18-II. — S. 92.

9 McArthur, A. Effects of public rest areas on fatigue-related crashes [Tekst] / A. McArthur // Transportation research record. — 2013. — Т. 2386. — №. 1. — S. 16-25.

10 Cunningham, M.L. The impact of emotion, life stress and mental health issues on driving performance and safety [Tekst] / M.L. Cunningham // Road & Transport Research. — 2016. — Т. 25, № 3. — S. 1-12.

11 Bertulienė, L. Roadside infrastructure and rest areas concepts in Lithuania [Tekst] / L. Bertulienė // 9 th Int. Conf. Environ. Eng. ICEE 2014. — 2014. — S. 2-7.

12 Ob utverzhdenii Sanitarnykh pravil «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k ob'ektam obshchestvennogo pitaniya» [Tekst]: Prikaz Ministra zdavoohraneniya Respubliki Kazakhstan ot 17 fevralya 2022 goda № QR DSM-16 – IPS "Әdilet". — (<https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200026866>)

13 Labonnote, N. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities [Tekst] / N. Labonnote // Automation in Construction. — 2016. — Vol. 72, Part 3. — S. 347-366. — DOI: 10.1016/j.autcon.2016.08.026.

14 Tanaka, S. Analysis on drivers' parking lot choice behaviors in expressway rest area [Tekst] / S. Tanaka // Transportation research Procedia. — 2017. — Т. 25. — S. 1342-1351.

15 Pochti tret' ob"ektov pridorozhnogo servisa v Kazahstane ne sootvetstvuet standartam. [Elektronnyj resurs]// Zakon.kz. — 28 marta 2023, 13:28. — URL: <https://www.zakon.kz/sobytiia/6388392-pochti-tret-obektov-pridorozhnogo-servisa-v-kazahstane-ne-sootvetstvuet-standartam.html> (data obrashcheniya: 07.03.2024).

16 Evropejskoe soglasenie o mezhdunarodnyh avtomagistralyah (SMA). — Zaklyucheno v g. ZHeneva 15.11.1975 g. — (European Agreement on Main International Traffic Arteries, TRANS/SC.1/2002/3).

17 Soglasenie o transevropeskih magistralyah. — Utverzhdeno Evropejskim parlamentom 23.07.1996 g. — (Trans-European road network, 93/629/EEC).

18 Kim, H. et al. Crash-and simulation-based safety performance evaluation of freeway rest area [Tekst] / H. Kim //Sustainability. – 2021. – T. 13. – №. 9. – S. 4963.

19 Hay, K. Critical review of design and development practices that relate to access for people with disability (universal access): Part 1 Review of existing policies and guidance [Tekst] / K. Hay // Queensland Department of Transport and Main Roads. — 12 May 2021. — ARRB Project No.: 014966.

20 Al-Kaisy, A. et al. Traffic use of rest areas on rural highways: Recent empirical study [Tekst] / A. Al-Kaisy //Transportation research record. – 2011. – T. 2255. – №. 1. – S. 146-155.

ТҮЙІН

Бұл мақала мемлекетіміздің аумағы арқылы өтетін көлік дәліздерін дамытудың маңыздылығы мен стратегиялық маңыздылығын ескере отырып, Қазақстан Республикасының жол бойындағы сервис саласындағы өзекті мәселелерді зерттеуге арналған. Мақалада жол бойындағы сервистің толыққанды дамуына кедергі келтіретін негізгі проблемалар қарастырылады. Мұндай проблемалардың қатарына қазіргі заманауи объектілер мен жол бойындағы сервис инфрақұрылымының жетіспеушілігі, қолданыстағы объектілердің техникалық жарактандырылуының жеткіліксіздігі, сондай-ақ әртүрлі мемлекеттік және жеке құрылымдар арасындағы іс-қимылдардың сәйкес келмеуі жатады. Бұдан басқа, көрсетілетін қызметтердің сапасы жағынан проблемалар атап өтіледі, бұлардың бәрі көлік желісінің жұмыс істеуінің жалпы тиімділігіне кері әсерін тигізеді.

Жол бойындағы сервис қызметтердің қауіпсіздігінің, жайлылығының және қолжетімділігінің қажетті деңгейін қамтамасыз ету заманауи технологияларды енгізуді және қызмет көрсету сапасын арттыруды талап етеді. Бұл мәселелерді талдау оларды тиімді шешу үшін кешенді және жүйелі тәсіл қажет екенін көрсетеді. Жеке инвестициялар да, мемлекеттің белсенді және мақсатты қатысуы да маңызды рөл атқарады.

Мақалада жол бойындағы сервис инфрақұрылымын жаңғырту және жақсарту жөніндегі бағдарламаларды әзірлеуге және іске асыруға мемлекеттің қатысу дәрежесін арттыру қажеттігіне ерекше назар аударылады. Осы секторға жеке инвестицияларды ынталандыратын және жоғары сапа стандарттарын қамтамасыз ететін тиімді нормативтік базаны құру мен енгізудің маңыздылығы талқыланады.

UDC 54.058
IRSTI 61.31.57

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-240-252

Montaev S.A., Professor, Doctor of Engineering Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0001-7406-7986>

NJSC «Zhangir Khan West- Kazakhstan Agrarian and Technical University»,Uralsk, Zhangir Khan str. 51, 090009, Kazakhstan

Yessengeldi A.K., master's student, <https://orcid.org/0009-0008-6741-1863>

NJSC «Zhangir Khan West - Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, Zhangir Khan str. 51, 090009, Kazakhstan, aiym.0110@mail.ru

Gumarova Zh.M., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-0043-8208>

NJSC «Zhangir Khan West- Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, aina_zhg@mail.ru.

Begaliyeva R. S., senior Lecturer, <https://orcid.org/0000-0003-0522-6028>

NJSC «Zhangir Khan West- Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, Zhangir Khan str. 51, 090009, Kazakhstan, rabesa@mail.ru.

MINERAL RAW MATERIALS AS SORBENTS IN GROUNDWATER PURIFICATION PROCESSES

ANNOTATION

Reducing the amount of fresh water necessitates the effective use of groundwater along with surface water. The use of mineral sorbents in the process of groundwater purification is environmentally and economically acceptable. For this reason, it is recommended to use mineral raw materials such as clays, activated carbon as a sorbent. Mineral sorbents are an effective means of removing various pollutants from water, including heavy metals, organic compounds and radioactive substances. This study examined the use of diatomite and montmorillonite as sorbents. They worked to improve the organoleptic characteristics of the groundwater of the Akkurai deposit, reducing the hardness and chloride content in the water. The physicochemical properties were determined using the methods of argentometry and iodometry. Comparative work was carried out with the results obtained by filtration on various sorbents. The results show that the thermomodified sorbent has a good adsorption capacity. These results show that mineral sorbents are an effective solution for groundwater purification and that the use of mineral sorbents in various compositions to increase the efficiency of groundwater purification in the future is one of the promising methods.

Key words: *groundwater, sorbent, diatomite, gaize, organoleptic parameters*

Introduction. With the continuous industrialization process, water pollution has become a major environmental issue around the world, causing severe environmental crises. This issue is challenging to solve, as water contamination not only harms the environment but also poses a significant threat to human health and ecosystems. The demand for fresh water continues to increase with the growing human population and rising living standards. Unfortunately, water contaminants are reducing the supply of freshwater from both surface and groundwater sources. Due to their limited availability, natural freshwater reserves are unable to meet the rising demand. The World Meteorological Organization has predicted that by 2050, over 5 billion people will lack access to adequate water [1-2].

Currently, Kazakhstan is grappling with a serious environmental challenge due to water pollution. This pollution is mainly caused by mineral resource extraction, transportation, industrial operations, and agricultural activities. While providing a sufficient water supply is technically feasible, it is essential that this water meets specific quality standards for drinking. Ensuring safe drinking water for the population is therefore a top priority. To tackle this issue effectively, a comprehensive strategy is needed that maximizes the use of groundwater resources, as surface waters alone cannot meet the freshwater demand. Groundwater is crucial in this context, and its use must be managed carefully.

Water purification can be accomplished through various methods, including mechanical, physicochemical, chemical, and biological processes. Physicochemical methods involve techniques such as extraction, ultrafiltration, coagulation, ion exchange, reverse osmosis, electrolysis, oxidation, and sorption [3-4].

The most effective method of water purification is the sorption purification method. This is due to the fact that water purification by sorption methods is a technologically advanced, high-performance, widely used and promising method for development. These methods make it possible to purify both industrial wastewater and natural water.

With the help of sorption, soluble organic compounds, cations and anions of inorganic compounds, as well as radioactive substances can be qualitatively extracted from water.

Modern highly active sorbents work effectively at any, even minimal, concentration of undesirable impurities, as a result of which no residual concentrate remains in the water [5].

The sorption method has a number of advantages, such as the possibility of cleaning water bodies to the required concentration of pollution (MPC) and desorption by reusing sorption material in industrial technologies [6].

The efficiency of purification by sorption methods can reach 80-90% and depends on the chemical nature of the sorbents, the size of the adsorption surface, its accessibility, as well as on the chemical structure of the adsorbate and the form of its presence in solution. There are many types of sorbents, which are divided into four groups: the first group – elements based on primary or processed organic products consisting of peat, moss, buckwheat and rice cleaning waste; the second group – sorbents based on polymeric materials – polypropylene, polyurethane, foam; the third group – mineral sorbents; The fourth group is nanosorbents based on graphite or other carbonaceous materials.

One of the important conditions for the use of sorbent in the process of water purification is its availability, low cost and the possibility of regeneration. These requirements are met by various natural minerals capable of adsorbing charged particles on their surface to varying degrees [7-8].

Diatomite is a sedimentary rock formed by silica fragments of the shells of microscopic diatoms – diatoms and radiolarians. The main part of the siliceous carapace (skeleton) is amorphous silica hydrates of various degrees of water content – varieties of opal of the $mSiO_2 \cdot nH_2O$ type, the crystal component is represented by quartz admixtures [9].

Diatomite-based sorbents are used as filter media in water treatment. The high dispersion and porosity of diatomite promote the adsorption of water pollutants on its surface. The main requirements for the methods of rock processing when obtaining sorbents are manufacturability, efficiency, and environmental friendliness. It is also necessary to take into account the characteristics of the raw materials. For example, the ability of diatomite to absorb water is 149.77 ± 0.34 wt. %, and therefore it is impossible to grind it without first drying it [10].

Diatomite is a mineral of silicon dioxide consisting of fossilized skeleton remnants of microscopic single-celled aquatic plants (algae) called diatoms. Diatomite from Aktobe field of Kazakhstan can be used to remediate many environmental problems. It has a unique combination of physical and chemical properties (good absorption ability, chemical inertness and a large surface area) that makes it applicable as a sorbent for purification of water from heavy metals and ion exchange. Modern methods make it possible to purify water from heavy metals, in principle, to any depth, for example, using activated carbons. Nevertheless, the implementation of existing technological procedures is limited by its high cost associated mainly with activation or combination with other active phases in the diatomite-based sorbent production, recovery of used sorbent, and regeneration. To overcome these drawbacks, it was planned to exploit ready-for-use sorbents (native solid sorbents) the performance of which could be further implemented after minimal activation treatments. Different natural solid sorbents modification protocols are conventionally used by researchers to enhance specific diatomite properties, such as high efficiency, considerable adsorption capacity, operated selectivity. Among them are: thermal activation; mechanical activation; chemical activation [11].

Diatomites also purify water very well from heavy metals. Shen et al. [12] indicated that modified diatomite (using NaOH and $MnCl_2$) was an effective cadmium wastewater adsorbent and suitable for recycling. Those results showed the removal rate of Cd(II) on modified diatomite was 98.69%, while unmodified diatomite was 58.30%. Memedi et al. [13] removed 100% of chromium ions from water using clay diatomite. Sharipova et al. [14] tried to remove triclosan from model solutions, and Hadri et al. [15] examined the adsorption of methylene blue on diatomaceous earth. Gokirmak Sogut and Caliskan [16] removed lead, copper, and cadmium ions from an aqueous solution using crude and thermally modified diatomite.

Inorganic adsorbents have an advantage over organic ion-exchange resins, for example, resistance to acids or ionizing radiation. Minerals with the structure of montmorillonite (MT) are widely used in various industries – as sorbents for water and gas purification, desiccants, as binders in cracking catalysts, and catalyst carriers, as well as medical sorbents. MT is a clay mineral from the smectite group of a subclass of layered silicates with variable chemical composition [17].

The use of natural clay minerals in sorption processes is promising and relevant due to their low cost and inexhaustible reserves. In this regard, the development of methods for the preparation of new effective sorbents based on natural montmorillonites is of great practical importance for the purification of wastewater and liquid waste from heavy metal ions and various toxic substances [18].

Montmorillonite is a mineral with a layered structure and an expanding structural cell. It is the most widely distributed amphoteric ion exchanger in nature. Its cation exchange ability is due to the permanent negative charge of the aluminosilicate layers caused by isomorphic substitutions in

the oxygen grid of the mineral. Exchange interlayer cations, which help restore the electroneutrality of the structure, are weakly held by the surface and can be replaced by other cations. On the other hand, so-called "terminal" aluminol and silanol groups are located on the sides of the aluminosilicate layers and are capable of carrying both negative and positive charges, depending on the pH of the surrounding medium. Despite the fact that the surface area of these groups does not exceed 7-9% of the total particle surface, they can act as potential centers for anion adsorption [19].

Montmorillonite belongs to the class of layered aluminosilicates of the dioctahedral smectite group and is a 2:1 layer consisting of Si-O tetrahedral grids joined in the middle with an Al-OH octahedral grid. Due to the isomorphic substitutions of Al^{3+} to Mg^{2+} and Fe^{2+} in octahedral grids (mainly) and a small proportion of isomorphic substitutions of Si^{4+} to Al^{3+} in tetrahedral grids, the montmorillonite layer has a negative charge of the order of 0.3–0.6 f.u., which is neutralized by the exchange of interlayer hydrated cations Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} and others. Such a structure leads to the lability of the montmorillonite structure, makes the external and internal surfaces in crystallites available for adsorption and provides high swelling and high sorption capacity with respect to heavy metals, radionuclides and other anthropogenic components dangerous to human health [20].

Materials and methods. Methods for determining stiffness

The determination of the total hardness of water is hampered by: copper, zinc, manganese and a high content of carbon dioxide and bicarbonate salts. The influence of interfering substances is eliminated during the analysis. The titration error of 100 cm^3 of the sample is 0.05 mol/ m^3 .

100 cm^3 of filtered test water or a smaller volume diluted to 100 cm^3 with distilled water is added to a conical flask. In this case, the total amount of the substance equivalent to calcium and magnesium ions in the volume taken should not exceed 0.5 mol. Then add 5 cm^3 of the buffer solution, 5-7 drops of the indicator or approximately 0.1 g of a dry mixture of the chromogen black indicator with dry sodium and immediately titrate with a strong stirring of 0.05 n. with a solution of trilon B until the color changes at an equivalent point (the color should be blue with a greenish tinge).

If more than 10 cm^3 0.05 n of trilon B solution was used for titration, then this indicates that in the measured volume of water the total amount of the substance equivalent to calcium and magnesium ions is more than 0.5 mol. In such cases, the definition should be repeated by taking a smaller volume of water and diluting it to 100 cm^3 with distilled water.

An indistinct color change at the equivalent point indicates the presence of copper and zinc. To eliminate the influence of interfering substances, 1-2 cm^3 of sodium sulfide solution is added to the water sample measured for titration, after which the test is carried out as indicated above.

If, after adding a buffer solution and an indicator to the measured volume of water, the titrated solution gradually discolors, acquiring a gray color, which indicates the presence of manganese, then in this case, five drops of 1% hydroxylamine hydrochloride solution should be added to the sample of water selected for titration before applying reagents and then determine the hardness as indicated above.

If titration becomes extremely protracted with unstable and indistinct coloration at an equivalent point, which is observed with high alkalinity of water, its effect is eliminated by adding to the sample of water selected for titration, before adding reagents of 0.1 n. hydrochloric acid solution in the amount necessary to neutralize the alkalinity of water, followed by boiling or blowing the solution with air for 5 min. After that, a buffer solution is added, an indicator and then the stiffness is determined, as indicated above.

Determination of chloride (Cl^-) content in drinking water (argentometry)

Argentometry is a volumetric analytical method based on the reactions of deposition of halogen ions by silver cations to form poorly soluble halides:



The most common argentometric determination of chlorine is by the Mohr method. Its essence consists in direct titration of the liquid with a solution of silver nitrate with an indicator of potassium chromate before browning the precipitate.

The indicator of the Mohr method - K_2CrO_4 solution gives a red precipitate of silver chromate Ag_2CrO_4 with silver nitrate, but the solubility of the precipitate ($6.2 \cdot 10^{-3}$ mol/l) is much greater than the solubility of silver chloride ($1.33 \cdot 10^{-5}$ mol/l). Therefore, when titrated with a silver nitrate solution in the presence of potassium chromate, a red precipitate of silver chromate appears only after

the addition of an excess of Ag^+ ions, when all chloride ions have already been precipitated. At the same time, a silver nitrate solution is always added to the analyzed liquid, and not vice versa.

Determination of adsorption activity by iodine.

Due to its simplicity and accuracy, the iodometry method is considered one of the best methods of quantitative analysis. This method is based on redox reactions of conversion of free iodide into iodine ions or vice versa.



The standard redox potential of the system is relatively low. Therefore, many iodometric reactions are reversible and do not proceed to completion. Only when specific conditions are met, they proceed almost to completion. Crystalline iodine is only slightly soluble in water, so a solution of iodine in potassium iodide is used as a reference solution. In this solution, a less stable, more soluble complex compound of iodine forms.

Both oxidants and reducing agents can be determined using iodometry.

The main working solutions used in iodometric titrations are: iodine solution for directly titrating strong reducing agents, and solutions of potassium iodide and sodium thiosulfate, which are used for determining oxidants through substitution titration, and reducing agents through reverse titration.

About 1 g of the sorbent is weighed (the weighing result is recorded to the fourth decimal place), placed in a conical flask with a capacity of 250 cm^3 , 100 cm^3 of iodine solution in potassium iodide is added, closed with a stopper and manually shaken every minute for 30 minutes. Then the solution is allowed to settle and from the flask with a pipette, carefully so that coal particles do not get in, 10 cm^3 of the solution is taken, placed in a conical flask and titrated with 0.1 n sodium thiosulfate solution. At the end of titration, 3 ... 5 drops of starch solution are added and titrated until the blue color disappears. At the same time, the initial iodine content in the solution is determined, for this 10 cm^3 of iodine 5 solution in potassium iodide is placed in a conical flask and titrated with 0.1 n sodium thiosulfate solution, adding a starch solution at the end of titration.

The arithmetic mean of the results of two parallel definitions is taken as the result of the analysis, the absolute discrepancy between which does not exceed the permissible discrepancy of 3%.

Results and discussion. When analyzing the test water, the following indicators were determined in the test samples as the total hardness and quantitative chloride content of the water before and after purification with a natural mineral sorbent: diatomite, raw flask and thermally modified at 800°C.

To study water after purification with a mineral sorbent, 10 grams, 20 grams and 30 grams per 100 milliliters of water are taken in the following proportions, respectively.

All prototypes are well mixed and maintained for a day. The filtered water sample is further examined using the titrimetric analysis method.

Table 1 – Description of the properties and chemical elements of the investigated groundwater "Akkurai"

№	Physico-chemical properties of water	standard	result	description
1	2	3	4	5
1	Water temperature	7-11 °C.	11 °C	corresponds
2	Color of water	it should not be higher than 20 degrees. (in special cases, no higher than 35 degrees.)	30 degrees. The water has a greenish tint	corresponds
3	Turbidity	Not higher than 1.5 mg/l.	1,5 mg/l.	corresponds

1	2	3	4	5
4	Taste	It can be salty, bitter, sweet and sour. Natural waters, as a rule, have only a salty and bitter aftertaste.	Salty taste	The salty taste is caused by the sodium chloride content
5	Smells	According to the norms of Sanitary rules and regulations 2.1.4.559-96, the smell of water should be no more than 2 points	3 points - noticeable smell or taste, easily detectable	Increased by 1 unit
6	Active water reaction	According to the norms of Sanitary rules and regulations 2.1.4.559-96, the pH of drinking water should be within 6.0-9.0	pH = 6,8	the reaction of the water is neutral, it corresponds.
7	Water hardness	According to the norms of Sanitary rules and regulations 2.1.4.1074-01, the hardness of drinking water should be no higher than 7 (10) mg-eq/l, (or no more than 350 mg/l).	5.5 mg-eq/l	corresponds, medium hardness water (from 4 to 8 mg-eq/l)
8	Chlorides	The maximum permissible concentration of chlorides in drinking water is 300...350 mg/l	443 mg/l	Increased by 100 units

As described in Table 1, the water was tested for some organoleptic and physicochemical properties before water purification. From the indicators it became known that the water complies with many standards, but there is also an excess above the norm in such parameters as the content of dissolved chloride ions in the water and the overall hardness is average. In view of this, while continuing the work, special emphasis was placed on reducing these numerical values in water.

Table 2 – Water purification using raw gaize

№	Physico-chemical properties of water	Standard	Result				Description
			before water purification	After water purification			
				10:100	20:100	30:100	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Water temperature	7-11 °C.	11 °C	15 °C	15 °C	15 °C	It was purified in the laboratory at room temperature
2	Color of water	it should not be higher than 20 degrees.	30 degrees. The water has a greenish tint	30 degrees	25 degrees	20 degrees	It's fine
3	Turbidity	Not higher than 1.5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	It's fine
4	Taste	It can be salty, bitter, sweet and sour.	salty taste	-	-	-	The salty taste did not settle

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Active water reaction	According to the norms, the pH of drinking water should be within 6.0...9.0	pH = 6,8	7	7	7	It's fine
7	Water hardness	the hardness of drinking water should be no higher than 7 (10) mg-eq/l	5,5 mg-eq/l	5,5	4,5 mg-eq/l	4,5 mg-eq/l	It's fine
8	Chlorides	The maximum permissible concentration of chlorides is 300...350 mg/l	443 mg/l	296 mg/l	301 mg/l	337 mg/l	It's fine

Water purification using raw gaize (Table.2) showed results in samples of 20 grams of sorbent per 100 ml of test water, where there is a slight decrease in both water hardness from 5.5 mg-eq/l to 4.5 mg-eq/l, and chlorides in the sample from 443 mg/l to 301 mg/l, which corresponds to the norms in the Sanitary rules and regulations.

Table 3 – Results of the analysis of the physico-chemical characteristics of the tested water sample using a thermally modified gaize at 800°C

Using a thermally insulated gauge at 000 °C							
№	Physico-chemical properties of water	Standard	Result				Description
			before water purification	After water purification			
				10:100	20:100	30:100	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Water temperature	7-11 °C.	11 °C	15 °C	15 °C	15 °C	It was purified in the laboratory at room temperature
2	Color of water	it should not be higher than 20 degrees.	30 degrees. The water has a greenish tint	20 degrees	15 degrees	10 degrees	It's fine
3	Turbidity	Not higher than 1.5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	It's fine
4	Taste	It can be salty, bitter, sweet and sour.	Salty taste	-	-	-	The salty taste did not settle

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Smells	According to the norms, no more than 2 points	3 points - noticeable smell or taste, easily detectable	2 points	2 points	2 points	It's fine
6	Active water reaction	According to the norms, the pH of drinking water should be within 6.0...9.0	pH = 6,8	7	7	7	It's fine
7	Water hardness	the hardness of drinking water should be no higher than 7 (10) mg-eq/l	5,5 mg-eq/l	4.25	4,0 mg-eq/l	3,5 mg-eq/l	It's fine
8	Chlorides	The maximum permissible concentration of chlorides is 300...350 mg/l	443 mg/l	355 mg/l	319 mg/l	301 mg/l	It's fine

The obtained results of the analysis of the physico-chemical characteristics of the tested water sample (Table.3) using thermally modified gaize at 800 ° C, it gives good results both in reducing water hardness and in reducing chlorides in water in ratios of 30 : 100 g/ml of gaize to water, compared with raw gaize.

Table 4 – Examination of the test sample of water purified with diatomite (groundwater "Akkurai")

№	Physico-chemical properties of water	Standard	Result				Description
			before water purification	After water purification			
				10:100	20:100	30:100	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Water temperature	7-11 °C.	11 °C	15 °C	15 °C	15 °C	It was purified in the laboratory at room temperature
2	Color of water	it should not be higher than 20 degrees.	30 degrees. The water has a greenish tint	20 degrees	15 degrees	10 degrees	It's fine
3	Turbidity	Not higher than 1.5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	1,5 mg/l.	It's fine
4	Taste	It can be salty, bitter, sweet and sour.	salty taste	-	-	-	The salty taste did not settle
5	Smells	According to the norms, no more than 2 points	3 points - noticeable smell or taste, easily detectable	2 points	2 points	2 points	It's fine

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Active water reaction	According to the norms, the pH of drinking water should be within 6.0...9.0	pH = 6,8	7	7	7	It's fine
7	Water hardness	the hardness of drinking water should be no higher than 7 (10) mg-eq/l	5,5 mg-eq/l	11	10	8	Increased by 3-6 units (water is hard)
8	Chlorides	The maximum permissible concentration of chlorides is 300...350 mg/l	443 mg/l	425 mg/l	419 mg/l	458 mg/l	Slight increase

Experimental data obtained by purifying water through diatomite in the ratios indicated in Table 5 showed that this mineral increases the hardness of water to 5-7 units of soft water, but does not affect chloride ions in water.

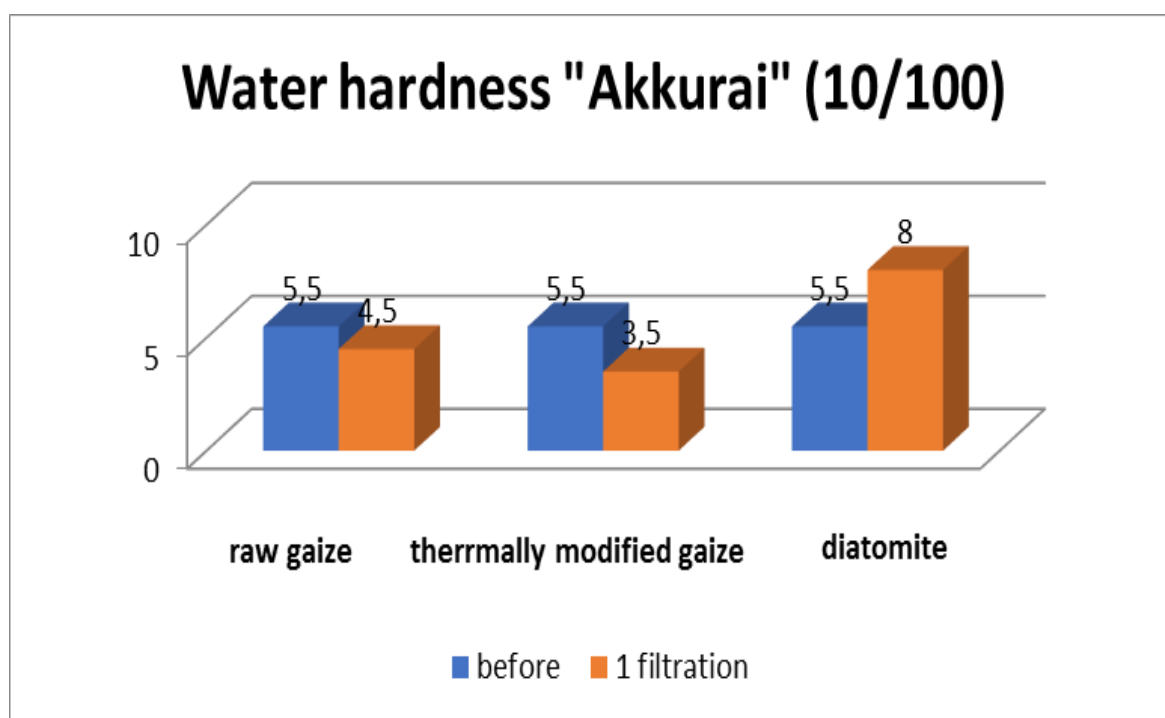


Figure 1 – Comparative diagram of mineral sorbents for water hardness in proportions 10/100

Figure 1 clearly shows that thermal gaize has a better effect on water hardness than other sorbents. Thermal gaize lowered the quality hardness index from 5.5 mg-eq/l to 4.25 mg-eq/l.

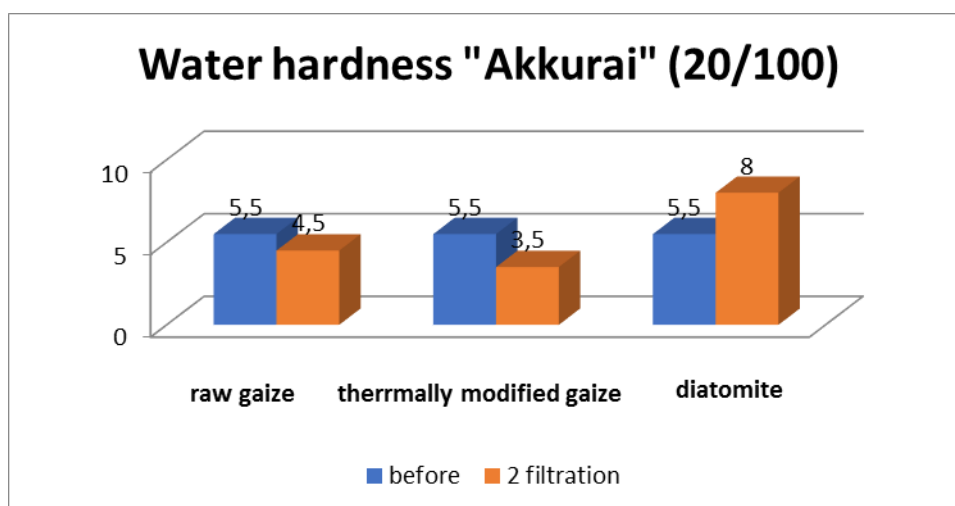


Figure 2 – Comparative diagram of mineral sorbents for water hardness in proportions 20/100

In a ratio of 20/100 samples, the water hardness was well reduced by thermal gaize (Figure 2). Reduced the quality hardness index from 5.5 mg-eq/l to 4.0 mg-eq/l.

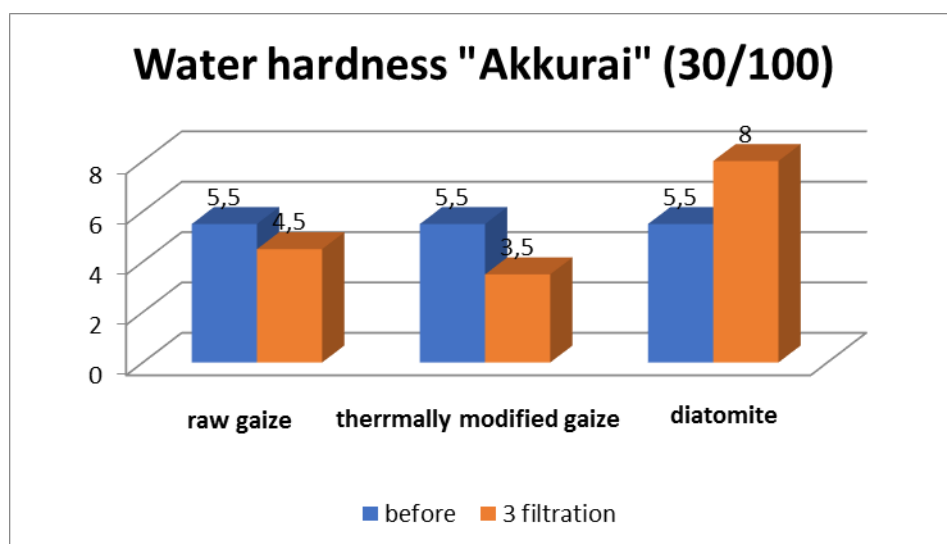


Figure 3 – Comparative diagram of mineral sorbents for water hardness in proportions 30/100

In Figure 3, in a ratio of 30/100 samples, thermal gaize well reduced water hardness compared to other sorbents. Reduced the quality indicator of hardness from 5.5 mg-eq/l to 3.5 mg-eq/l.

Table 5 – Results of determination of the adsorption activity of mineral sorbents by the iodometric titration method

№	Mineral sorbents	Indicators of consumed titrant, ml	A, %
3	Thermal gaize	10,2	0,07
6	Diatomite	9,3	0,18
8	Gaize	10	0,1

According to Table 6, the results of determining the adsorption activity of mineral sorbents by the iodometric titration method showed the following activity to reduce activity: diatomite > ordinary gaize > thermally modified gaize.

Conclusions. As described in Table 1, the water before water purification was examined for some organoleptic and physico-chemical properties, such as temperature, color, turbidity, taste, odor, pH of the medium, total hardness and chlorides. It became known from the indicators that the water meets many standards, but there is also an excess above the norm in such parameters as the content of dissolved chloride ions in water and the total hardness has an average value. In view of this, continuing the work, special emphasis was placed on lowering these numerical values in water:

Water purification using raw gaize (Table.2) showed results in samples of 20 grams of sorbent per 100 ml of test water, where there is a slight decrease in both water hardness from 5.5 mg-eq/l to 4.5 mg-eq/l, and chlorides in the sample from 443 mg/l to 301 mg/l, which corresponds to the norms in the Sanitary rules and regulations.

The obtained results of the analysis of the physico-chemical characteristics of the tested water sample (Table.3) using thermally modified gaize at 800 ° C, it gives good results both in reducing water hardness and in reducing chlorides in water in ratios of 30 : 100 g/ml of flask to water, compared with raw flask.

In view of this, it is necessary to consider different compositions of these natural mineral sorbents in the purification of various types of water to improve their physico-chemical, organoleptic and technological qualities.

REFERENCES

- 1 Xu, J. A review of functionalized carbon nanotubes and graphene for heavy metal adsorption from water: Preparation, application, and mechanism [Text] / Xu. J., Cao. Z., Zhang.Y., Yuan.Z., Lou. Z., Xu. X., Wang. X. // Chemosphere. - 2018. – P. 351–364.
- 2 Dilley, M. Global Status [Text] / M. Dilley., V.F. Grasso., T. Idle., N. Msemo. // State of climate services: water. – 2021. - №1278. - 46 p.
- 3 Kuz'mina, R.I. Fiziko-himicheskie i adsorbcionnye svoystva opoki i primeneniye eyo v ochistke stochnykh vod [Tekst] / R.I. Kuz'mina., A.V. Kondrashova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2017. - № 6. - S. 94-102.
- 4 Novikova, A.E. Sovremennye metody ochistki vody [Tekst] / A.E. Novikova., K.S. Ruina // «VESTNIK NAUKI» Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. - 2021. - № 1 (34). - S. 146-148
- 5 Gracheva N.V. Sorption methods of water purification: a textbook for universities [Tekst] / N.V.Gracheva, N.O.Sivolobova, V.F. Zheltobryukhov –Volgograd, 2020.
- 6 Lapin, A.P. Wastewater treatment from oil products using flotation methods [Text] / A.P. Lapin., V.V. Nedoluzhko // World of Transport and Technological Machines. - 2010. - № 1 (28). – P. 83–88.
- 7 Aymetdinov, R.R.. Sorbtsionnye metody v sistemakh ochistki prirodnoy vody / R.R. Aymetdinov, I.A. Makarova, M.V. Buzaeva // Sbornik nauchnykh trudov / ULGTU, 2023. - S. 123-125.
- 8 Petrova, E.V. Issledovanie prirodnykh mineralov kak sorbentov dlya podgotovki pitevoy vody / E.V.Petrova, A.V.Obukhova, R.K.Gukovich, V.I.Otmakhov, D.E. Babenkov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. - 2022. -№ 26. - S. 17-31.
- 9 Starostina, I .V. Temperature modification of diatomite sludge of oil extraction production at obtaining a sorbent [Text] / I .V. Starostina, Yu. L. Makridina., Zh. A. Sapronova. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 945. - 2020.
- 10 Ubaskina, J.A. Vliyanie sposoba ochistki diamotita pri poluchenii sorbentov dlya ochistki vody na ikh fiziko-khimicheskie svoystva. Kniga referatov. / J.A. Ubaskina., M.B. Alekhina. –M. - 2021. - S. 35-17.
- 11 Nurgain A. Acid Modification of Diatomite-Based Sorbents [Text] / A. Nurgain., M. Nazhipkyzy., A.A. Zhaparova., A.T. Issanbekova., M. Alfe., A.S. Musina. // Eurasian Chem.-Technol. - 2020. - № 22. - P. 157–164.
- 12 Shen, T.M. Study on the adsorption process of Cd(II) by Mn-diatomite modified adsorbent [Text] /T.M. Shen. H. Xu. Y. Miao. L.L. Ma, N.C. Chen. Q.L. Xie // Mater. Lett. - 2021. – 300 s.
- 13 Memedi, H. Adsorption of Cr(VI) Ions From Aqueous Solutions by Diatomite and Clayey Diatomite [Text] / H. Memedi, A.A. Reka, S. Kuvendziev, K. Atkovska, M. Garai, M. Marinkovski, B. Pavlovski, K. Lisichkov, Chapter // Biological Approaches to Controlling Pollutants: Advances in Pollution Research, Woodhead Publishing. - 2022. - P. 29–48.

14 Sharipova A.A. Triclosan adsorption from model system by mineral sorbent diatomite [Text] / S.B. Aidarova, N.Y. Bekturganova, A. Tleuova, A.M. Kerimkulova, O. Yessimova, T. Kairaliyeva, O. Lygina, S. Lyubchik, R. Miller // *Colloids Surf.* - 2017. - № 532. - P. 97–101.

15 Hadri M. Adsorption of a cationic dye from aqueous solution using low-cost Moroccan diatomite: adsorption equilibrium, kinetic and thermodynamic studies, *Desal* [Text] / M. Hadri, Z. Chaouki, K. Draoui, M. Nawdali, A. Barhoun, H. Valdes, N. Drouiche, H. Zaitan // *Water Treat.* - 2017. - № 75. - P. 213–224.

16 E. Gokirmak Sogut. Removal of lead, copper and cadmium ions from aqueous solution using raw and thermally modified diatomite, *Desal* [Text] / E. Gokirmak Sogut, N. Caliskan // *Water Treat.* - № 58. - 2017. - P. 154–167.

17 Abdollahi T. Sorption of cesium and strontium ions by natural zeolite and management of produced secondary waste [Text] / T. Abdollahi., J. Towfighi., H. Rezaei-Vahidian // *Environmental Technology & Innovation.* - 2020. - V. 17.

18 Imanova N.A. Izuchenie adsorbtsii atsetona na sorbentakh na osnove montmorillonita [Tekst] / N.A.Imanova, F.M.Sadykhov. // *Azerbaydzhanskiy khimicheskiy zhurnal.* - 2022. - № 3. - S. 99-104.

19 Kon'kova T.V. Mekhanizm inversii sorbtsionnykh svoystv montmorillonita kationnymi PAV [Tekst] / T.V. Kon'kova, A.P. Rysev, E.V. Mishchenko. // *Perspektivnye materialy.* - 2020. - № 1. - S.13-20.

20 Belousov P.E. Quantitative methods for determining the content of montmorillonite in bentonite clays [Text] / Belousov P.E., Ostrovko B.V., Zakuskin S.V., Krupskaya V.V // *Georesources.* - 2020. - № 22(3). - P. 38-47.

ТҮЙІН

Тұщы су мөлшерінің азаюы жер үсті суларымен қатар жер асты суарын тиімді пайдаланудың қажеттілігін тудырады. Жер асты суларын тазарту процесінде минералды сорбенттерді қолдану экологиялық және экономикалық жағынан қолайлы. Сол себепті сорбент ретінде саздар, белсендірілген көмірлер сияқты минералды шикізаттарды қолдану ұсынылады. Минералды сорбенттер судан әртүрлі ластаушы заттарды, соның ішінде ауыр металдарды, органикалық қосылыстарды және радиоактивті заттарды кетірудің тиімді құралы болып табылады. Бұл зерттеуде сорбенттер ретінде диатомит пен монтмориллониттің қолданылуы қарастырылды. Олар Аккурай кен орнындағы жер асты суының органолептикалық көрсеткіштерін жақсартып, кермектілігін және судың құрамындағы хлоридтерді мөлшерін азайтуға жұмыс жасады. Аргентометрия және йодометрия әдістерін қолдана отырып физика-химиялық қасиеттері анықталды. Әртүрлі сорбенттерде фильтрлеу арқылы алынған нәтижелерге салыстыру жұмыстары жүргізілді. Нәтижелер термиялық модифицирленген сорбенттің адсорбция қабілеті жақсы екенін көрсетеді. Бұл нәтижелер минералды сорбенттер жер асты суын тазартудың тиімді шешімі екенін және болашақта жер асты суларын тазарту тиімділігін арттыру үшін минералды сорбенттерді әртүрлі композицияларда қолдану перспективалы әдістердің бірі екенін көрсетеді.

РЕЗЮМЕ

Уменьшение количества пресной воды обуславливает необходимость эффективного использования грунтовых вод наряду с поверхностными. Использование минеральных сорбентов в процессе очистки грунтовых вод является экологически и экономически приемлемым. По этой причине в качестве сорбента рекомендуется использовать минеральное сырье, такое как глины, активированный уголь. Минеральные сорбенты являются эффективным средством удаления из воды различных загрязнителей, включая тяжелые металлы, органические соединения и радиоактивные вещества. В этом исследовании рассматривалось использование диатомита и монтмориллонита в качестве сорбентов. Они работали над улучшением органолептических показателей подземных вод Аккурайского месторождения, снижением жесткости и содержания хлоридов в воде. Определены физико-химические свойства с использованием методов аргентометрии и йодометрии. Были проведены сравнительные работы с результатами, полученными фильтрацией на различных сорбентах. Результаты показывают, что термомодифицированный сорбент обладает хорошей

адсорбционной способностью. Эти результаты показывают, что минеральные сорбенты являются эффективным решением для очистки грунтовых вод и что использование минеральных сорбентов в различных композициях для повышения эффективности очистки грунтовых вод в будущем является одним из перспективных методов.

ӘӨЖ: 666.328.1
 ФТАХР: 67.09.33

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-252-259

Баймишев Х. Б., б.ғ.д., профессор, РАЕН ФГБОУ ВО Самарский ГАУ академигі, **негізгі автор**, <http://orcid.org/0000-0003-1944-5651>

Самарская государственная сельская академия, Учебная көш., 1, Кинель қ., Самара обл., 446442, Ресей Ф, baimisihev_hb@mail.ru

Галымжанова Д. Н., техника ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0009-0003-4123-3230>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көш. 51, 090009, Қазақстан Республикасы, diko_96@bk.ru

Уразова С. С., техника ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0009-0000-4052-9775>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көш. 51, 090009, Қазақстан Республикасы, urazova_svetlana@inbox.ru

Сахиев Б.Ж., магистр, <https://orcid.org/0009-0005-7638-9934>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көш. 51, 090009, Қазақстан Республикасы, bolatbek.87@mail.ru

Baimishev Kh.B., d.b.s., professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, **the main author**, <http://orcid.org/0000-0003-1944-5651>

Самарская государственная сельская академия, Учебная ул., 1, г.Кинель, Самарская обл., 446442, Россия, baimisihev_hb@mail.ru

Galymzhanova D., master of engineering and technology, <https://orcid.org/0009-0003-4123-3230>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, diko_96@bk.ru

Urazova S., master of engineering and technology, <https://orcid.org/0009-0000-4052-9775>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, urazova_svetlana@inbox.ru

Sakhiyev B., master, <https://orcid.org/0009-0005-7638-9934>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, bolatbek.87@mail.ru

КОНДЕНСАЦИЯЛАНҒАН "SILICA FUME" МИКРОКРЕМНЕЗЕМІНІҢ АЛДЫН АЛА КЕРНЕЛГЕН ТЕМІРБЕТОН ҚАДАЛАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ INFLUENCE OF CONDENSED MICROSILICA "SILICA FUME" ON THE PROPERTIES OF PRESTRESSED CONCRETE PILES

Аннотация

Мақалада, «Silica fume» конденсацияланған микрокремнеземеңнің, алдын-ала кернелген қадалы іргетастарды өңдеу технологиясындағы модификацияланған бетонның қасиеттеріне әсерін зерттеу барысында алынған эксперименттік деректер берілген. Құрамында кремний бар қорытпаларды өндіру кезінде технологиялық пештерді газбен тазарту процесінде алынған техногендік шыққан "Silica fume" микрокремнеземін қолдану алдын ала кернелген қадаларды өндіру кезінде бетонда өзінің тиімділігін және өңделмеген Тауритті белсенді емес минералды қоспа ретінде қолдану мүмкіндігін көрсетілді. Сонымен, Тауритті енгізу нәтижелері көрсеткендей, портландцемент шығыны 20% - ға азайған кезде және Тауритті 5, 8 және 10% мөлшерінде бетонның құрамына енгізілген кезде бетон сапасына әсер етеді, бұл ретте 5 және 8% шығынмен өсімі 2-3%-дан аспайды, ал 10% шығынмен өсім 7%-ға дейін жетеді. 5, 8 және 10% мөлшеріндегі "Silica fume" микрокремнеземінің нәтижелері қалыпты-ылғалды қатайтуы бетонының беріктігіне оң әсер етеді, өсім 5-тен 12% - ға дейін жетеді. Сонымен, бетонның

жылу-ылғалдылықпен өңделгендегі беріктігі 8 және 10% - дан жақсы нәтиже көрсетеді, беріктігі 3-тен 10% - ға дейін артады.

Азаматтық және өнеркәсіптік құрылыста, осы құрылымдар мен бұйымдарды кеңінен пайдалану жан-жақтылығымен, жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштерді кеңінен пайдаланумен және пайдалану сенімділігімен түсіндіріледі. Көп жағдайда құрылыстағы қадалық іргетастар көп қабатты ғимараттарды, құрылыстарды өндіруде және беріктігі төмен топырақтарда қолданылады, бұл ғимараттар мен құрылыстарға жүктемені төменгі берік топырақ қабатына сенімді сызықтық көшіруді қамтамасыз етеді. Осы уақытта, сондай-ақ одан кейінгі жылдары құрылыста қадалық іргетастарға сұраныстың одан әрі өсу үрдісі байқалады, және бұл ретте жетектеуші қадалар үшін үлкен басымдық сақталып отыр. Осыған байланысты, бетон құрылымын модификациялау және құрылымның құнын төмендету нарықтық экономиканың аса маңызды талаптарының бірі болып табылады. Сөйтіп мақалада қоспаларды енгізу нәтижелері осы минералдық қоспаларды пайдалану құрылымның иілу беріктігінің артуына әкеліп соғатынын көрсетеді, бұл өз кезегінде жарықшаққа төзімділік коэффициентіне, ал пресстреленген қадалардың соққы кедергісі оң әсерін тигізеді.

ANNOTATION

The article presents the obtained experimental data on the study of the effect of condensed silica fume "Silica fume" on the properties of modified concrete in the technology for the production of prestressed piles. It was revealed that the use of Silica fume microcosm of technogenic origin, obtained in the process of gas purification of technological furnaces in the production of silicon-containing alloys, showed its effectiveness in concrete in the production of prestressed piles and the possibility of using untreated Taurite as an inactive mineral additive. Thus, the results of the introduction of Taurite show that with a decrease in the consumption of Portland cement by 20% and the introduction of Taurite in the amount of 5, 8 and 10% into the concrete compositions affects the quality of concrete, while with a consumption of 5 and 8% the increase is insignificant in the range of 2-3%, with a consumption of 10% the increase reaches up to 7%. The results of Silica fume microsilicon in the amount of 5, 8 and 10% favorably affect the strength of the concrete of normal moisture hardening, the increase is from 5 to 12%. Thus, the strength of concrete during heat and moisture treatment shows the best results with 8 and 10%, an increase in strength from 3 to 10%.

The expanded use of these structures and products in civil and industrial construction is explained by their versatility, and their widespread use by high technical and economic indicators and operational reliability. In most construction, pile foundations are used in the production of high-rise buildings, structures and in soils of weak strength, providing buildings and structures with reliable linear load transfer to the lower strong layer of soil. At this time, as well as in subsequent years, there is a tendency towards a further increase in the demand for pile foundations in construction, while driven piles remain a big priority. In this regard, modifying concrete structures and reducing construction costs is one of the most important requirements of a market economy. And so the article shows the results of introducing additives; they show that the use of these mineral additives leads to an increase in the bending strength of the structure, which in turn has a beneficial effect on the crack resistance coefficient and impact resistance of prestressed piles. Compacting the structure of cement stone with mineral additives reduces permeability to the structure, and also reduces the likelihood of the structure being prone to corrosion.

Түйін сөздер: *микрокремнезем, алдын-ала керілген қадалар, модификаторлар, өндірістік қалдықтар, оңтайлы құрам.*

Key words: *microsilica, prestressed piles, modifier, industrial waste, optimal composition.*

Кіріспе. Құрылыс материалдарының перспективалық технологияларының бірі модификаторларды қолдана отырып, физика-механикалық және пайдалану қасиеттерін арттыруды қамтамасыз ететін модификацияланған бетондарды өндіру технологиялары болып табылады.

Жергілікті шикізат пен өнеркәсіп қалдықтары негізінде модификаторлар номенклатурасын оларды модификациялаудың жаңа тәсілдерін қолдана отырып кеңейту үрдістері байқалды.

Қазіргі уақытта әртүрлі мақсаттағы химиялық қоспалардың кең номенклатурасы және бетонды қатайту кезінде ылғалдану және құрылымдау процестеріне әсер ету механизмі әзірленді. Модификаторлар номенклатурасын, әсіресе отандық үлгілерді әртүрлі химиялық және табиғи негізде кеңейтудің өсіп келе жатқан үрдісі қазіргі уақытта бетон технологиясындағы техникалық дамудың негізгі бағыттарының бірі ретінде бағалануда.

Зерттеу мақсаты және міндеттері. Зерттеу мақсаты алдын ала кернелген қадалар өндірісінде майда жер бетіндегі белсенді және инертті қоспалар мен технологиялық ерітінділерді пайдалана отырып, модификацияланған майда дәнді және модификацияланған ауыр бетон алу технологиясын әзірлеу болып табылады.

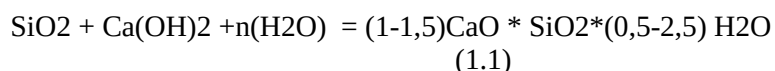
Зерттеу міндеттері:

- Қазақстан Республикасының шикізаты мен өнеркәсіптік қалдықтарын модификацияланған ауыр және майда түйіршіктелген бетонға пайдалану мүмкіндігін зерттеу;
- техногендік және табиғи текті жергілікті шикізатты басым пайдалана отырып, ауыр және майда түйіршіктелген бетон технологиясын әзірлеу;
- микрокремнезем мен тавритті пайдалана отырып цемент тасты ылғалдандыру кезінде пайда болған процестерді зерттеу;
- сыртқы жүктемелердің әсерінен қадалық іргетастардың сипатын модельдеу;
- алдын ала кернелген қадалар өндірісінің технологиялық шешімдері.

Материалдар мен әдістер. Модификаторлар жоғары белсенді, цемент массасының пайызының жүзден және мыңнан бір бөлігін құрайтын оңтайлы дозалы, оннан бір пайыз оңтайлы мөлшерленген орташа белсенді және әлсіз белсенді, бір және одан да көп пайыз мөлшерінде болып бөлінеді. Бұл жіктеу шартты болып табылады және, ең алдымен, бетон қоспасы мен бетонның қасиеттерін өзгерту үшін енгізілген беттік белсенді заттарға қатысты. Қоспаның белсенділігін белгілі бір әсер ету дәрежесіне жету үшін оны тұтыну арқылы да бағалауға болады. Бұл жағдайда осы көрсеткіштің әсерін ескеру қажет:

- цемент түрі, бетон құрамы және басқа факторлар;
- технологиялық сезімталдық – бетон құрамы мен оны дайындау технологиясының көрсеткіштеріндегі ауытқуларға байланысты қол жеткізілген техникалық әсердің өзгеру дәрежесі;
- модификатордың сыртқы әсерлерге төзімділігі – әртүрлі сыртқы әсерлердің (климаттық немесе кез келген басқа) деңгейін шектейтін және модификатор сапасының өзгеруін болдырмайтын сәйкестікке модификатордың қасиеттеріне қойылатын талаптар;
- модификатордың оңтайлы дозасы – бетон қоспасының немесе бетонның басқа сапа көрсеткіштерін төмендетпей (немесе төмендетудің рұқсат етілген деңгейімен) максималды (негізгі) технологиялық немесе техникалық әсер алуға мүмкіндік беретін заттың ең аз мөлшері;
- модификатор дозасының сезімталдығы – бетон қоспасының немесе бетонның техникалық қасиеттерінде айтарлықтай өзгеріс болатын оңтайлы дозаның үлесімен көрсетілген модификатор дозасындағы минималды ауытқулар. Бұл сипаттама модификатордың дозалау дәлдігіне қойылатын талаптарды анықтайды, оның көмегімен дозаны бұзудың қауіптілік дәрежесін бағалауға болады [1-3]. Бұл көрсеткіштер беріктіктің модификатордың дозаларына тәуелділігін көрсетеді. Модификатордың дозасын оңтайлы мөлшерден жоғарылату бетонның беріктігінің төмендеуіне әкелетіні белгілі.

Микрокремнеземді, барлық белсенді минералды қоспалар сияқты, цементті ылғалдандыру кезінде трикальций силикатын (алитті) гидролиздеу нәтижесінде әкпен реакцияға түседі [4]. Әк пен микрокремнеземнің өзара әрекеттесуі нәтижесінде төмен негізді гидросиликаттар түзіледі:



Кальций гидросиликаттарының қосымша мөлшері "цемент-су" деңгейінде тығыздалған орта жасайды, бұл цемент тасының құрылымына қатаю кезінде жоғары тығыздық пен беріктік береді.

Сондай-ақ, микрокремнеземді бетонға енгізілгенде, бөлшектердің сфералық формалары арқылы қоспаның қозғалғыштығын арттыруға көмектеседі деген болжам бар. Миллион

микросфераның болуы бетон қоспасының қозғалысын жеңілдетеді, компоненттердің біркелкі бөлінуіне және еңбекке қабілеттілігінің артуына ықпал етеді. Сондай-ақ, микрокремнезем өз кезегінде суға деген сұранысы жоғары екенін, бұл бетонның қасиеттерін нашарлататынын атап өткен жөн. Алайда, қазіргі уақытта бұл мәселені су шығынын 20-30% дейін төмендетуге мүмкіндік беретін суперпластификаторларды енгізу арқылы шешуге болады, бұл бетон қоспасының қажетті қозғалғыштығын беріктік көрсеткіштерін жоғалтпай сақтайды.

Жұмыста «Шымкентцемент» ЖШС жасап шығарған ЦЕМ I 32,5 Н СС сульфатқа төзімді портлендцементі қолданылды.

Қоспаларды түрлендіруші ретінде BASF (Германия) шығарған MasterGlenium Ace 47 поликарбоксилат эфирі негізіндегі жасалған суперпластификатор, және «Тау-Кен Темір» ЖШС өндірген құрамында 90%-дан кем емес аморфты кремний бар, көлемі 0,1-0,3 мкм болатын микроскопиялық шарлар түрінде қолданылатын, құрамында кремнийі бар қорытпалар өндірісінде технологиялық пештерді газдан тазарту процесінде алынған, техногендік текті «Silica fume» қоюландырылған микрокремнеземі қолданылады.

Кесте 1 – «Тау-Кен Темір» ЖШС (Қарағанды) өндірген "Silica fume" микрокремнеземінің минералды құрамы.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C	S
90-92%	0,68%	0,69	0,85	1,01	0,61	1,23	0,98	0,26

Зерттеу нәтижелері. Цемент салмағының 3, 5, 8, 10% мөлшерінде бетонға қоюландырылған микрокремнеземі қосылды. Glenium 47 суперпластификаторының мөлшері цемент салмағының 0,8% құрады. Алдын ала кернелген темірбетон қадалары үшін конус тұнбасы 10-15 см құрайды. Жұмыс тәртібіне байланысты 14 үлгі дайындалды. Оның ішінде 7 табиғи үлгі және 7 жылу ылғалдылығын өңдеу үлгісі дайындалды: 1) ұстау - 3 сағат; 2) көтеру - 3 сағат 60 С дейін; 3) изотермиялық жылыту - 3 сағат; 4) салқындату.

Буланғаннан кейінгі бір тәуліктегі катаю процесінде, және 7 және 28 күндік қалыпты катаю жағдайында сынақ прессінде олардың қысу беріктігі бақыланды. 2-3-кестеде "Silica fume" конденсацияланған микрокремнеземін сынау бойынша алынған зерттеулердің деректері келтірілген.

Кесте 2 – Табиғи жағдайда катаюдан кейінгі бетон үлгілерінің беріктігі.

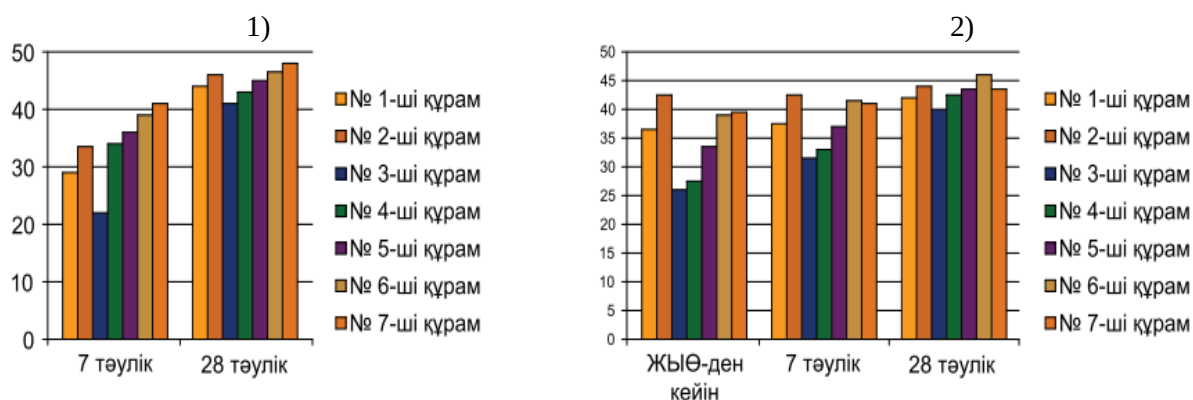
№	Бетон қоспасына қоспаның мөлшері, %	Қысу беріктігі, МПа	
		7 тәу	28 тәу
Бақылау құрамы			
1	Қоспасыз құрамы	29,4	43,12
2	Glenium бар құрамы – 47 – 0,6%	33,32	45,86
3	МК-мен құрамы – 3%	21,56	41,16
Цементті МК-ға 20% ауыстыратын құрамдар			
4	МК-мен құрамы – 3% + Glenium 47 - 0,6%	33,82	43,12
5	МК-мен құрамы – 5% + Glenium 47 – 0,6%	35,67	45,08
6	МК-мен құрамы – 8% + Glenium 47 - 0,6%	38,8	46,64
7	МК-мен құрамы – 10% + Glenium 47 – 0,6%	41,15	47,82

Кесте 3 – Жылу ылғалды өңдеуден кейінгі бетон үлгілерінің беріктігі.

№	Бетон қоспасына қоспаның мөлшері, %	Қысу беріктігі, МПа		
		ЖЫӨ кейін	7 тәу	28 тәу
1	2	3	4	5
Бақылау құрамы				
1	Қоспасыз құрамы	36,45	37,71	41,8

1	2	3	4	5
2	Glenium бар құрамы – 47 – 0,6%	41,7	42,4	43,9
3	МК-мен құрамы – 3%	26,24	32,29	40,37
Цементті МК-ға 20% ауыстыратын құрамдар				
4	МК-мен құрамы – 3% + Glenium 47 - 0,6%	27,49	33,84	42,3
5	МК-мен құрамы – 5% + Glenium 47 – 0,6%	33,3	36,89	43,4
6	МК-мен құрамы – 8% + Glenium 47 - 0,6%	38,9	41,34	45,9
7	МК-мен құрамы – 10% + Glenium 47 – 0,6%	39,6	41,15	43,52

Алынған нәтижелерден (кесте 2-3) цементті 20% микрокремнеземге алмастыратын құрамдар бетонның беріктігін арттыратыны белгілі болды. Төменде қалыпты ылғалдылық жағдайында бетон үлгілерінің беріктігі мен ылғалды өңдеудің жылу диаграммалары берілген.



Сурет 1 – Микрокремнезем құрамының бетонды қатайту процесіне әсері (1-табиғи жағдайда; 2-жылу ылғалды өңдеуден кейін)

Қорытынды. Бүгінде ең көп тараған және жауапты темірбетон конструкциялардың бірі әлемдік тәжірибенің көне заманынан бері құрылыста ерекше орын алған қадалар (қада іргетасы) болып табылады. Азаматтық және өнеркәсіптік құрылыста осы құрылымдарды қолданудың кең ауқымы олардың жан-жақтылығымен және кең қолданылу қашықтығымен, жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштерімен және пайдалану сенімділігімен байланысты. Қадалық іргетастар қатты топырақтың төменгі қабатына жүктемені сенімді сызықтық көшіруді қамтамасыз ететін көп қабатты ғимараттар мен құрылыстарды өндіруде кеңінен қолданылады. Осы уақытта, сондай-ақ келесі жылдары құрылыстағы қадаларға сұраныстың одан әрі өсу үрдісі байқалуда, бұл ретте жетекші қадалар үлкен басымдық болып қалуда. Осыған байланысты бетон құрылымын модификациялау және құрылым құнының азаюы нарықтық экономиканың маңызды талаптарының бірі болып табылады.

Бетонның және бетон қоспасының қасиеттерін реттеу және цементті үнемдеу мақсатында модификацияланған бетон үшін химиялық және минералды қоспалар қолданылады.

Химиялық қоспалар бетон технологиясын бақылаудың және оның қасиеттерін реттеудің жан-жақты, қолжетімді және икемді тәсілдерінің бірі болып табылады.

Минералды қоспаларды бетонда қолдану оның өткізбеушілігі мен химиялық төзімділігін арттыруға, жылумен өңдеу кезінде крекингке төзімділігін арттыруға және сығылу мен майысу кезінде шиеленіскен беріктіктің артуына ықпал етеді.

Минералды қоспалар толтырғыштың қуыстарында цементпен бірге орналасады, олар бетонның құрылымын ықшамдайды, кейбір жағдайларда цемент шығынын төмендетуі мүмкін. Поццолалық сфералық микробөлшектер жасаған кеуек толтыру эффектісі бетонның капиллярлық кеуектілігі мен өткізгіштігінің едәуір төмендеуіне ықпал етеді. Іс жүзінде өткізбейтін бетонды минералдық адмиксацияның орташа құрамымен және кәдімгі портландцементінің салыстырмалы төмен құрамымен алуға болады. Минералдық қоспалар негізінен беріктікке қарағанда өткізгіштікке үлкен әсер ететіндіктен, құрамында минералды

қоспасы бар бетон кәдімгі портландцементіндегі эквивалентті беріктік бетонына қарағанда әрқашан біршама аз өтетін болады.

Құрамында кремний бар қорытпаларды өндіру кезінде технологиялық пештерді газдан тазарту процесінде алынған техногендік текті «Silica fume» микрокремнеземін пайдалану престрестелген қадалар өндірісінде бетонда өзінің тиімділігін және өңделмеген Тавритті белсенді емес минералды қоспа ретінде пайдалану мүмкіндігін көрсеткені анықталды. Осылайша, Тавритті енгізу нәтижелері Портленд цементін тұтынудың 20%-ға азаюымен және тавриттің бетон құрамдарға 5 мөлшерінде енгізілуімен, 8 және 10%, ол бетонның сапасына әсер етеді, ал 5 және 8% тұтыну кезінде өсім 2-3% диапазонында шамалы, тұтыну 10%, өсім 7%-ға дейін жетеді. Кремнезем буының 5, 8 және 10% мөлшеріндегі микросилицийдің нәтижелері қалыпты ылғалды қатайту бетонының беріктігіне қолайлы әсер етеді, ұлғаюы 5-тен 12%-ға дейін құрайды. Мысалы, ЖЫӨ бар бетонның беріктігі 8 және 10%, ал беріктіктің 3-тен 10%-ға дейін артуымен ең жақсы нәтижелерді көрсетеді. Сондай-ақ осы минералдық қоспаларды пайдалану құрылыстың флексуралық беріктігінің артуына әкеледі, бұл өз кезегінде крекинг коэффициентіне оң әсерін тигізеді және тұмшаланған қадалардың соққыға төзімділігіне әсер етеді. Цемент тас құрылымының минералды қоспалар арқылы тығыздалуы құрылымға өткізгіштігін төмендетеді, сонымен қатар құрылымның коррозияға бейім болу ықтималдығын төмендетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Каприелов, С.С., Шейнфельд, Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны [Текст] / С.С. Каприелов // Москва.-2013, 258с.
- 2 Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков // М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
- 3 Естемесова А.С., Есельбаева А.Г. Модифицированные бетоны с шунгитовым наполнителем. Монография. [Текст] / А.С. Естемесова, А.Г. Есельбаева // Алматы, Изд-во КазНИИСА, 2017 – 174 с.
- 4 Касторных , Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. [Текст] / Л.И. Касторных // Ростов н/Д.: Феникс.
- 5 Естемесова, А.С. Модифицированные бетоны с шунгитовым наполнителем. Монография. [Текст] / А.С. Естемесова // Алматы, Изд-во КазНИИСА, 2017 – 174 с.
- 6 Бикбау, М.Я. Нанотехнологии в производстве цемента [Текст] / М.Я. Бикбау // Московский институт материаловедения и эффективных технологий», М., 2008, 768 с.
- 7 Добшиц Л.М. Влияние поликарбоксилатных суперпластификаторов на структурообразование цементных паст [Текст] / Л.М. Добшиц // Фундаментальные исследования. – 2014. – №5 (часть 5). – С.945-948.
- 8 Езерский, В.А. Улучшение свойств мелкозернистого бетона с помощью комплексных минеральных добавок. [Текст] / В.А. Езерский // Строительные материалы №6, 2015, С. 4-6.
- 9 Морозов, Н. М. Мелкозернистые бетоны с комплексными упрочняющими добавками [Текст] / Н. М. Морозов [и др.] // Технические науки: теория и практика: материалы междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый, 2012. – С. 108-111.
- 10 Калашников В.И. Через рациональную реологию – в будущее бетонов. Ч.9 Тонкодисперсные реологические матрицы и порошковые бетоны нового поколения [Текст] / В.И. Калашников // Технологии бетонов. 2007. № 6. С. 8-11.
- 11 Дедков В.И. Исследование коррозионной стойкости бетона забивных железобетонных свай в агрессивных грунтовых средах [Текст] / В.И. Дедков //Защита от коррозии и мониторинг остаточного ресурса промышленных зданий, сооружений и инженерных сетей: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Донецк, 2003.
- 12 Пьянков, С. А. Свайные фундаменты: учебное пособие [Текст] / С. А. Пьянков / С. А. Пьянков. – Ульяновск: УлГТУ, 2007.-105 с.
- 13 Лукутцова, Н.П. Влияние микро- и нанодисперсного шунгита на свойства бетона [Текст] / [Текст] / Н.П. Лукутцова //Вестник МГСУ. – 2011. – №2. –С. 282-287.
- 14 Никитина, Ю.Н., Зотова А.В., Ягафарова З.А. Структура и физические свойства фуллерена - C60 «Научно-методический электронный журнал [Текст] / Ю.Н. Никитина //Концепт». – 2017. – Т.2. – С. 37-39.

15 Ануфриева, С.И. Особенности минералого-аналитического изучения природных типов шунгитовых пород [Текст]/ С.И. Ануфриева, Е.Г. Ожогина // Значение исследований технологической минералогии в решении задач комплексного освоения минерального сырья: мат. II рос. семинара по техн. минералогии. – Петрозаводск: Институт геолог. КарНЦ РАН, 2007. – С.135-145.

16 Shulyatiev, O.A., Ladyzhensky I.G., Yastrebov P.I. "Skyscrapers of "Moskva-City" Business Center - Tests of Bored Piles".[Текст]/ O.A. Shulyatiev // Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013

17 Дзагов, А.М. О влиянии качества зачистки уширения скважины на несущую способность буронабивной сваи "ОФМГ"[Текст] / А.М. Дзагов // - 2016. - № 4. С. 31-36.

18 Разводовский, Д.Е. Уточнение методики определения параметров модели механического поведения грунтов.чет о НИР № 63/2018 от 19.02.2018 [Текст]/ Д.Е. Разводовский// (Федеральное автономное учреждение "Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве")

19 СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты (Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85).

20 Тер-Мартirosян, А.З. Взаимодействие длинной сваи конечной жесткости с уширенной пятой и окружающего грунта [Текст]/ А.З. Тер-Мартirosян // Инженерная геология. - 2015.-№ 6. - С. 44-51.

21 Lianyang, Zh. Prediction of end-bearing capacity of rock-socketed shafts considering rock quality designation (RQD). [Текст]/ Zh. Lianyang // Can. Geotech. J. 47: 1071-1084 (2010)

22 Geotechnical and Gejenviromental Engineering Handbook [Текст]/ Ed. by R. Kerry Rowe. Boston [etc.]: Kluwer acad. publ., Cop. 2001, Springer Science+Business Media New York

REFERENCES

1 Kaprielov, S.S., SHejnfel'd, Kardumyan G.S. Novye modifitsirovannye betony [Текст] / S.S. Kaprielov // Moskva.-2013, 258s.

2 Batrakov, V.G. Modifitsirovannye betony [Текст] / V.G. Batrakov // М.: Strojizdat, 1998. – 768 s.

3 Estemesova A.S., Esel'baeva A.G. Modifitsirovannye betony s shungitovym napolnitelem. Monografiya. [Текст] / A.S. Estemesova, A.G. Esel'baeva // Almaty, Izd-vo KazNIISA, 2017 – 174 s.

4 Kastornyh , L.I. Dobavki v betony i stroitel'nye rastvory . [Текст] / L.I. Kastornyh // Rostov n/D.: Feniks.

5 Estemesova, A.S. Modifitsirovannye betony s shungitovym napolnitelem. Monografiya. [Текст] / A.S. Estemesova // Almaty, Izd-vo KazNIISA, 2017 – 174 s.

6 Bikbau, M.YA. Nanotekhnologii v proizvodstve cementa [Текст] / M.YA. Bikbau // Moskovskij institut materialovedeniya i effektivnyh tekhnologij», М., 2008, 768 s.

7 Dobshic, L.M. Vliyanie polikarboksilatnyh superplastifikatorov na strukturoobrazovanie cementnyh past [Текст] / L.M. Dobshic // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – №5 (chast' 5). – S.945-948.

8 Ezerskij, V.A. Uluchshenie svojstv melkozernistogo betona s pomoshch'yu kompleksnyh mineral'nyh dobavok. [Текст] / V.A. Ezerskij // Stroitel'nye materialy №6, 2015, S. 4-6.

9 Morozov N. M. Melkozernistye betony s kompleksnymi uprochnyayushchimi dobavkami [Текст] / N. M. Morozov [i dr.] // Tekhnicheskie nauki: teoriya i praktika: materialy mezhdunar. nauch. konf. (g. CHita, aprel' 2012 g.). □ CHita: Izdatel'stvo Molodoj uchenyj, 2012. □ S. 108-111.

10 Kalashnikov, V.I. CHerez racional'nuyu reologiyu – v budushchee betonov. CH.9 Tonkodispersnye reologicheskie matricy i poroshkovye betony novogo pokoleniya [Текст] / V.I. Kalashnikov // Tekhnologii betonov. 2007. № 6. S. 8-11.

11 Dedkov, V.I. Issledovanie korrozionnoj stojkosti betona zabivnyh zhelezobetonnyh svaj v agressivnyh gruntovyh sredah [Текст] / V.I. Dedkov //Zashchita ot korrozii i monitoring ostatochnogo resursa promyshlennyh zdaniy, sooruzhenij i inzhenernyh setej: Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Doneck, 2003.

12 P'yankov, S. A. Svajnye fundamenty: uchebnoe posobie [Текст] / S. A. P'yankov / S. A. P'yankov. – Ul'yanovsk: UlGTU, 2007.-105 s.

13 Lukutcova N.P. Vliyanie mikro- i nanodispersnogo shungita na svoystva betona [Tekst] / [Tekst] / N.P. Lukutcova // Vestnik MGSU. – 2011. – №2. – S. 282-287.

14 Nikitina, YU.N., Zotova A.V., YAgafarova Z.A. Struktura i fizicheskie svoystva fullerena - S60 «Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal [Tekst] / YU.N. Nikitina // Koncept». – 2017. – T.2. – S. 37-39.

15 Anufrieva, S.I. Osobennosti mineralogo-analiticheskogo izucheniya prirodnih tipov shungitovyh porod [Tekst] / S.I. Anufrieva, E.G. Ozhogina // Znachenie issledovaniy tekhnologicheskoy mineralologii v reshenii zadach kompleksnogo osvoeniya mineral'nogo syr'ya: mat. II ros. seminar po tekhn. mineralologii. – Petrozavodsk: Institut geolog. KarNC RAN, 2007. – S.135-145.

16 Shulyatiev, O.A., Ladyzhenskiy I.G., Yastrebov P.I. "Skyscrapers of "Moskva-City" Business Center - Tests of Bored Piles". [Tekst] / O.A. Shulyatiev // Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013

17 Dzagov, A.M. O vliyanii kachestva zachistki ushireniya skvazhiny na nesushchuyu sposobnost' buronabivnoj svai "OFMG" [Tekst] / A.M. Dzagov // - 2016. - № 4. S. 31-36.

18 Razvodovskij, D.E. Utochnenie metodiki opredeleniya parametrov modeli mekhanicheskogo povedeniya gruntov.tchet o NIR № 63/2018 ot 19.02.2018 [Tekst] / D.E. Razvodovskij// (Federal'noe avtonomnoe uchrezhdenie "Federal'nyj centr normirovaniya, standartizacii i tekhnicheskoy ocenki sootvetstviya v stroitel'stve")

19 SP 24.13330.2011 Svajnye fundamenty (Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.02.03-85).

20 Ter-Martirosyan, A.Z. Vzaimodejstvie dlinnoj svai konechnoj zhestkosti s ushirennoj pyatoy i okruzhayushchego grunta [Tekst] / A.Z. Ter-Martirosyan // Inzhenernaya geologiya. - 2015.-№ 6. - S. 44-51.

21 Lianyang, Zh. Prediction of end-bearing capicity of rock-socketed shafts considering rock quality designation (RQD). [Tekst] / Zh. Lianyang // Can. Geotech. J. 47: 1071-1084 (2010)

22 Geotechnical and Gejenvronmental Engineering Handbook [Tekst] / Ed. by R. Kerry Rowe. Boston [etc.]: Kluwer acad. publ., Cop. 2001, Springer Science+Business Media New York

РЕЗЮМЕ

В статье приводятся полученные экспериментальные данные по исследованию влияния конденсированного микрокремнезема «Silica fume» на свойства модифицированного бетона в технологии получения преднапряженных свай. Выявлено, что применение микрокремнезема «Silica fume» техногенного происхождения, получаемый в процессе газоочистки технологических печей при производстве кремнийсодержащих сплавов показал свою эффективность в бетоне при производстве предварительно-напряженных свай и возможность применения Таурита необработанного в качестве неактивной минеральной добавки. Так, результаты введения Таурита показывают, что при уменьшении расхода портландцемента на 20 % и введением в составы бетонов Таурита в количестве 5, 8 и 10 % влияет на качество бетона, при этом с расходом 5 и 8 % прирост незначительный в пределах 2-3 %, с расходом 10 % прирост достигает до 7%. Результаты микрокремнезема «Silica fume» в количестве 5, 8 и 10 % благоприятно влияет на прочность бетона нормально-влажностного твердения, прирост составляет от 5 до 12 %. Так прочность бетона при ТВО показывает лучшие результаты с 8 и 10 %, прирост прочности от 3 до 10 %.

Расширенное применение этих конструкций, изделий в гражданском и промышленном строительстве объясняется универсальностью, и широкое применение высокими технико-экономическими показателями и эксплуатационной надежностью. В большинстве свайные фундаменты в строительстве используются при производстве высотных зданий, сооружений и в грунтах слабой прочности, предоставляя зданиям и сооружениям надежную линейную передачу нагрузки в нижний прочный слой грунта. В данное время, также и последующие годы замечается тенденция к дальнейшему росту спроса свайных фундаментов в строительстве, при этом большой приоритет остаются за забивными сваями. В связи с этим модифицирование бетона конструкции и снижение себестоимости конструкции является одним из наиболее важным требованием рыночной экономики. И так в статье показаны результаты введения добавок показывают, использование данных минеральных добавок приводят к увеличению прочности на изгиб конструкции, что в свою очередь благополучно сказывается для коэффициента трещиностойкости, и ударостойкости предварительно-напряженных свай.

УДК 625.7Ю
МРНТИ 73.31.81

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-260-266

Ланцев В.Ю., техника ғылымдарының докторы, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0001-8184-5379>

ФГБОУ «Мичурин мемлекеттік аграрлық университеті», Интернациональная көшесі 101, Мичуринск қ., Тамбов облысы, РФ, lan-vladimir@yandex.ru

Қадырғалиев Ә.С., магистрант, <https://orcid.org/0009-0009-9882-3147>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көшесі 51, 090009, Қазақстан, alibikadyr@mail.ru

Утемисова Н.Е., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, <https://orcid.org/0000-0003-2921-6086>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Жәңгір хан көшесі 51, 090009, Қазақстан, nyrchi@mail.ru

Lantsev V.Yu., doctor of technical sciences, the main author, <https://orcid.org/0000-0001-8184-5379>

«Michurinsk State Agrarian University», 101 Internatsionalnaya str., Michurinsk, Tambov region, Russia, lan-vladimir@yandex.ru

Kadyrgaliyev A.S., graduate student, <https://orcid.org/0009-0009-9882-3147>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, alibikadyr@mail.ru

Utemissova N.E., master of technical sciences, senior lecturer, <https://orcid.org/0000-0003-2921-6086>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nyrchi@mail.ru

ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ БАСҚАРУДЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫ ЖҮЙЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІН БАҚЫЛАУ ҚҰРАЛДАРЫ ELECTRONIC ENGINE CONTROL SYSTEMS AND MEANS OF MONITORING THEIR TECHNICAL CONDITION

Аннотация

Бұл мақалада автомобильдегі қозғалтқышты басқарудың электронды жүйелері және олардың техникалық жағдайын, жай-күйін бақылау құралдары қарастырылды. Қозғалтқышты басқарудың электронды жүйесінің техникалық жай-күйін олардың нормативтік мәндерін негіздей отырып бағалайтын диагностикалық параметрлер ұсынылды.

Қозғалтқышты басқарудың электронды жүйелері және олардың техникалық жағдайын бақылау қазіргі заманғы автомобиль индустриясында шешуші рөл атқарады. Бұл тақырып қозғалтқышты басқарудың электронды жүйелерінің негізгі аспектілерін, соның ішінде олардың жұмыс принциптерін, негізгі компоненттері мен функционалдығын қамтиды. Диагностикалық аспаптарды, бағдарламалық қамтамасыз етуді және деректерді талдау әдістерін қоса алғанда, электрондық жүйелердің техникалық жай-күйін бақылау құралдары да қарастырылады. Сондай-ақ, қозғалтқыштың техникалық жағдайын бақылау құралдары, соның ішінде сезгіштер, диагностикалық сканерлер, бағдарламалық жасақтама және ақауларды анықтау әдістері талданады. Аннотацияда қозғалтқыштың тиімді жұмысын қамтамасыз ету, автокөлік құралдарының қауіпсіздігі мен үнемділігін арттыру, сондай-ақ олардың көлік секторының экологиялық тұрақтылығына әсері үшін осы технологиялардың маңыздылығы атап көрсетілген. Осы тақырыпта жұмыс істеу автомобильдерді басқару және бақылау жүйелеріне қойылатын заманауи талаптарды, сондай-ақ олардың жалпы автомобиль технологиясының дамуына қосқан үлесін жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

ANNOTATION

In this article, electronic engine control systems on a car and means of monitoring their technical condition are considered. Diagnostic parameters are proposed that assess the technical condition of electronic engine control systems with justification of their normative values.

Electronic engine management systems and monitoring of their technical condition play a crucial role in the modern automotive industry. This topic covers the main aspects of electronic engine control systems, including the principles of their operation, the main components and functionality. The means of monitoring the technical condition of electronic systems, including diagnostic devices, software and data analysis methods, are also considered. The means of monitoring the technical condition of the engine, including sensors, diagnostic scanners, software and fault detection methods, are also analyzed. The annotation highlights the importance of these technologies for ensuring efficient engine operation, improving the safety and efficiency of vehicles, as well as their impact on the environmental sustainability of the transport sector. Working on this topic will allow for a better understanding of modern requirements for vehicle control and monitoring systems, as well as their contribution to the development of automotive technologies in general.

Түйін сөздер: электронды жүйе, көлік, микропроцессор, көлікті басқару, басқару жүйесі.

Key words: electronic system, vehicle, microprocessor, vehicle control, control system..

Кіріспе. Қозғалтқышты басқарудың электронды жүйелері 20 ғасырдың аяғында автомобильдерге белсенді түрде ене бастады, механикалық отын бүрку және тұтану жүйелері ауыстырылды. Микропроцессорлар мен электрониканың дамуымен бұл жүйелердің мүмкіндіктері айтарлықтай кеңейді. Бүгінгі қозғалтқышты басқару жүйелері қозғалтқыштың жұмысы мен сыртқы жағдайлары туралы үнемі ақпарат жинайтын көптеген сенсорлармен жабдықталған.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Заманауи автомобильдер басқарудың келесі электрондық (микропроцессорлық) жүйелерді қолданумен ерекшеленеді:

- қозғалтқышты;
- автоматты трансмиссиялы;
- тежеуді бұғаттауға қарсы жүйе (ТБКЖ);
- климаттық қондырғылы;
- автомобильді ұрлауға қарсы жүйе (АҰҚЖ) және басқалары.

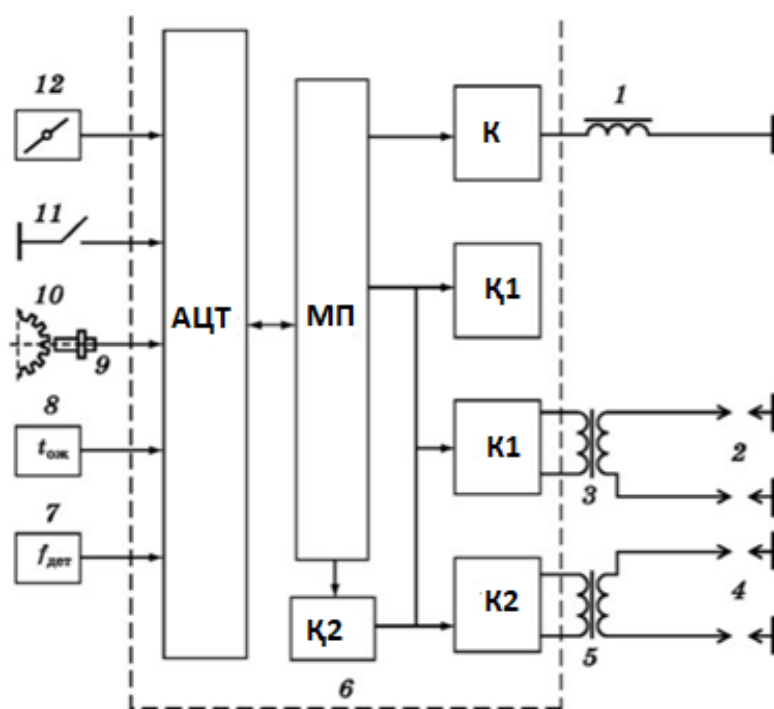
Заманауи автомобильдік қозғалтқыштарда не тұтандырудың микропроцессорлық жүйесі, не болмаса отынды бүркуді басқарудың және бензин қозғалтқыштарында тұтандырудың электрондық жүйесі, не болмаса дизельді отынды басқарудың электрондық жүйесі орнатылуы мүмкін.

Тұтандырудың микропроцессорлық жүйесі келесі жабдықтардан тұрады(сурет 1):

- сорғы келтетүтіктегі абсолютті қысым;
- иінді білік айналысының жиілігі;
- ЖӨН-дегі піспек күйі;
- детонация;
- салқындататын сұйықтық температурасы;
- дроссельді қақпақ жағдайы сезгіштерінен;
- басқару блогы;
- екі шығысты тұтандыру катушкасы.

Электронды блок кірісіне сезгіштер сигналдары келіп түседі де белгілі бір деңгейге келтіріліп, аналогты-цифрлық түлендіргіште (АЦТ) түрленіп, одан кейін барып микропроцессорға (МП) жетеді. МП тұтанудың оңтайлы бұрышы, цилиндрлар жұмысының тәртібі, мәжбүрлі бос жүріс экономайзері (МБЖЭ) клапанының ажыратылу және қосылу мезеті қозғалтқыш жұмысының көрсеткіштеріне байланысты есептеледі.

Газды және бензинді ҚБЭЖ таратқыш білік және қозғалтқыштың иінді білігінің, ауаны жаппай шығындау және соратын, детонация, салқындатқыш сұйықтық температурасы сезгіштерінен құралады. Электрондық блокқа сезгіштер сигналдары келіп түседі. Ол қосымша ауаны реттегіштің, төрт электромагнитті форсункалардың, тұтандыру білтелері мен модулінің және электронды бензинсорғының жұмысын іске асырады.



Сурет 1 – Тұтандырудың микропроцессорлық жүйесінің құрылымдық сызбасы

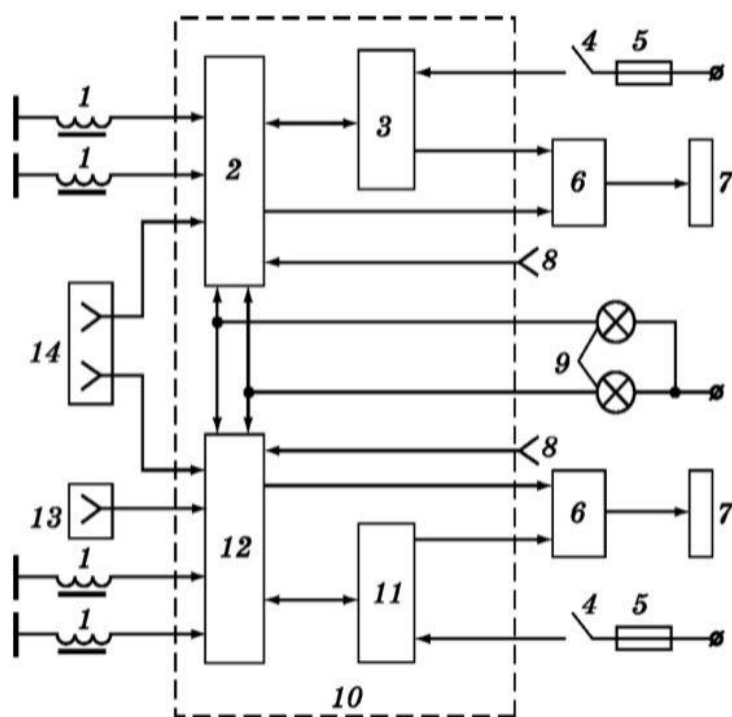
1 — МБЖЭ клапаны; 2, 4 — тұтандыру батырмалары; 3, 5 — қос шығысты тұтандыру катушкалары; 6 — басқару блогы; 7 — детонация сезгіші; 8 — суыту сұйықтығының сезгіші; 9 — ЖӨН-дегі поршень күйінің сезгіші; 10 — қозғалтқыштың сермері; 11 — дроссель қақпағының сезгіші; 12 — максималды қысым сезгіші; АЦТ — аналогты-цифрлы түрлендіргіш; МП — микропроцессор; Қ1 — арнаны таңдауды құраушы; Қ2 — тұтандыру импульстарын құраушы; К1, К2 — күшейткіштер; К — МБЖЭ клапанын күшейткіш.

Электронды блок келесідегідей басқару бағдарламаларын іске асырады:

- қозғалтқыштың жұмыс жүйесіне қатысты тұтандыруды қосу және оны айыру;
- электрлік импульстар ұзақтығын және отын берудің электрмагнитті форсункаларының ашылу сәтін қалыптастыру;
- қосымша ауа реттеуіш жұмысын;
- электрлік бензинсорғы жұмысын;
- жүйенің жеке элементтерінің жұмысы тоқтаған жағдайдағы резервті жүйедегі қозғалтқыштың жұмысын;
- жүйе жұмысын басқару және өзінше диагностикалау.

Зерттеу нәтижелері. Дизельді ҚБЭЖ өнделген газдардың (ӨГ) улылығын, түтіндеуін, шулы деңгейін азайту, бос жүріс кезінде иінді білік айналым жиілігін оңтайландырады және тұрақтандырады. Жүйе басқарудың электрондық блогынан, газ басқыштың жағдайы сезгішінен, ӨГ жүйесінің басқарушы клапанынан, сорғы форсункаларды басқару электрмагнитінен, қозғалтқышта сорылатын ауаның және салқындатқыш сұйықтық температурасының сезгіштерінен, қозғалтқыштың иінді білігінің айналу жиілігінің және қыздыру білтелері сезгіштерінен құралады.

Бұғаттауға қарсы жүйе (БКЖ) тежеу кезінде автомобиль дөнгелектерін бұғаттауды қадағалауға арналған (Сурет 2). БКЖ тежеу сәтін автоматты түрде реттеп отырады және автомобильдің барлық дөнгелектерінің бір мезетте тоқтауын қадағалайды.



Сурет 2 – Тежеуді бұғаттауға қарсы және тайғанақтауға қарсы жүйелердің (ТБҚЖ/ТҚЖ) құрылымдық сызбасы

1 — дөнгелектегі электромагнитті сезгіштер; 2, 12 — негізгі ЭЕМ; 3, 11 — қосымша микроЭЕМ; 4 — ТБҚЖ/ТҚЖ айырғыш; 5 — сақтандырғыш; 6 — тежеуіштегі жұмыс денесіндегі қысымның модуляторы; 7 — тежеу цилиндрларының электромагниттері; 8 — қосалқы қосқыштар; 9 — жүйедегі аспаптар қалқаншасының индикаторлары; 10 — электронды басқару блогы; 13 — дешифратор қосқышы; 14 — диагностикалық жалғауыш.

ТБҚЖ конструкциясына қарамастан келесі элементтерден тұрады:

- сезгіштер — тежеу жүйесіндегі қысым, автомобиль дөнгелегінің жылдамдығы, автомобильдің саябырлауы және т.б. сол секілді ақпараттар береді;
- басқару блогы — атқарушы механизмдерге команда береді және сезгіштер ақпаратын өңдейді;
- атқарушы механизмдер — тежеу жүйесіндегі қысымды арттырады, кемітеді немесе бір қалыпта сақтайды.

Қазіргі уақытта автомобильдерді диагностикалауға арналған аспаптарды төрт топқа бөлуге болады:

- 1 топ - қарапайым конструкциялы сканерлер;
- 2 топ - әмбебап сканерлер;
- 3 топ - дилерлік сканерлер (мотортестерлер);
- 4 топ - имитаторлар, тестерлер.

Құрылғылардың бірінші тобына бастапқы деңгейдегі ақаулық кодын анықтайтын сканерлер кіреді. Бұл құрылғылар тек ақаулық кодтарын оқи алады және кейбір жағдайларда, маршруттық компьютерлерге ұқсас, аккумулятордың зарядтау кернеуінің күйі, отынның орташа шығыны, борт сыртындағы ауа температурасы және ҚБЭЖ диагностикасындағы басқа да маңызды емес параметрлер туралы хабарлауға қабілетті. Мұндай құрылғылар ақпаратты графикалық түрде бере алмайды және автомобильдің белгілі бір моделіне бағытталған.

Диагностикалық құрылғылардың екінші тобына бірнеше автомобиль маркаларында диагностика жүргізуге қабілетті әмбебап сканерлер кіреді. Диагностикаланатын электрондық басқару жүйелерінің саны 30 және одан жоғары деңгейге жетуі мүмкін, бұл ретте ақаулық кодтарының шифрын ашу, сенсорлар мен жетектерден шығатын деректерді нақты уақыт

режимінде бақылау, сондай-ақ оларды монитордың немесе портативті сканердің экрандық дисплейінде топтарға немесе әрқайсысына графикалық түрде жеке қарау мүмкіндігі бар. Мұндай сканерлер әдетте автомобиль нарығының белгілі бір секторына бағытталған, мысалы, Еуропалық, Азиялық, жапондық, американдық.

Үшінші топқа дилерлік құрылғылар деп аталатын моторлы сканерлер жатады. Бұл құрылғылар мақұлданды және дилерлік қызмет көрсету станцияларында пайдалануға ұсынылды. Тиісінше, олар бақыланатын жүйелер саны бойынша кеңейтілген және қаралған параметрлер жиынтығы бойынша тереңдетілген диагностикалық ақпаратты шығара алады, ал тұтану жүйесін бір уақытта диагностикалау мүмкіндігі пайда болады. Дилерлік құрылғылардың қосымша артықшылықтары-диагностикалау кезінде деректер ағынын жаңарту жылдамдығы және элементтердің эталондық параметрлерінің кең кіріктірілген дерекқоры, бірақ жалғыз кемшілігі - жоғары шығындар.

Төртінші топ - сезгіштер мен жетектердің имитаторлары, сондай-ақ әртүрлі мамандандырылған тестерлер, осциллографтар, әртүрлі жүктеме қабілеттілігі бар зондтар және басқа да электронды құрылғылар, онсыз терең диагностикамен айналысу қиын. Көп жағдайда бұл құрылғылардың барлығы жан-жақты және барлық автомобиль брендтеріне қолданылады.

Заманауи диагностикалық жабдықты жасаушылар құрылғыларға бірнеше тілде ақпарат беру және әртүрлі модельдердегі автомобильдердің техникалық жағдайын бақылау үшін әмбебап болу мүмкіндігін салады.

Қорытынды. Заманауи автомобильдердің конструкцияларын компьютерлік және электронды басқару жүйелерімен, оның ішінде қозғалтқышпен қанықтыра отырып, оларға қызмет көрсетудің бұрын жасалған тәсілдері автомобильдермен және диагностика құралдарымен жұмыс істейтін персоналдың жаңа түсінігін, арнайы ойлауын, сондай-ақ автомобильдердің компьютерлік жүйелерін жетілдіруге сәйкес диагностикалық жабдықты жедел жаңартуды талап етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Баженов, Ю.В. Основы теории надежности машин [Текст]/ Ю.В. Баженов // учеб. пособ. для вузов. М.: ФОРУМ. 2014. - 320 с.
- 2 Баженов, Ю.В., Каленов, В.П. Разработка методики диагностирования электронных систем управления двигателем [Текст] / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // Автотранспортное предприятие. 2015. № 4. - С. 44 – 46.
- 3 Болдин, А.П., Сарбаев В.И. Надежность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта: учеб. пособ. для вузов [Текст]/ А.П. Болдин, В.И. Сарбаев // М.: МАИИ. 2014. - 206 с.
- 4 Баженов, Ю.В. Поддержание надежности электронных систем управления двигателем в эксплуатации [Текст] / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // Электроника и электрооборудование транспорта, 2016.- 93 с.
- 5 Баженов, Ю.В., Баженов М.Ю. Основы теории надежности машин [Текст]/ Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // учеб. пособ. Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2021. - 315 с.
- 6 Григорьев, М.В. Диагностика электронных систем управления бензиновых двигателей [Текст] / М.В. Григорьев // методические указания к лабораторной работе. М.: МАДИ, 2013. - 24 с
- 7 Мигаль, В.Д. Теория технической диагностики автомобилей: учеб.пособ. [Текст] / В.Д.Мигаль // Х.: Изд-то «Майдан», 2014. - 516 с.
- 8 Носов, В.В. Диагностика машин и оборудования[Текст]: учеб. пособ. / В.В. Носов // - СПб.: «Лань», 2016. - 376 с.
- 9 Набоких, В.А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов[Текст] / В.А. Набоких //учеб. пособ. М.: ФОРУМ. 2013. - 288 с.
- 10 Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей [Текст]: учеб. пособ. / А.А. Тюнин //— М.2007. - 352 с.
- 11 Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов[Текст]: учеб. пособ. М.: Машиностроение. 2007. - 656 с.
- 12 Рэндалл, М. Электрическое и электронное оборудование автомобилей. [Текст] / М. Рэндалл // Москва : Алфамер Пабблишинг, 2008. - 284 с.

- 13 Яковлев, В. Ф. Диагностика электронных систем автомобиля [Текст] / В. Ф. Яковлев // учеб. пособ. Москва : Солон-Пресс, 2003. - 272 с.
- 14 Хернер, А., Риль, Х. Автомобильная электрика и электроника. [Текст] Москва: За рулем, 2013. - 625 с.
- 15 Стуканов, В. А. Надежность и техническая диагностика автотранспортных средств [Текст] / В. А. Стуканов // учеб. пособ. Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2019. - 420 с.
- 16 Каленов, В. П. Разработка системы обеспечения работоспособности электронных систем управления двигателем в эксплуатации [Текст] / В. П. Каленов // диссертация на соискание учебной степени кандидата технических наук. Москва, 2019. - 35 с.
- 17 Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных [Текст] / Н. И. Сидняев // Москва : Юрайт, 2011. - 399 с.
- 18 Смирнов, Ю.А. Электронные и микропроцессорные системы управления. [Текст] / Ю.А. Смирнов // Изд-во «Лань», 2012, - 624 с.
- 19 Власов, В. М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. [Текст]: непосредственный / В. М. Власов, С. В. Жанказиев, С. М. Круглов // под ред. В. М. Власова. 13-е изд., стер. М. : Издательский центр «Академия», 2017. - 432 с.
- 20 Дебелов, В.В. Моделирование электронной системы регулирования скорости движения легкового автомобиля в режимах поддержания и ограничения скорости [Текст] / Дебелов В.В., Козловский В.Н., Иванов В.В., Строганов В.И. // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2013. - №6. - С. 2-7.

REFERENCES

- 1 Bazhenov, YU.V. Osnovy teorii nadezhnosti mashin [Tekst]/ YU.V. Bazhenov // учеб. пособ. dlya vuzov. M.: FORUM. 2014. - 320 s.
- 2 Bazhenov, YU.V., Kalenov, V.P. Razrabotka metodiki diagnostirovaniya elektronnyh sistem upravleniya dvigatelem [Tekst] / YU.V. Bazhenov, V.P. Kalenov // Avtotransportnoe predpriyatie. 2015. № 4. - S. 44 – 46.
- 3 Boldin, A.P., Sarbaev V.I. Nadezhnost' i tekhnicheskaya diagnostika podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta: ucheb. пособ. dlya vuzov [Tekst]/ A.P. Boldin, , V.I. Sarbaev // M.: MAII. 2014. - 206 s.
- 4 Bazhenov, YU.V. Podderzhanie nadezhnosti elektronnyh sistem upravleniya dvigatelem v ekspluatatsii [Tekst] / YU.V. Bazhenov, V.P. Kalenov // Elektronika i elektrooborudovanie transporta, 2016.- 93 s.
- 5 Bazhenov, YU.V., Bazhenov M.YU. Osnovy teorii nadezhnosti mashin [Tekst]/ YU.V. Bazhenov, , M.YU. Bazhenov // учеб. пособ. Moskva : FORUM ; INFRA-M, 2021. - 315 s.
- 6 Grigor'ev, M.V. Diagnostika elektronnyh sistem upravleniya benzinovyh dvigatelej [Tekst] / M.V. Grigor'ev // metodicheskie ukazaniya k laboratornoj rabote. M.: MADI, 2013. - 24 s
- 7 Migal', V.D. Teoriya tekhnicheskoy diagnostiki avtomobilej: ucheb.пособ. [Tekst] / V.D.Migal' // H.: Izd-to «Majdan», 2014. - 516 s.
- 8 Nosov, V.V. Diagnostika mashin i oborudovaniya [Tekst]: ucheb. пособ. / V.V. Nosov // - SPb.: «Lan'», 2016. - 376 с.
- 9 Nabokih, V.A. Diagnostika elektrooborudovaniya avtomobilej i traktorov [Tekst] / V.A. Nabokih // учеб. пособ. M.: FORUM. 2013. - 288 s.
- 10 Tyunin, A.A. Diagnostika elektronnyh sistem upravleniya dvigatelyami legkovykh avtomobilej [Tekst]: ucheb. пособ. / A.A. Tyunin //— M.2007. - 352 s.
- 11 CHizhkov YU.P. Elektrooborudovanie avtomobilej i traktorov [Tekst]: ucheb. пособ. M.: Mashinostroenie. 2007. - 656 s.
- 12 Rendall, M. Elektricheskoe i elektronnoe oborudovanie avtomobilej. [Tekst] / M. Rendall // Moskva : Alfamer Publishing, 2008. - 284 s.
- 13 YAkovlev, V. F. Diagnostika elektronnyh sistem avtomobilya [Tekst] / V. F. YAkovlev // учеб. пособ. Moskva : Solon-Press, 2003. - 272 s.
- 14 Herner, A., Ril', H. Avtomobil'naya elektrika i elektronika. [Tekst] Moskva: Za rulem, 2013. - 625 s.
- 15 Stukanov, V. A. Nadezhnost' i tekhnicheskaya diagnostika avtotransportnyh sredstv [Tekst] / V. A. Stukanov // учеб. пособ. Moskva : FORUM ; INFRA-M, 2019. - 420 s.

16 Kalenov, V. P. Razrabotka sistemy obespecheniya rabotosposobnosti elektronnyh sistem upravleniya dvigatelem v ekspluatatsii [Tekst] / V. P. Kalenov // dissertatsiya na soiskanie uchebnoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Moskva, 2019. - 35 s.

17 Sidnyaev, N. I. Teoriya planirovaniya eksperimenta i analiz statisticheskikh dannyh [Tekst] / N. I. Sidnyaev // Moskva : YUraйт, 2011. - 399 s.

18 Smirnov, YU.A. Elektronnye i mikroprocessornye sistemy upravleniya. [Tekst] / YU.A. Smirnov // Izd-vo «Lan'», 2012, - 624 s.

19 Vlasov, V. M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej : uchebnik dlya stud. uchrezhdenij sred. prof. obrazovaniya. [Tekst]: neposredstvennyj / V. M. Vlasov, S. V. Zhankaziev, S. M. Kruglov // pod red. V. M. Vlasova. 13-e izd., ster. M. : Izdatel'skij centr «Akademiya», 2017. - 432 s.

20 Debelov, V.V. Modelirovanie elektronnoj sistemy regulirovaniya skorosti dvizheniya legkovogo avtomobilya v rezhimah podderzhaniya i ogranicheniya skorosti [Tekst] / Debelov V.V., Kozlovskij V.N., Ivanov V.V., Stroganov V.I. // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. - 2013. - №6. - S. 2-7.

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассмотрены электронные системы управления двигателем на автомобиле и средства контроля их технического состояния, состояния. Предложены диагностические параметры, оценивающие техническое состояние электронных систем управления двигателем с обоснованием их нормативных значений.

Электронные системы управления двигателем и контроль их технического состояния играют решающую роль в современной автомобильной промышленности. Данная тема охватывает основные аспекты электронных систем управления двигателем, включая принципы их работы, основные компоненты и функциональные возможности. Рассматриваются также средства контроля технического состояния электронных систем, включая диагностические приборы, программное обеспечение и методы анализа данных. Также анализируются средства мониторинга технического состояния двигателя, включая датчики, диагностические сканеры, программное обеспечение и методы обнаружения неисправностей. В аннотации подчеркивается важность этих технологий для обеспечения эффективной работы двигателя, повышения безопасности и экономичности автотранспортных средств, а также их влияния на экологическую устойчивость транспортного сектора. Работа над этой темой позволит лучше понять современные требования к системам управления и контроля автомобилей, а также их вклад в развитие автомобильных технологий в целом.

UDC 54.058
IRSTI 61.31.57

DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-266-275

Kazarinov I.A., Doctor of Chemical Sciences, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-4858-9614>

«Saratov State University named after G.N. Chernyshevsky» Russia, 410012, Saratov, st. Astrakhanskaya, 83, Kazarinovia@mail.ru

Gumarova Zh.M., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-0043-8208>

NJSC «Zhangir Khan West- Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, aina_zhg@mail.ru

Askarova A. Zh., master's student, <https://orcid.org/0009-0001-7032-9990>

NJSC «Zhangir Khan West - Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, Zhangir Khan str. 51, 090009, Kazakhstan, askarovaakgulim1@gmail.com.

MAGNETIC CARBON MATERIALS AS SORBENTS FOR WATER PURIFICATION FROM PETROLEUM PRODUCTS

ANNOTATION

The development of effective sorbents for water purification is crucial to reduce environmental pollution with petroleum products. A method for obtaining a complex adsorbent with magnetic properties for the elimination of oil spills from the water surface using a controlled magnetic field is

proposed. In this study, methods for the synthesis of magnetite-carbon composites by co-deposition and the synthesis of magnetite-carbon composites by mechanical grinding in a ball mill were proposed. Magnetic carbon sorbents were synthesized using activated carbon and magnetic nanoparticles by co-deposition, after which physicochemical characteristics were obtained using methods such as infrared spectroscopy and X-ray fluorescence analysis. The adsorption capacity is estimated under conditions of competitive adsorption of water and oil on the surface of magnetite, coal and their composite. The results show that magneto-carbon materials have good adsorption efficiency, rapid separation from water due to their magnetic properties and excellent reusability, which makes them promising candidates for water purification. These results suggest that magneto-carbon sorbents can play a significant role in environmental remediation efforts by providing an effective solution for the treatment of water contaminated with petroleum products.

Key words: *magnetite, magnetite-carbon composite, activated porous coal, sorbents, adsorption.*

Introduction. Oil spills, whether caused by natural disasters, human activities, or industrial accidents, pose significant threats to water resources and ecosystems. This environmental hazard has prompted extensive efforts within the scientific community to develop effective strategies for pollution control and oil spill response [1,2]. When oil spills occur, they form a thin layer on the water surface, which can lead to devastating consequences for marine life [3]. Moreover, the remediation of oil spills is a costly endeavor, and many conventional cleanup methods struggle to completely remove oil from water. Techniques such as boom barriers, skimmers, sorbents, dispersants, in-situ incineration, bioremediation, and magnetic nanocomposites are employed for oil-water separation. Recent advancements in this field emphasize factors like surface wettability (hydrophobicity), as well as the porosity and roughness of filtration and absorption materials. These surface-modified materials are crafted into various forms such as meshes, textiles, foams, sponges, films, and membranes [4,5]. Traditionally, materials like polypropylene, hydrazine hydrate, and graphene oxide have been used in oil spill cleanup efforts. However, these synthetic substances are expensive, environmentally harmful, and slow to biodegrade. There is now a growing interest in natural alternatives, such as sea sponges treated with vegetable waxes, which offer potential solutions to these drawbacks. Furthermore, the integration of hydrophobic surfaces with magnetic components has gained attention for its ability to efficiently extract oil from water post-separation. The ongoing research and innovation in oil-water separation technologies reflect a commitment to mitigating the impacts of oil spills and safeguarding aquatic environments. By advancing both the materials and methodologies involved, scientists aim to enhance the effectiveness and sustainability of oil spill response measures, ultimately minimizing environmental harm and promoting ecosystem recovery. [6].

In general, various physical, chemical and biological methods, such as adsorption, absorption, membrane filtration, electroflotation, flocculation and coagulation, as well as biological purification, are used for the purification of petroleum, and in some cases a combination of these two methods has also been studied [7]. The proposed strategies to combat oil pollutants are fermentation with microorganisms, the use of physical and mechanical collectors (e.g. skimmers, booms, pumps with natural and synthetic sorbents, mechanical separators, etc.) and chemical dispersants (e.g. detergents, etc.). In general, therefore, the removal of petroleum by physical methods, such as boom barriers, skimmers, absorbent materials, is more environmentally friendly and economical than chemical dispersants. While the use of the chemical dispersant is the fastest, there are some parameters that could be considered a universal solution due to the cost, complexity and the need to perform additional process operations, such as film removal or on-site incineration. In situ burning of oil floating on the water surface is a quick method used in some places to deal with oil spills, but it affects the ecosystem by leaving sedimentary rocks [8]. Other possible methods, such as washing with hot and high-pressure water (spraying water with enough force to pulverize the oil in the form of tiny particles), chemical stabilization of the oil with elastomers (gelatinization or solidification of the oil on the surface of the water and stopping its spread), manual recovery (using labor to collect the oil from the surface of the water, the water goes through various physical processes) and natural regeneration have their advantages and disadvantages, and therefore its application is limited in particularly affected areas. Of all the technologies presented, adsorption (or absorption) (collectively called sorption) using

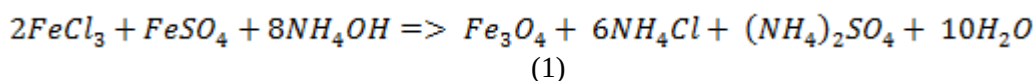
solid materials is the easiest and cheapest process to remove contaminants from petroleum [9]. In recent years, the sorption process has become increasingly interesting for the extraction of petroleum from water resources due to its essential characteristics compared to other traditional methods, namely the recovery or reuse of sorbents, ease of operation, the absence of secondary pollution, the formation of sludge, the absence of production of harmful products in the system [10].

In addition to the property of absorbing oils, absorbent materials must also have the ability to evenly distribute and retain oils in their structure and pores. In addition, for better separation of oil and water, the absorbent materials should have some other important criteria, such as adsorption of a significant amount of oil per unit mass, hydrophobicity by nature and low absorption capacity with respect to water, the bulk density should be low, and they should stay in the water for a long time. It takes a long time, and the oil absorption rate should be high enough. On the other hand, the ability of the absorbent material to absorb oil depends on the properties of oil, such as concentration, temperature, specific gravity and the type of oils [11]. Sorption technology also belongs to the category of physical processes that can also be used in skimmers. The best function of the sorbent is to transfer the liquid (oil) to a semi-solid physical state for easy absorption, followed by efficient desorption and extraction of the oils. In general, the sorption process is environmentally friendly due to its inertia and zero generation of toxic substances, which opens the possibility of using a variety of low-cost materials that can be used as a sorbent in pure or modified form according to requirements. To obtain a better absorption material, the processes of oil absorption and its extraction in the sorption-desorption cycle must be more efficient, which is directly related to the possibility of reusing the materials in subsequent successive cycles. Therefore, many well-known materials, such as zeolites, organoglines, polymers, natural fibers, biomass, wastes and carbon-based products, have been presented as sorbents for the separation of petroleum and water [12,13,14]. Of the sorbents studied, carbon materials are the most versatile materials used to combat oil pollution, and their effectiveness depends on properties such as active surface area, Size and stability, with a significant focus on cost [15].

The use of sorption methods makes it possible to remove oil pollution of a wide range of nature to almost any residual concentration, regardless of their chemical stability. And giving magnetic properties to adsorbents will allow the use of physical methods for eliminating oil spills using magnetic traps. Thus, the development of an adsorbent with high sorption and magnetic properties, which would ensure its effective penetration into the layer of petroleum products and rapid removal from the water surface using a controlled magnetic field, is an urgent scientific and practical task [16].

Magnetic sorbents can be easily and quickly assembled using external magnetic fields, which greatly simplifies the process of pretreatment of samples without filtration and centrifugation. This is very valuable for large size samples. In addition, the ability to recycle and reuse sorbents makes them environmentally friendly and inexpensive materials. In addition, magnetic sorbents based on modern and highly efficient nanostructured sorbents have additional outstanding characteristics compared to others: they have a significantly higher surface area to volume ratio and higher extraction capacity, faster extraction dynamics and higher extraction efficiency [17].

Materials and methods. Synthesis of magnetite. The Elmore deposition method was used to produce magnetite particles [18]. In the molar ratio of solutions of iron salts $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ and $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 1: 2, under mild conditions (at room temperature and normal pressure), an aqueous solution of ammonium (8.3%) is added, the resulting suspension is mixed at room temperature for 30 minutes, filtered and washed with distilled water 2-3 times, rinsing at 100- and dried in the oven at 130 ° C. The resulting suspension of magnetite has a black color, which after drying turns into a dark brown powder, the main reaction is:



Synthesis of magnetite-carbon composites by co-precipitation method. An effective method for obtaining magnetic sorbents is the introduction of magnetite into the carbon structure. The convenience of using coal particles depends on their porosity, which allows them to immobilize or synthesize magnetite particles. Magnetite-carbon composite is boiled according to the Elmore method

in a soft state in distilled water, in the presence of 0.1 M aqueous NaOH solution at a temperature of $T = 298 \text{ K}$ and within $\text{pH} = 8\text{--}9.5$ for an hour. This ensures that the iron ions are well sorbed on the surface of the coal and that their pores open well. Then solutions of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ with a solution of $\text{FeCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ are precipitated in a ratio of 2:1 in ammonia water at $\text{pH} = 9.5\text{--}11.0$ and $T = 298 \text{ K}$ and washed several times with distilled water and dried in an oven at $100\text{--}130^\circ \text{C}$, resulting in matte black magnetite carbon composites [19].

Synthesis of magnetite-carbon composites by mechanical grinding in a ball mill. Mechanical grinding of carbon sorbent together with iron compounds in a ball mill is an effective method for obtaining powdered magneto-carbon sorbents. In the work, magnetic iron particles ($\text{Fe}, \alpha\text{--Fe}_2\text{O}_3$ or Fe_3O_4) are uniformly dispersed on a carbon matrix of activated carbon and biochar in a ball mill. The diameter of the particles produced by this process depends on the grinding time. In addition, during grinding, not only the particle size of the sorbent decreases, but also the uniformity of the adsorbent powder increases significantly. This method allows the inclusion of iron particles in the sorbent matrix without the addition of any solvents. The ball mill is also a promising and environmentally preferable method for the production of magneto-carbon sorbents [20].

Infrared spectroscopy. The study of magnetite, activated carbon and particles of a magnetite composite obtained on the basis of coal was carried out in the wavelength range $440\text{--}4000 \text{ cm}^{-1}$, infrared (IR) Fourier spectrophotometry was performed on the Spectrum 65 (PerkinElmer) installation. In this case, the IR spectra of the samples were subjected to hot treatment in the form of a film with a thickness of $0.07\text{--}0.09 \text{ mm}$ (70-90 microns).

X-ray fluorescence analysis method. Quantitative analysis of the chemical composition of magnetite, activated carbon and magnetite-carbon composites by X-ray fluorescence analysis was performed on a FOCUS 2m wave spectrometer. The samples were placed in special round cuvettes of variable depth, which were covered with a polypropylene film on top so that they would not spill. An X-ray tube with a power of 4 kW was used as a source of exciting radiation. The use of a polypropylene film made it possible to analyze the composition of elements in the range from Na to U. The spectra were processed using a special ZSX software package.

Investigation of the sorption properties of magnetite, coal and magnetite-coal composites in decane and petroleum. Sorption properties in magnetite, coal and magnetite-coal composites ($1 \pm 0.0005 \text{ g}$) in various concentrations of decane and oil with water at room temperature under static conditions have been studied. To carry out adsorption, a solution of the test substance ($10 \pm 0.1 \text{ ml}$) is added to the sorbent and left for adsorption for two hours with complete stirring. Then the adsorbate was isolated with a sorbent and the post-adsorption amounts of adsorbate were determined.

Results and discussion. X-ray fluorescence analysis of magnetite, coal and magnetite-carbon composite. As a result of the synthesis, complex composites of activated carbon and magnetite were obtained. X-ray fluorescence analysis reveals elements with an atomic mass of more than 16 g. The chemical composition of the identified sorbents based on X-ray fluorescence analysis is presented in table 1.

Table 1 – Chemical composition of activated carbon, magnetite and their composites

№	Systems	Coal	Magnetite	Magnetite-coal composition
	Elements	size, %	size, %	size, %
1	Iron	-	99.81	84.33
2	Chrome	-	0.19	0.16
3	Calcium	46.21	-	1.50
4	Manganese	4.41	-	0.49
5	Potassium	49.38	-	-
6	Chlorine	-	-	11.77
7	Sulfur	-	-	1.75

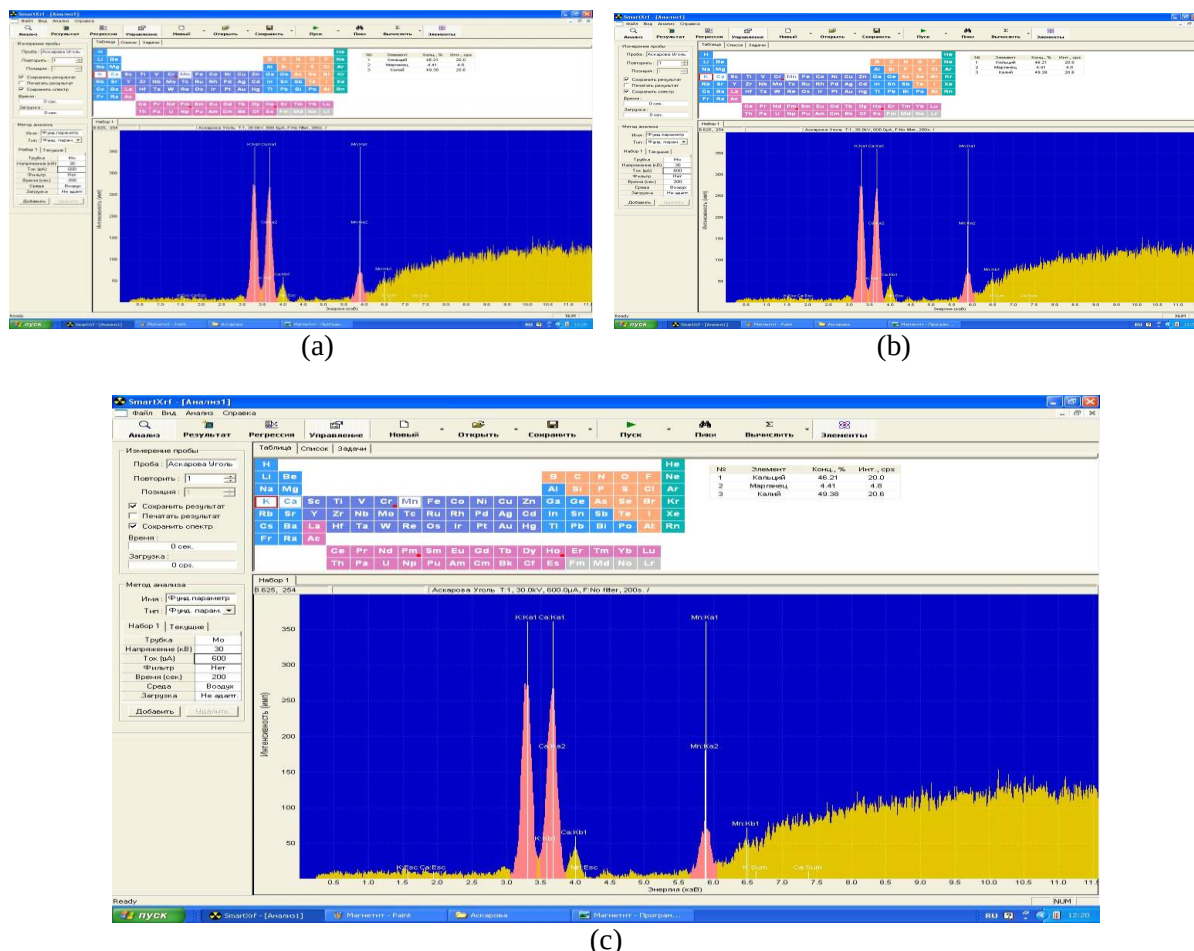
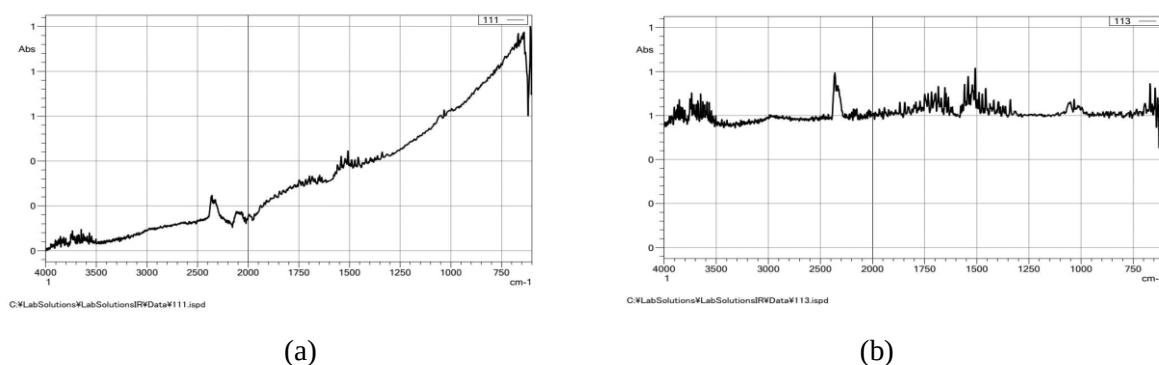


Figure 1 – X-ray fluorescence images of activated carbon, magnetite and magnetite-carbon composite: a-coal, b-magnetite, c-magnetite-carbon composite.

Table 1 shows that the composition of activated carbon is dominated by the proportion of potassium and calcium, as well as a small amount of manganese. First of all, the detection of carbon, oxygen and hydrogen was expected here, but due to the limited capabilities of the method, only elements with a higher atomic weight are detected. For this reason, only iron is found in the composition of magnetite without oxygen detection. Accordingly, elements found in the composition of individual coals and magnetites are found in the composition of the magnetite-carbon composite. And as for X-ray fluorescence images, each element is characterized by its corresponding peaks, and their intensity is directly proportional to the mass fraction.

The results of infrared spectroscopic examination of magnetite, coal and magnetite-carbon composite are shown in Figure 2.





(c)

Figure 2 – IR spectra of magnetite, activated carbon and magnetite-carbon composite:
a-coal, b-magnetite, b-magnetite-carbon composite

In the IR spectrum of activated carbon, O-H, N-H bonds of the compounds contained in it were found in the oscillation frequency range 3500-4000 cm^{-1} . Between 2000-2500 cm^{-1} , there may be alkynes and C-H bonds of the aromatic ring, and at an oscillation frequency of 770 cm^{-1} , there may be Me-C, Me-X bonds. The last peak can be attributed to metal compounds Ca, K, Mn, detected in X-ray fluorescence analysis.

Peaks in the oscillation frequency range of 3500-4000 cm^{-1} in the INFRARED spectrum of magnetite can correspond to deformation fluctuations of O-H bonds, i.e. this is the proportion of water in the composition of magnetite. At an oscillation frequency of 1500.770 cm^{-1} , the Fe-O bond is determined.

In the IR spectrum of the magnetite-coal composite, the oscillation band in the IR spectra of coal and magnetite is preserved, and this proves that the composite was formed, that is, magnetite particles penetrated into the structure of coal particles.

Determination of the adsorption of decane on the surface of magnetite, coal and magnetite-carbon composite. Since the composite adsorbent is used to separate petroleum products from water, it was necessary to determine the degree of absorption of water and oil from a mixture of water and oil. Saturated liquid hydrocarbon decane was used as the fat phase. To do this, mixtures of water and oil in various ratios were taken and their adsorption on the surface of the adsorbents was determined. The results of adsorption are presented in Table 2. These results showed that 3 sorbents also better separate decane from water. However, the adsorbent of coal prevailed over other adsorbents and can be justified by the hydrophobicity of coal.

Table 2 – Adsorption of water and decane on the surface of solid adsorbents under conditions of competitive adsorption

Adsorption on the surface of magnetite		
The mass ratio of water and oil before adsorption	Mass ratio of water and oil after adsorption	Percentage of water and oil after adsorption, %
1	2	3
0.7 : 9	0,56 : 8,4	80 : 93
1.4 : 8	1,12 : 7,8	80 : 97,5
2.8 : 6	2,38 : 5,6	85 : 93
4.2 : 4	3,64 : 3,6	88 : 90
5.6 : 2	5,04 : 1, 6	90 : 80
7 : 0	6,44 : 0	92 : 0
Surface adsorption of coal		
The mass ratio of water and oil before adsorption	Mass ratio of water and oil after adsorption	Percentage of water and oil after adsorption, %
0.7 : 9	0 : 8,6	0 : 80
1.4 : 8	0 : 7,7	0 : 96
2.8 : 6	1,05 : 5,7	37,5 : 95

1	2	3
4.2 : 4	2,31 : 3,8	55 : 95
5.6 : 2	3,64 : 1,8	65 : 90
7 : 0	5,04 : 0	72 : 0
Magnetite-adsorption on the surface of coal composter		
The mass ratio of water and oil before adsorption	Mass ratio of water and oil after adsorption	Percentage of water and oil after adsorption, %
0.7 : 9	0,42 : 8,6	60 : 96
1.4 : 8	0,84 : 6,5	60 : 81
2.8 : 6	1,89 : 4,8	68 : 80
4.2 : 4	3,01 : 3,1	72 : 78
5.6 : 2	4,20 : 1,3	75 : 65
7 : 0	5,52 : 0	79 : 0

Determination of adsorption of magnetite, coal and magnetite-coal composites in oil. In the following studies, adsorption originating from a mixture of water and oil was studied, and magnetite, coal, and magnetite-carbon composite were used as an adsorbent (Table 3). In these studies, the adsorption of oil on the surface of coal also prevails, which means that the nonpolar adsorbate is better adsorbed on the surface of the nonpolar adsorbent.

Table 3 – Adsorption of water and oil on the surface of solid adsorbents under conditions of competitive adsorption

Adsorption on the surface of magnetite		
The mass ratio of water and oil before adsorption	Mass ratio of water and oil after adsorption	Percentage of water and oil after adsorption, %
1	2	3
0.7 : 9	0,56 : 8,8	80 : 97,7
1.4 : 8	1,12 : 7,8	80 : 97,5
2.8 : 6	2,26 : 5,6	80,7 : 93,3
4.2 : 4	3,57 : 3,5	85 : 87,5
5.6 : 2	4,97 : 1,5	88,75 : 75
7 : 0	6,44 : 0	92 : 0
Surface adsorption of coal		
The mass ratio of water and oil before adsorption	Mass ratio of water and oil after adsorption	Percentage of water and oil after adsorption, %
0.7 : 9	0 : 8,8	0 : 97,7
1.4 : 8	0 : 6,8	0 : 97,5
2.8 : 6	0,98 : 5,5	35 : 91,6
4.2 : 4	2,17 : 3,1	51,6 : 77,5
5.6 : 2	3,5 : 0,9	68,7 : 45
7 : 0	5,04 : 0	72 : 0
Magnetite-adsorption on the surface of coal composter		
The mass ratio of water and oil before adsorption	Mass ratio of water and oil after adsorption	Percentage of water and oil after adsorption, %
0.7 : 9	0,42 : 8,8	60 : 84
1.4 : 8	0,7 : 7,6	50 : 95
2.8 : 6	1,68 : 5,2	60 : 87
4.2 : 4	2,94 : 2,9	70 : 70
5.6 : 2	4,13 : 0,8	74 : 45
7 : 0	5,42 : 0	77 : 0

The adsorption values were compared with each other. On the surface of coal, the adsorption of decane and oil is high, and the adsorption of water is much lower. Adsorption on the surface of magnetite and composite occurred in the oil-decane-water sequence, and the adsorption values of the 3 substances were close. However, if we compare the adsorption values for 3 adsorbents, then the adsorption on the surface of coal is high, and on the surface of magnetite is low. The reason is due to the presence of a hydrophobic component of coal and composite.

Conclusions. The use of magneto-carbon sorbents can provide a sustainable and effective solution to the problem of water pollution with petroleum products. Sorbents based on activated carbon have been developed by the method of co-deposition. The elemental composition of the resulting magnetite-carbon composite was determined by X-ray fluorescence analysis, most of which, as shown, is Fe.

Functional groups in the composition of a magnetite-carbon composite have been identified by IR spectroscopy. At an oscillation frequency of 3500-4000 cm^{-1} , the O-H bond was determined, and at an oscillation frequency of 1500 and 770 cm^{-1} , the Fe-O bond was determined. These stripes prove that magnetite is part of the composite.

The competing adsorption of water and oil was investigated on the surface of magnetite, coal and their composite. On the surface of coal, the adsorption of oil and decane was high, and the adsorption of water was low. The adsorption of oil and decane on the surface of the magnetite-carbon composite decreased, but was higher than the adsorption of water. But unlike a conventional sorbent, synthesized magnetocarbon sorbents can effectively remove oil pollution from water. Their magnetic properties contribute to easy and rapid separation from water, which increases the practicality of their use in real conditions. In addition, these materials have excellent regenerative and recyclable properties, which highlights their economic and environmental benefits.

REFERENCES

- 1 Jamsaz, A. An environmentally friendly superhydrophobic modified polyurethane sponge by seashell for the efficient oil/water separation [Text] / A. Jamsaz, E. K.Goharshadi // *Process Saf. Environ.* - 2022. - P. 297–304.
- 2 Wenjing, M. Biomimetic durable multifunctional self-cleaning nanofibrous membrane with outstanding oil water separation, photodegradation of organic contaminants, and antibacterial performances [Text] / M.Wenjing, L.Yuansheng, Zh.Mengji, G.Shuting, C.Jiaxin, H.Chaobo, F.Guodong // *ACS Appl. Mater. Interfaces.* - 2020. - P. 125-136.
- 3 Singh, B. Magnetic scaffolds in oil spill applications [Text] / B.Singh, S.Kumar, B.Kishore, T.Narayanan // *Environmental Science: Water Research & Technology.* - 2020. - P. 436–463.
- 4 Udayakumar, K. Foamed materials for oil–water separation / K.Udayakumar, P.Gore, B.Kandasubramanian [Text] // *Chemical Engineering Journal Advances.* -2021. - № 100076. - P. 321-328.
- 5 Liang, L. Self-assembly modification of polyurethane sponge for application in oil/water separation [Text] / L.Liang, Y.Xue, Q.Wu, Y.Dong, X.Meng // *Royal Society of Chemistry.* - 2019. - P. 4378–4387.
- 6 Mohsen, F. Superhydrophobic magnetic sorbent via surface modification of banded iron formation for oily water treatment [Text] / F.Mohsen, S.Ahmed, M.Moustafa, S.Sanad // *Scientific Reports.* -2022. - № 11016. – P. 204-217.
- 7 Xuejie, Y. Design and fabrication of superwetting fiber-based membranes for oil/water separation applications [Text] / Y.Xuejie, L.Zhangdi, Zh.Tao, D.Yang, F.Qiu // *Chemical Engineering.* - 2019. - V. 364. - P. 292-309.
- 8 Gheriany, A. Oil spill sorption capacity of raw and thermally modified orange peel waste / A. Gheriany, Fayza A.Saqa, A.Amer, R.Amer, M.Hussein [Text] // *Alexandria Engineering Journal.* - 2020. -V. 59. - P. 925-932.
- 9 Xiang, B. Advances in special wettable materials for adsorption separation of high-viscosity crude oil/water mixtures [Text] / B.Xiang, Q.Liu, W.Yan, Y.Wei, P.Mu, J.Li // *Chemical Communications.* - 2023. - P. 22-39.
- 10 Kang, W. A novel robust adsorbent for efficient oil/water separation: Magnetic carbon nanospheres/graphene composite aerogel [Text] / W.Kang, Y.Cui, L.Qin, Y.Yang, Z.Zhao, X.Wang, X.Liu // *Hazardous Materials.* - 2020. - V. 392. - № 122499. - P. 567-584.

- 11 Fan, D. Pore wettability for enhanced oil recovery, contaminant adsorption and oil/water separation [Text] / D.Fan, M.Gao // *Advances in Colloid and Interface Science*. - 2021. -V. 289. - № 102377. - P. 289-296.
- 12 Xuejie, Y. Design and fabrication of superwetting fiber-based membranes for oil/water separation applications [Text] / Y.Xuejie, L.Zhangdi, Zh.Tao, Y.Dongya, Q.Fengxian // *Chemical Engineering*. - 2019. - V. 364. - P. 292-309.
- 13 Samia ben, H. Recent advances in developing cellulosic sorbent materials for oil spill cleanup: A state-of-the-art review [Text] / H. Samia ben, Ch.Zhi, A.Chunjiang, L.Kenneth // *Cleaner Production*. - 2021. - V. 311. - № 127630. - P. 29-30.
- 14 Tolstov A. M. On the prospects of using polymer materials for sorbents intended for water purification from petroleum products [Text] / A.Tolstov, A.Naumova // *Bestnik*. - 2023. - V. 85. - № 1. - P. 240-248.
- 15 Sivashunmugam, S. Biocarbons as emerging and sustainable hydrophobic/oleophilic sorbent materials for oil/water separation [Text] / S.Sivashunmugam, Sh.Lakshmi, S.Vivekanandhan, Ch.Ngamcharussrivichai // *Sustainable Materials and Technologies*. - 2021. - V. 28. - P. 242-259.
- 16 Rubanov, Y. Cleaning up Emergency Oil Spills from the Water Surface with Magnetic Adsorbents [Text] / Y.Rubanov, M.N.Ognev, I.B.Rodchenko // *Earth and Environmental Science*. - 2020. - S. 59-64.
- 17 Vedenyapin, D. Magnetic iron-containing carbon materials as sorbents for the extraction of pollutants from aqueous media / D. Vedenyapin, A.Y.Kurmyshev, Yu.G.Kryazhev, V.A.Ershov [Text] // *Solid Fuel Chemistry*. - 2021. - P. 285-305.
- 18 Lokesh, S. Magnetite (Fe_3O_4) nanoparticles in biomedical from synthesis to surface functionalization [Text] / S.Lokesh, M.Ambri, R.Mohamad, D.Duryha // *Magnetochemistry*. - 2020. - V. 6 - P. 541-557.
- 19 Badi, M.Y. Modification of activated carbon with magnetic Fe_3O_4 nanoparticle composite for removal of ceftriaxone from aquatic solutions [Text] / M.Y.Badi, A.Azari, H.Pasalari, A.Esrafil, M.Farzadkia // *Molecular Liquids*. - 2018. - V. 261. - P. 146–154.
- 20 Wang, K. Aqueous Cr(VI) removal by a novel ball milled FeO-biochar composite: Role of biochar electron transfer capacity under high pyrolysis temperature [Text] / K.Wang, Y.Sun, J.Tang, J.He, H.Sun // *Chemosphere*. - 2020. - P. 241-248.

ТҮЙІН

Суды тазарту үшін тиімді сорбенттерді әзірлеу қоршаған ортаның мұнай өнімдерімен ластануын азайту үшін өте маңызды. Осы себепті басқарылатын магнит өрісін қолдана отырып, су бетінен мұнай төгілуін жою үшін магниттік қасиеттері бар күрделі адсорбент алу әдісі ұсынылады. Бұл зерттеуде магнетит-көміртекті композиттерді бірлескен тұндыру арқылы синтездеу және магнетит-көміртекті композиттерді шар диірменінде механикалық ұнтақтау арқылы синтездеу әдістері ұсынылды. Магнитті-көміртекті сорбенттер белсендірілген көмір мен магниттік нанобөлшектерді бірге тұндыру арқылы синтезделді, содан кейін инфрақызыл спектроскопия және рентген-флуоресцентті талдау сияқты әдістерді қолдана отырып физика-химиялық сипаттамалар алынды. Магнетит, көмір және олардың композиті бетіндегі су мен мұнайдың бәсекелестік адсорбциясы жағдайында адсорбциялық қабілеттілігін бағалау жүргізілді. Нәтижелер магнитті-көміртекті материалдардың адсорбция тиімділігі жақсы екенін, магниттік қасиеттеріне байланысты судан тез бөлінетінін және оларды суды тазартуға перспективалы үміткер ететін тамаша қайта пайдалану мүмкіндігін көрсетеді. Бұл нәтижелер магнитті-көміртекті сорбенттер мұнай өнімдерімен ластанған суды тазартудың тиімді шешімін қамтамасыз ете отырып, қоршаған ортаны қалпына келтіру жұмыстарында маңызды рөл атқара алатынын көрсетеді.

РЕЗЮМЕ

Разработка эффективных сорбентов для очистки воды имеет решающее значение для снижения загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. По этой причине предложен способ получения комплексного адсорбента с магнитными свойствами для ликвидации разливов нефти с поверхности воды с использованием управляемого магнитного поля. В этом исследовании были предложены методы синтеза магнетит-углеродных композитов путем

совместного осаждения и синтеза магнетит-углеродных композитов путем механического измельчения в шаровой мельнице. Магнито-углеродные сорбенты были синтезированы с использованием активированного угля и магнитных наночастиц путем совместного осаждения, после чего были получены физико-химические характеристики с использованием таких методов, как инфракрасная спектроскопия и рентгенофлуоресцентный анализ. Проведена оценка адсорбционной способности в условиях конкурентной адсорбции воды и нефти на поверхности магнетита, угля и их композита. Результаты показывают, что магнитоуглеродные материалы обладают хорошей эффективностью адсорбции, быстрым отделением от воды благодаря своим магнитным свойствам и отличной возможностью многократного использования, что делает их перспективными кандидатами для очистки воды. Эти результаты свидетельствуют о том, что магнитоуглеродные сорбенты могут играть значительную роль в усилиях по восстановлению окружающей среды, обеспечивая эффективное решение для очистки воды, загрязненной нефтепродуктами.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҒЫЛЫМДАРЫ

Kenzhebekova R.T., Pozharskiy A.S., Kostyukova V.S., Gritsenko D.A. HIGH-THROUGHPUT SEQUENCING FOR DETECTION OF POTATO VIRUSES IN NORTHERN KAZAKHSTAN.....	3
Әбдүкерім Р. Ж., Абышева Г. Т., Түменбаева Н. Т., Есенбекова Г. Т., Момбаева Б.К. ВЫДЕЛЕНИЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ ИЗ ПОЧВ АГРОЦЕНОЗОВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	14
Amangeldi N., Amangeldikyzy Z., Abdukerim R. Zh., Yerezhepova A. SOW THISTLE (SONCHUS OLERACEUS L) PLANTS GROWTH AND CHEMICAL COMPOSITION FROM THE ABOVEGROUND PART IN KAZAKISTAN.....	28
Абылаева Ұ.А., Турбекова Ш.М., Расулбекқызы Х., Копжасаров Б.К., Турсунова А. К. ДИАГНОСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	38
Монтаев С.А., Оңаев М.Қ., Рыскалиев М.Ж., Бегалиева Р.С., Денизбаев С.Е. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОСТОЙКОГО МИНЕРАЛЬНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КРЕМНИСТОЙ ПОРОДЫ – ОПОКИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕСНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ.....	47
Tumenbayeva N.T., Mombayeva B.K., Abysheva G.T., Yessenbekova G.T. BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL FEATURES OF RELATED PEST SPECIES OF THE FAMILY LASIOCAMPIDAE AND PYRALIDAE.....	65
Костюкова В.С., Пожарский А.С., Капытина А.И., Гриценко Д.А. РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЯЮЩИХ РНК ДЛЯ CRISPR/CAS9 РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМА ТОМАТА.....	73
Suraganova A.M., Suraganov M.N., Bekimova G.B., Bekishova G. K., Sovetkyzy Zh. INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON POTATO YIELDS IN HILLSLOPE ZONE OF AKMOLA REGION.....	84
Salybekova N.N., Yusupov B.Y., Alpamyssova G.B., Nagiyeva A. G., Serzhanova A.E., Babayeva G.A. BIOTECHNOLOGICAL FEATURES OF MICROCLONAL REPRODUCTION OF TULIPA L. SPECIES.....	91
Хусаинов А.Т., Айдарбекова Т. Ж., Боме Н.А., Сыздыкова Г.Т. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (Triticum aestivum L.) ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ОБЫКНОВЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА.....	97
Каримов К.Б., Умурзакова Р.М., Аюпов Е.Е. ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ И СОРТО- ПОДВОЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО- КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	111
Каримов Н.Ж., Кенжебекова Р.Т., Чортонбаев Т.Д. АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ЦЕННЫХ ПОРОДАХ ОВЕЦ КАЗАХСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В ОБЩЕПОПУЛЯЦИОННОМ АСПЕКТЕ.....	120
Ульянова Т.В., Бейшова И.С., Шәмшідін Ә. С., Ковальчук А. М., Кулбаев Р. М., Бейшов Р. С. РЕСЕКВЕНИРОВАНИЕ ПОЛНОГО ГЕНОМА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ.....	130

Бейшова И.С., Шәмшідін Ә. С., Кужебаева У.Ж., Ульянов В.А., Ульянова Т.В., Бекова Г.С., Салимова Д.К.	
ФОРМИРОВАНИЕ ВЫБОРКИ И ОТБОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОРОД ЛОШАДЕЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛНОГЕНОМНОГО РЕСЕКВЕНИРОВАНИЯ.....	140
Жанабаева Д. К., Паритова А. Е., Султанаева Л. З., Нургалиев Б. Е.	
ПИТАТЕЛЬНОСТЬ И ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ СТАРТОВОГО КОРМА ДЛЯ ПЕРЕПЕЛОВ.....	150
Асылбекова С. Ж., Исбеков К. Б., Куликов Е. В., Туменов А. Н., Кадимов Е. Л.	
ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛАНОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ ВОДОЕМОВ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА.....	159

АГРАРЛЫҚ ТЕХНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ

Нукешев С.О., Рамазанова Р.Х., Есхожин Д.З., Ахметов Е.С., Романюк Н.Н., Шежау К.	
ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ЯРУСНОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	170
Дусенов М. К., Джаналиев Е. М., Джапаров Р. Р.	
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ.....	181
Куваев А.Н., Дерепаскин А.И., Токарев И.В., Бинюков Ю.В., Полищук Ю.В., Иванченко П.Г.	
ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ СМЕЖНЫХ ПРОХОДОВ ПЛОСКОРЕЖУЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВНУТРИПОЧВЕННОМ ВНЕСЕНИИ.....	191
Рустембаев А. Б., Амантаев М.А., Какабаев Н. А., Золотухин Е.А., Сайдалин Е.Н.	
МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ САРАЛАНҒАН ДЕҢГЕЙДЕ ЕНГІЗУГЕ АРНАЛҒАН ЖАЛПАҚ ТІЛГІШ ТЕРЕҢ ҚОПСЫТҚЫШ-ТЫҢАЙТҚЫШ ЖҰМЫСЫНЫҢ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕРІНІҢ НӘТИЖЕЛЕРІ.....	204
Амантаев М.А., Золотухин Е.А., Кравченко Р.И., Рустембаев А. Б., Тастанов М.Г., Семибаламут А.В., Сатаев Р.Б.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СТЕРНЕВОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР....	213

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

Жусупбеков А.Ж., Беристенов К. Б., Днекешова Н. М.	
ЖЕЛ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, ЖЕЛ ТУРБОГЕНЕРАТОРЛАРЫНЫҢ ІРГЕТАСЫН ЕСЕПТЕУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	223
Шалкаров А. А., Монтаев С. А., Муханбеткалиев А. Р., Альжанов А.С.	
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА. МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ.....	232

Montaev S. A., Yessengeldi A. K., Gumarova Zh.M., Begaliyeva R. S. MINERAL RAW MATERIALS AS SORBENTS IN GROUNDWATER PURIFICATION PROCESSES.....	240
Баймишев Х. Б., Галымжанова Д. Н., Уразова С. С., Сахиев Б.Ж. КОНДЕНСАЦИЯЛАНҒАН "SILICA FUME" МИКРОКРЕМНЕЗЕМІНІҢ АЛДЫН АЛА КЕРНЕЛГЕН ТЕМІРБЕТОН ҚАДАЛАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	252
Ланцев В.Ю., Қадырғалиев Ә.С., Утемисова Н.Е. ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫ БАСҚАРУДЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫ ЖҮЙЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАЙ-КҮЙІН БАҚЫЛАУ ҚҰРАЛДАРЫ.....	260
Kazarinov I. A., Gumarova Zh.M., Askarova A. Zh. MAGNETIC CARBON MATERIALS AS SORBENTS FOR WATER PURIFICATION FROM PETROLEUM PRODUCTS.....	266

Авторларға арналған ереже

«Ғылым және білім» ғылыми – практикалық журналы – Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің мерзімді басылымы. Журналы тоқсан сайын шығарылады, мақалалары қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде жарық көреді. Журнал ауылшаруашылық, ветеринариялық, биологиялық, техникалық, экономикалық және әлеуметтік ғылымдар саласындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің өзекті мәселелері бойынша ғылыми мақалалар жариялайды.

Жинаққа жазылуды «Қазпошта» АҚ (индекс 76316) газет – журнал каталогтарынан алуға болады.

Біздің журналда жариялауға жоспарланған ғылыми, техникалық және өндірістік мақалалар бір жақты қаралады және редакция алқасынан өтеді. Оң қорытынды жасалған жағдайда, материал жариялау кезегінде редакцияның «портфолиосына» орналастырылады. Жарияланымның жылдамдығы материалдың өзектілігіне және редакцияның осы тақырыптағы «Портфолиосының» толықтығына байланысты. Сонымен қатар, ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті төрағасының 12.06.2013 жылы бұйрығымен №943 журналдың ғылыми қызметтің негізгі нәтижелерін жариялау үшін, Комитет ұсынған басылымдар тізіміне енгізу шарттарының бірі – шет тілдерінде басылымдардың болуы; ағылшын тіліндегі мақалалар кезектен тыс басылым құқығына ие болады.

Әр мақаланы журнал сайтында орналасқан онлайн мақалаларды берудің және рецензиялаудың онлайн жүйесі арқылы жүктеу керек.

«Ғылым және білім» журналына мақала дайындаған кезде төмендегі ережелерді жетекшілікке алуды ұсынамыз:

Мақала 7.5-98 халықаралық мемлекеттік стандартқа сәйкес рәсімделеуі тиісті.

Мақала элементтерінің тізбегі келесі:

Қолжазбаларда әмбебап ондық жіктеуші индексі болу керек – ЭОЖ (ғылыми кітапханалардағы индексация жетекшілігімен сәйкес);

Авторлар туралы ақпарат (тегі, аты жөні, ғылыми дәрежесі, дәрежесі, тұратын мекенжайын көрсете отырып, жұмыс орынының мекемесінің толық атауы), барлық жариялар авторларының мекенжайлары (негізгі автордың көрсеткіші);

Жарияланған материалдардың атауы (бас әріптермен, қалың, 11 тармақша, Times New Roman, Times New Roman КК ЕК, абзац ортасынан жазылады).

Әр автордың он алтын сандық ORCID ID.

Аннотация 150-300 сөз (жарияланған материал тілінде және ағылшынша берілген);

Кілт сөздер (курсив) (кілт сөздер саны: 3-тен 10-ға дейін);

Мақаланың мәтіні. Ғылыми мақаланың мәтіні кіріспеден, материалдар мен әдістерден, нәтижелерден, талқылаудан, қорытындыдан, қаржыландыру туралы ақпараттан (бар болған жағдайда), әдебиеттер тізімінен тұрады. Әрбір түпнұсқа мақалада (әлеуметтік-гуманитарлық бағытты қоспағанда) зерттеу нәтижелері жаңғыртылатын болуы тиіс, жабдықтар мен материалдардың шығу тегі, деректерді статистикалық өңдеу әдістері және жаңғыртуды қамтамасыз етудің басқа да тәсілдері көрсетіле отырып, зерттеу әдіснамасы сипатталуы тиіс.

МЕМСТ 7.1-2003 сәйкес пайдаланылған әдебиеттер тізімі «Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Жинақтаудың жалпы талаптары мен ережелері» (20 тақырыптан кем емес), сілтемелер мәтінде айтылғандай орналастырылған. Қазақ тіліндегі пайдаланылған әдебиеттердің тізімі латын кестесіне сәйкес даярланады.

Түйіндеме (егер мақаланың мәтіні қазақ тілінде болса, онда түйіндеме орыс тілде, егер мақаланың мәтіні орыс тілінде болса, онда түйіндеме - қазақ тілде, егер - ағылшын тілінде болса, онда түйіндеме - қазақ және орыс тілдерінде) 150-300 сөз болуы қажет.

Материалдар баспа түрінде (1 дана) және электронды түрде, парақтың барлық жағында шеттері 2,5 см, Word A4 редакторында, Times New Roman шрифтімен, 11 өлшемді, бір интервалмен беріледі. Графикалық материал мәтінге енгізіліп, графикалық редакторда орындалуы керек. Сурет жазулары барлық белгілермен берілген. Реттік нөмірленген кестелердің тақырыптары болуы керек (кестелер - 5-тен көп емес, суреттер - 5-тен көп емес). Аннотацияларды, конспектілерді және суреттер мен кестелерді ескере отырып, қолжазбаның жалпы көлемі, 8 беттен аз болмауы қажет.

Журналдың бір санында бір автордың 2-ден көп емес мақаласын жариялауға рұқсат етіледі. Жеке парақта авторлар туралы ақпарат (ұйымы, қызметі, ғылыми дәрежесі, мекенжайы, байланыс телефоны).

Бір мақаланы жариялау құны:

- БҚАТУ ПОҚ үшін (жеке тұлға) - 1 (бір) бетке 2000 (екі мың) теңге;
- өзге ұйымдардың ПОҚ үшін (жеке тұлға) - 1 (бір) бетке 4000 (төрт мың) теңге;
- барлық ұйымдар үшін (заңды тұлға) - 1 (бір) бетке 6000 (алты мың) ;
- шетелдік авторларға (барлығы **шетелдік**) - тегін.

Мекенжайымыз:

090009, Орал қаласы, Жәңгір хан көшесі, 51.

«Ғылым және білім» - Жәңгір хан атындағы БҚАТУ-дың ғылыми-практикалық журналы

Анықтама телефоны: 87112 51-65-42; E-mail: nio_red@mail.ru

Журналдың электрондық сайты – <http://ois.wkau.kz>

Журналда мақала жариялау жарнасын мына есепшотқа аударуға болады:

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ

РНН 270 100 216 151

БИН 021 140 000 425

ИИК KZ 516010181000027495 «Қазақстан Халық Банкі» АҚ Батыс Қазақстан Филиалы

БИК HSBKZZKXKB 16

Правила для авторов

Научно-практический журнал «Ғылым және білім» является периодическим изданием Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана. Журнал выходит ежеквартально, статьи публикуются на казахском, русском и английском языках. Журнал публикует научные работы по актуальным проблемам фундаментальных и прикладных исследований в области сельскохозяйственных, ветеринарных, биологических, технических, экономических и социально-гуманитарных наук.

Подписку на сборник можно оформить по каталогам газет и журналов АО «Казпочта» (индекс 76316).

Научно-технические и производственные статьи, планируемые к опубликованию в нашем журнале, проходят процедуру одностороннего слепого рецензирования и утверждения на редакционной коллегии. При положительном заключении материал помещается в «портфель» редакции в очередь на опубликование. Скорость публикации зависит от актуальности материала и заполненности «портфеля» редакции по данной тематике. Кроме того, в связи с тем, что согласно приказу Председателя ККСОН МОН РК от 12.06.2013 ж. № 949 одним из условий включения журнала в перечень изданий, рекомендуемых Комитетом для публикации основных результатов научной деятельности, является наличие публикаций на иностранных языках, правом внеочередного опубликования будут пользоваться статьи на английском языке.

Статьи для публикации следует подавать посредством онлайн системы подачи и рецензирования статей.

При подготовке статей в журнал рекомендуем руководствоваться следующими правилами:

Статья должна быть оформлена в строгом соответствии с ГОСТ 7.5.-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», принятых Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 1:3-98 от 28 мая 1998 года), а также приставных библиографических списков по ГОСТ 7.1.-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», принятых Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 12 от 2 июля 2003 г.)

Последовательность элементов издательского оформления материалов следующая:

Индекс УДК (в соответствии с руководством по индексации, имеющимся в научных библиотеках);

Сведения об авторах (фамилия, инициалы, ученая степень, звание, полное наименование учреждения, в котором выполнена работа с указанием города, страны), адреса всех авторов публикаций (в том числе с указанием основного автора);

Заглавие публикуемого материала (прописными буквами, полужирный, кегль 11 пунктов, гарнитура Times New Roman, Times New Roman КК ЕК, абзац центрированный), в том числе на английском языке; Шестнадцатизначный ORCID ID каждого автора.

Аннотация 150-300 слов (приводится на языке текста публикуемого материала и на английском языке);

Ключевые слова (курсив) (количество ключевых слов: от 3 до 10);

Текст статьи. Текст научной статьи включает основные положения, введение, материалы и методы, результаты, обсуждение, заключение, информацию о финансировании (при наличии), список литературы. В каждой оригинальной статье (за исключением социально-гуманитарного направления) обеспечивается воспроизводимость результатов исследования, описывается методология исследования с указанием происхождения оборудования и материалов, методов статистической обработки данных и других способов обеспечения воспроизводимости

Список использованной литературы в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (не менее 20 наименований), ссылки размещаются по мере упоминания в тексте. Список использованной литературы на казахском языке оформляется согласно алфавиту казахского языка, основанному на латинской графике, на русском языке - по стандарту BGN/PCGN.

Резюме (если текст статьи на казахском языке, то резюме публикуется на русском языке, если текст статьи на русском языке, то резюме – на казахском языке, если статья публикуется на английском языке, то резюме – на казахском и русском языках) 150-300 слов.

Материалы предоставляются в печатном (1 экз.) и электронном виде, в редакторе Word A4 с полями 2,5 см со всех сторон листа, гарнитура Times New Roman, кегль 11, интервал одинарный. Графический материал должен быть встроен в текст и выполнен в графическом редакторе. Подписанные подписи приводятся с указанием всех обозначений. Таблицы, пронумерованные по порядку, должны иметь заголовки (таблиц – не более 5-и, рисунки – не более 5-и). Общий объем рукописи, включая аннотации, резюме и с учетом рисунков и таблиц не менее 8 страниц.

В одном номере журнала допускается публикация не более 2 статей одного автора. На отдельном листе привести сведения об авторах (организация, должность, ученая степень, адрес, контактный телефон).

Стоимость публикации одной статьи:

- для ППС ЗКАТУ (физическое лицо) - 2000 (две тысячи) тенге за 1 (одну) страницу;
- для ППС иных организации (физическое лицо) - 4000 (четыре тысячи) тенге за 1 (одну) страницу;
- для всех организаций (юридическое лицо) - 6000 (шесть тысяч) за 1 (одну) страницу;
- зарубежным авторам (все авторы зарубежные) - бесплатно.

Адрес:

090009, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51

Научно-практический журнал ЗКАТУ имени Жангир хана «Ғылым және білім» («Наука и образование»)

Телефон 8/7112/516541; e-mail: nio_red@mail.ru

Электронный сайт журнала – <http://ois.wkau.kz>

Банковские реквизиты при перечислении денежных средств за опубликование статей:

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»

РНН 270 100 216 151

БИН 021 140 000 425

ИИК KZ 516010181000027495 Зап.Каз.филиал АО «Народный банк Казахстана»

БИК HSBKZKX; КБЕ 16

КНП 859

Рублевый счет: KZ606010181000030922

Rules for authors on the design of an article for publication

Scientific and practical journal «Ğylym jäne bilim» is a periodical of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan K. The journal is published quarterly and articles are published in Kazakh, Russian and English languages. The journal publishes scientific works on actual problems of fundamental and applied researches in the field of agricultural, veterinary, biological, technical, economic and socio-humanitarian sciences.

Subscription to the collection can be arranged through the catalogues of newspapers and magazines «Kazpost» JSC (index 76316).

Scientific, technical and industrial articles planned for publication in our journal undergo the procedure of unilateral blind review and approval by the editorial board. With a positive conclusion, the material is placed in the «portfolio» of the editorial board in the queue for publication. The speed of publication depends on the relevance of the material and fullness of the «portfolio» of the editorial office on the given topic. In addition, due to the fact that according to the order of the Chairman of KKSON MES RK dated 12.06.2013 № 949 one of the conditions for inclusion of the journal in the list of editions recommended by the Committee for publication of the main results of scientific activity is the availability of publications in foreign languages, the right of extraordinary publication will be enjoyed by articles in English.

Articles for publication should be submitted through the online article submission and review system.

When preparing articles for the journal we recommend to follow the following rules:

The article should be designed in strict accordance with GOST 7.5.-98 «Journals, collections, information publications. Publication design of published materials», accepted by Interstate Council on standardization, metrology and certification (report № 1:3-98 of May 28, 1998) and article bibliographic lists of State Standard 7.1.-2003 «Bibliographic record. Bibliographic Description. General Requirements and Rules for Drawing Up» adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (Minutes № 12 of July 2, 2003)

The sequence of elements of publishing design of materials is as follows:

UDC index (according to the indexing guidelines available in scientific libraries);

Information on the authors (surname, initials, academic degree, title, full name of the institution where the work was done indicating the city and country); addresses of all authors of publications (including that of the main author)

The title of the publication (in capital letters, boldface type, font size 11 points, Times New Roman, Times New Roman KC, centered indent), including in English;

Hexadecimal ORCID ID of each author

Abstract of 150-300 words (in the language of the text to be published and English)

Keywords (italics) (number of keywords: 3 to 10);

Text of the article. The text of the research article includes the main points, introduction, materials and methods, results, discussion, conclusion, information on financing (if any), list of references. Each original article (with the exception of the socio-humanitarian field) ensures reproducibility of the research results, describes the research methodology, indicating the origin of equipment and materials, methods of statistical data processing and other ways to ensure reproducibility

The list of references in accordance with GOST 7.1-2003 "Bibliographic record. Bibliographical description. General requirements and rules of drawing up" (no more than 12 titles), the references are placed as they are mentioned in the text. The list of references in Kazakh is executed according to the Kazakh alphabet based on Latin characters, in Russian - according to BGN/PCGN standard

The abstract (if the text is in Kazakh, the abstract is published in Russian and English, if the text is in Russian, the abstract is published in Kazakh and English, if it is in English, the abstract is published in Kazakh and Russian) 150-300 words.

Submissions are submitted in hard copy (1 copy) and electronically in Word A4 with margins of 2.5 cm on all sides, Times New Roman typeface, type 11, single spacing. Graphic material should be embedded in the text and made in a graphic editor. The sub-picture captions are given with all symbols. Tables numbered in order should have titles (tables - not more than 5, figures - not more than 5). Total length of manuscript, including abstract, summaries and figures and tables: no less 8 pages. Not more than 2 articles of one author are allowed to be published in one issue of the journal. On a separate sheet give information about the authors (organization, position, academic degree, address, contact phone number).

The cost of publishing one article:

- for teaching staff of WKATU (individual) - 2000 (two thousand) tenge per 1 (one) page;
- for teaching staff of other organizations (individual) - 4000 (four thousand) tenge per 1 (one) page;
- for all organizations (legal entity) - 6000 (six thousand) per 1 (one) page;
- to foreign authors (all authors) - free of charge.

Address:

090009, Uralsk, 51 Zhangir khan str. Scientific and practical journal of Zhangir Khan WKAU «Ğylym jäne bilim» («Science and Education»)

Phone 8/7112/516541; e-mail: nio_red@mail.ru

Journal's electronic site - wkau.kz (section «Science» - «Scientific publications of WKATU»).

090009, Uralsk, 51, Zhangir khan Street

Scientific and practical journal of Zhangir khan WKATU «Science and Education»

Telephone 87112 50-21-15; 51-61-30; e-mail: nio_red@mail.ru

Website of the journal – <http://ois.wkau.kz>

Bank requisites when transferring funds for the publication of articles:

Zhangir Khan West-Kazakhstan Agrarian-technical university

RNT 270 100 216 151

BIN 021140000425

IIC KZ516010181000027495 KZT

KZ606010181000030922 RUB

KZ686010181000145238 USD

WKB JSC «Halyk Bank of Kazakhstan» Uralsk

BIK HSBKKZKX

Beneficiary Code 16

GCEO 39844062

«Ғылым және білім»

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық
университетінің ғылыми-практикалық журналы
2005 жылдан бастап шығады
Қазақстан Республикасының Мәдениет,
ақпарат және спорт министрлігі
Ақпарат және мұрағат комитеті
Бұқаралық ақпарат құралын есепке қою туралы
15.06.2005 ж. № 6132-Ж. куәлігі берілген

«Наука и образование»

Научно-практический журнал Западно-Казахстанского
аграрно-технического университета имени Жангир хана
Издается с 2005 года
Зарегистрирован в Комитете информации и архивов
Министерства культуры информации и спорта РК
Свидетельство о постановке на учет средства массовой информации
№ 6132-Ж. от 15.06.2005 г.

Редактор: А.Е. Нугманова

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық
университетінің Жарнама-баспа орталығы

БҚАТУ баспаханасында басылды
Пішімі 60x84 1/8 Офсетті қағаз 80 м/г
Көлемі 35,4 б.б. Таралымы 500 дана
25.09.2024 ж. басуға қол қойылды. Тап.373
090009 Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51
Анықтама телефоны: 8 7112 51-65-42
E- mail: nio_red@mail.ru
Журнал наука.wkau.kz сайтында орналасқан

