

Fizika-matematika

UDC 539.17

ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENT FOR $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ FROM THE $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ REACTION

$^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ REAKSIYASIDAN $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ UCHUN ASIMPTOTIK NORMALLASH KOEFFITSIYENTI
АСИМПТОТИЧЕСКИЕ НОРМИРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ ИЗ РЕАКЦИИ
 $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$

**Tursunmakhatov Kakhramon Irisbayevich¹, Ikromkhonov Erkinjon Shokirjon o'g'li^{2,3},
Khusenov Fazliddin Sulaymon o'g'li¹, Saydullayev Abduhalim Abdusalim o'g'li³.**

¹Guliston davlat universiteti, 120100. Syrdarya region, Gulistan city, IV microdistrict

²Institute of Nuclear Physics, 100214. Tashkent city, Mirzo Ulugbek district, Ulugbek town, Khurason street, house 1.

³Tashkent State Medical University Chirchik branch, 111700. Tashkent region, Chirchik city, Lomonosov street, house 7.

E-mail: tursunmahatovkahramon@gmail.com

Summary. The analysis of the differential cross section of the $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ reaction measured at an incident energy of 10 MeV was performed within the framework of the modified distorted wave Born approximation. The peripheral character of the reaction was tested. It was shown that, the considered reaction is peripheral at the main maximum of the angular distribution of the reaction under consideration. The squared ANC value for the $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ configuration was found to be $290.456\pm 20.105 \text{ fm}^{-1}$.

Key words: differential cross section, asymptotic normalization coefficient, radiative capture, peripheral reaction, spectroscopic factor.

Annotatsiya. $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ reaksiyasining 10 MeV boshlang'ich energiyada o'lchangan differensial kesimi modifikatsiyalangan buzilgan to'liqinli Born yaqinlashuvi doirasida tahlil qilindi. Reaksiyaning periferik xususiyati tekshirildi. Ko'rib chiqilgan reaksiya burchak taqsimotining asosiy maksimumi sohasida periferik ekanligi ko'rsatildi. $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ konfiguratsiyasi uchun kvadratlangan ANK qiymati $290.456\pm 20.105 \text{ fm}^{-1}$ ga teng deb topildi.

Kalit so'zlar: differensial kesim, asimptotik normallashuv koeffitsienti, radiatsion tutib olish, periferik reaksiya, spektroskopik faktor.

Аннотация. Анализ дифференциального сечения реакции $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$, измеренной при энергии налетающих частиц 10 МэВ, был выполнен в рамках модифицированного приближения Борна искажённых волн. Была проверена периферийность реакции. Показано, что рассматриваемая реакция является периферической в области основного максимума углового распределения. Квадрат значения АНК для конфигурации $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ составил $290.456\pm 20.105 \text{ фм}^{-1}$.

Ключевые слова: дифференциальное сечение, асимптотический коэффициент нормировки, радиационный захват, периферическая реакция, спектроскопический фактор

1. Introduction. The first thorough review about nuclear vertex constant (NVC) and its relationship with the asymptotic normalization coefficient (ANC) was presented in Ref. [1]. That work also introduced the theoretical foundation of the ANC and discussed its role in the nuclear reaction theory. In Ref. [2], the role of the ANC in the theory of nuclear reactions with the charged particles was given. The residue in the poles of the elastic scattering S-matrix corresponding to bound states [3] and in resonances [4] can be expressed in terms of the ANC in the scattering theory.

The asymptotic normalization coefficient is a fundamental nuclear characteristic of bound states [1] and the partial resonance width is expressed in terms of the ANC [5]. The ANC plays an important role in low-energy elastic scattering, nuclear transfer and radiative capture reactions [6]. The experimentally determined ANCs can be used to calculate the astrophysical S factor of the peripheral radiative capture reactions [7].

The radiative capture $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ reaction plays an important role in nucleosynthesis both in stars and in the early universe [8]. In the nucleosynthesis in stellar helium burning, it is supposed that the $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ reaction may act as a neutron poison for the slow proton capture process of the heavy element synthesis [9]. ANC for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration extracted from the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ process could be used for the prediction of characteristics of the radiative capture $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ reaction. In this regard, it is of great interest to extract the value of ANC for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration.

In this study, we extracted the ANC value for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration from the analysis of the peripheral neutron transfer reaction $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$, which was measured in [10], within the framework of the Modified Distorted Wave Born Approximation (MDWBA) [11].

2. Analysis of the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ reaction

2.1. Basic formulas of the modified DWBA

In the modified distorted wave born approximation (MDWBA), the differential cross section in the region of the main peak of the angular distribution for the peripheral transfer reaction $A(x; y)B$ ($x \rightarrow y + p$ and $B \rightarrow A + p$) is parameterized in terms of the product of the squares of ANC and the differential cross section (DCS) has the form (see Ref. [12,13] and references there in)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = C_{aA; l_B j_B}^2 R(E, \theta; b_{ya; l_x j_x}, b_{aA; l_B j_B}). \quad (1)$$

Here

$$R(E, \theta; b_{ya; l_x j_x}, b_{aA; l_B j_B}) = C_{ya; l_x j_x}^2 \frac{\sigma_{l_x l_B j_B}^{DWBA}(E, \theta; b_{ya; l_x j_x}, b_{aA; l_B j_B})}{b_{ya; l_x j_x}^2 b_{aA; l_B j_B}^2} \quad (2)$$

The peripheral character of the considered reaction in the region of the main peak of the angular distribution can be formulated by the condition [11]

$$R(E, \theta; b_{ya; l_x j_x}, b_{aA; l_B j_B}) = \text{const} \quad (3)$$

as a function of free parameters $b_{ya; l_x j_x} = b_{ya; l_x j_x}(r_0, a)$ and $b_{aA; l_B j_B} = b_{aA; l_B j_B}(r_0, a)$ which in turn are functions of the geometric parameters of the radius and diffusion of the Woods-Saxon potential, for all scattering angles and a fixed value of the energy E. If conditions (3) are satisfied, then the value of ANC for $A + a \rightarrow B$ vertex can be determined from the condition

$$C_{aA; l_B j_B}^2 = \frac{(\frac{d\sigma^{exp}}{d\Omega})_{\theta=\theta_{peak}}}{R(E, \theta; b_{ya; l_x j_x}, b_{aA; l_B j_B})} = \text{const} \quad (4)$$

which must be fulfilled for fixed energy E, scattering angle and the corresponding function $R(E, \theta; b_{ya; l_x j_x}, b_{aA; l_B j_B})$ from Eq.(3).

We note that the spectroscopic factor $Z_{aA; l_B j_B}$, which is the norm of the radial overlap function of the bound state B wave function in the (A+a) channel, is related to the ANC $C_{aA; l_B j_B}$ by the equation [1]

$$C_{aA; l_B j_B} = Z_{aA; l_B j_B}^{1/2} b_{aA; l_B j_B}. \quad (5)$$

2.2. Analysis of the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ reaction within the modified DWBA

The DCS of the neutron transfer reaction $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ populating the ground state of ^{12}C was measured at a ^3He bombarding energy of 10 MeV [10] and the spectroscopic factor was extracted from the experimental data using DWBA calculation. In this section, we performed analysis of the DCS of the considered reaction. In the $^{12}\text{C}=^{11}\text{B}+p$ system, the transferred neutron has orbital momentum $l_{p^{11}\text{B}}=1$ for the ground state of ^{12}C and the corresponding total angular momentum is equal to $j_{p^{11}\text{B}}=3/2$. The orbital and total angular momenta of the transferred neutron in the $^3\text{He}=d+p$ system are equal to $l_{pd}=0$ and $j_{pd}=1/2$, respectively.

Table 1.

The parameters of OP for entrance and exit channel for the $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ reaction. The depth of the potentials are given in MeV and the geometry parameters are in fm.

OP Parameters	A ₁	B ₁	B ₂
V_0	117.313	81.382	87.078
r_0	1.26	1.174	1.13
a_0	0.82	0.809	0.80
W	2.137	19.27	
r_W	1.251	1.328	
a_W	0.84	0.465	
W_D		3.71	12
r_D		1.563	1.477
a_D		0.7	0.7
V_{SO}		3.703	5.2
r_{SO}		1.234	0.85
a_{SO}		0.813	0.475
r_C	1.303	1.698	1.30
Source	[17]	[18]	[19]

The calculation was performed using the LOLA code [15]. The ANC value for the $\text{d}+\text{p} \rightarrow ^3\text{He}$ configuration was taken to be $4.28 \pm 0.5 \text{ fm}^{-1}$ from Ref. [12]. The set of optical potential (OP) for the entrance and exit channel is given in Table 1. The parameter of OP for the entrance $^{11}\text{B}+^3\text{He}$ channel, labelled A1, was taken from Ref. [17]. The parameter of OPs for the exit $^{12}\text{C}+\text{d}$ channel was taken from Refs. [18-19] and it is labelled B1-B2.

Variations of the parameters r_0 and a result in changes of the single-particle ANC within the interval $6.129 \leq b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2} \leq 12.864 \text{ fm}^{-1/2}$ for the ground state of the ^{12}C nucleus. Fig. 2 illustrates the dependence of the $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function on the single-particle ANC $b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ for the $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ reaction. The width of the band reflects the minor residual dependence of the $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function on the parameters r_0 and a . For instance, the arithmetic mean value of $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function is equal to $3.68 \cdot 10^{-3} \pm 5.2 \cdot 10^{-5} \text{ mb/sr fm}$ at an angle of $\theta = 17^\circ$. Variations of the parameters r_0 and a cause $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function to change in the range $3.55 \cdot 10^{-3} \leq R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}) \leq 3.81 \cdot 10^{-5} \text{ mb/sr fm}$.

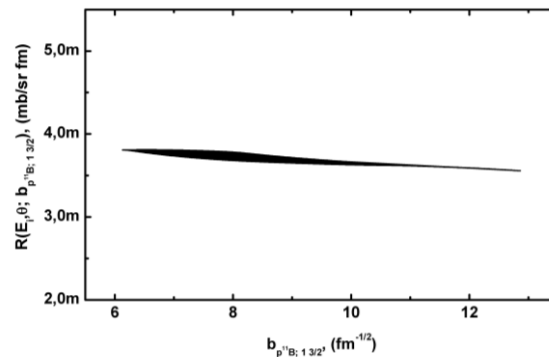


Fig. 1. The dependence of the $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function on the single-particle ANC $b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ at energy of 10

MeV using OP set (A1+B1) at the angle of $\theta_{\text{peak}} = 17^\circ$. The band width in the graphs corresponds to the variation of the geometric parameters r_0 and a within the ranges $1.00 \leq r_0 \leq 1.40 \text{ fm}$ and $0.50 \leq a \leq 0.70 \text{ fm}$.

Fig. 2 shows the dependence of the ANC $C_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}^2$ and the spectroscopic factor $Z_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ on the single-particle ANC $b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ at $\theta_{peak} = 17^\circ$. The ANC $C_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}^2$ varies slightly within the narrow range of $301.31 \leq C_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}^2 \leq 323.38 \text{ fm}^{-1}$ when changing the Woods-Saxon potential parameters r_0 and a within the above mentioned interval. This implies that ANC is relatively insensitive to the single-particle ANC variations. In contrast, the spectroscopic factor $Z_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ changes significantly in the range $1.95 \leq Z_{p^{11}\text{B};1\ 3/2} \leq 8.02$ under the same variations of the parameters r_0 and a . This indicates a strong dependence of $Z_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ on the single-particle ANC $b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$. Similar trends, namely weak ANC dependence and strong sensitivity of the spectroscopic factor, are observed at other experimental angles. In summary, the results demonstrate the reliability of the ANC determination for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration from the transfer reaction $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$, while highlighting the strong model dependence that affects the extraction of the spectroscopic factor. For all optical potential set listed in Table 1, the condition (2) for the $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function is fulfilled at angles within the main peak of the angular distribution when the Woods-Saxon potential parameters r_0 and a are varied across the above mentioned ranges. The $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function value fluctuates between 1.41% and 3.88% considering set of OPs. The results indicate that the reaction under study is peripheral at the main peak of the angular distribution. Therefore, the experimental DCS for the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ reaction can be employed to extract the values of ANC $C_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}^2$ in a manner that is independent of the geometric parameters (r_0 and a) of the W-S potential.

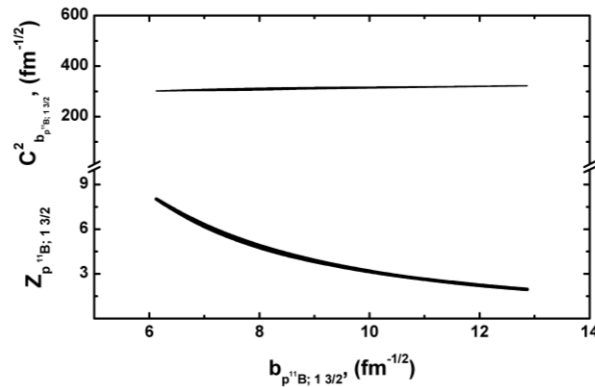


Fig. 2. The behavior of the $C_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}^2$ [in upper panel] and $Z_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ [in lower panel] function on the single-particle ANC $b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2}$ at an energy of 10 MeV using optical potential set (A1+B1) at the angle of $\theta_{peak} = 17^\circ$. The width of the bands corresponds to the variation of the geometric parameters r_0 and a within the ranges $1.00 \leq r_0 \leq 1.40 \text{ fm}$ and $0.50 \leq a \leq 0.70 \text{ fm}$.

2.3. Determination of ANC for $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration

By normalizing the calculated DCS within the framework of MDWBA to the experimental one at the forward angles $\theta < 20^\circ$, we extracted the values of the ANC for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration. For each of the three experimental points of angles θ , the value of ANC for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration is determined by using the relation (4) and the central value $R(\theta, b_{p^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function, corresponding to the standard values of the parameters r_0 and a of the adopted W-S potential ($r_0=1.25 \text{ fm}$ and $a=0.65 \text{ fm}$).

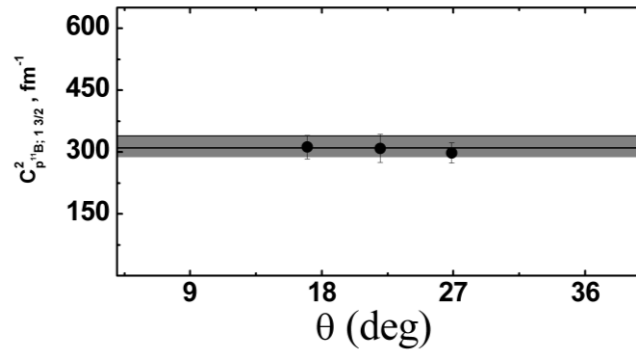


Fig. 3. The values of ANCs for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration for each experimental point of angles in the main peak of the angular distribution. The band widths are the corresponding weighted uncertainties.

Table 2.

The dependence of the R functions on single-particle ANC of $1p_{3/2}$ component in ^{12}C ground state for the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ reaction. The calculation have been carried out with the optical potential set (A1+B1) at the angle of $\theta_{\text{peak}} = 17^\circ$.

r_0	a	$b_{1\ 3/2}$	$C_{1\ 3/2}^2$	$R_{1\ 3/2}$	$S_{1\ 3/2}$
1.00	0.50	6.129	301.31	3.81E-3	8.02
1.00	0.70	8.987	309.43	3.71E-3	3.83
1.25	0.65	10.087	314.52	3.65E-3	3.09
1.40	0.50	10.466	317.13	3.62E-3	2.89
1.40	0.70	12.864	323.38	3.55E-3	1.95

The calculated values of the squared ANCs for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration are presented in Fig. 3 for each experimental data point in the main peak of the angular distribution, considering set of OP. The uncertainty in the ANC values represents the root mean square error derived from the combined uncertainties of the calculated $R(\theta, b_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2})$ function, which depends on the free parameter $b_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2}$, alongside the experimental DCS error. Our recommended weighted average ANC value, obtained from OP set listed in Table 1, is $C_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2}^2 = 290.456 \pm 20.105\ \text{fm}^{-1}$ for the ^{12}C nucleus ground state. The spectroscopic factor $Z_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2}$ of the ^{12}C nucleus in the ($^{11}\text{B}+p$) channel is determined by the equation using the recommended ANC value in the present work and the value of single particle ANC $b_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2}$, corresponding to the standard values of the parameters r_0 and a of the adopted W-S potential ($r_0=1.25\ \text{fm}$ and $a=0.65\text{fm}$). The spectroscopic factor $Z_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2}$ of the ^{12}C nucleus in the ($^{11}\text{B}+p$) channel are found to be $Z_{p\ ^{11}\text{B};1\ 3/2} = 2.855 \pm 0.198$ for the ^{12}C nucleus ground state.

The calculated DCSs of the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ reaction, populating the ground state of the ^{12}C nucleus, are presented in Fig. 4 alongside the corresponding experimental data from reference [10]. The curve, which are shown in Fig. 4, represent calculations performed within the framework of the MDWBA, utilizing the weighted ANC value, across different OP set listed in the Table 1. As demonstrated in the figure, the calculated DCSs within the framework of MDWBA exhibit good agreement with the experimental data, particularly within the main peak region of the angular distribution.

3. Conclusion

The analysis of the differential cross section of the $^{11}\text{B}(^3\text{He},d)^{12}\text{C}$ reaction measured at an incident energy of 10 MeV was performed within the framework of the modified Distorted Wave Born Approximation. The peripheral character of the reaction was tested. It was shown that, the considered reaction is peripheral at main maximum of the angular distribution of the reaction under consideration. It was established that the spectroscopic factor demonstrates a significant sensitivity to the parameters of the Woods-Saxon potential. The squared ANC for the $^{11}\text{B}+p \rightarrow ^{12}\text{C}$ configuration was found to be $290.456 \pm 20.105\ \text{fm}^{-1}$.

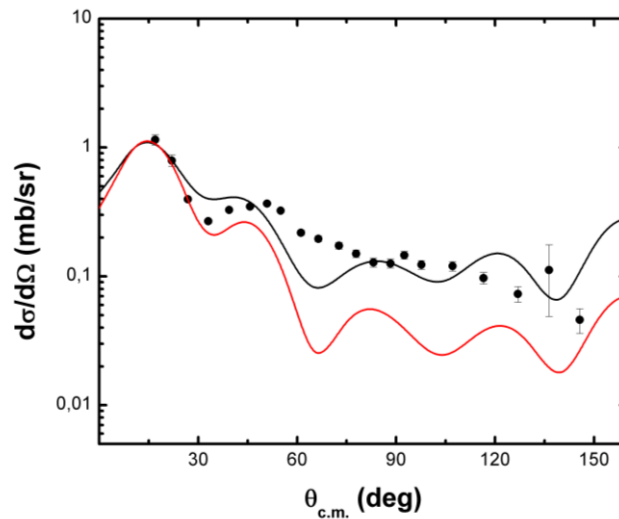


Fig. 4. The DCS for the reaction $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ populating the ground (0^+ ; $E^*=0\text{MeV}$) state of the ^{12}C nucleus at an energy of 10 MeV. The experimental points are taken from [10]. The red and black solid lines are the calculated DCSs corresponding to set (A1+B1) and set (A2+B2), respectively.

Acknowledgement This work is funded by the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan (Grant # FL-9024094149 “Study of nuclear reactions of nucleon or cluster transfer for problems of nuclear astrophysics and thermonuclear reactions”).

REFERENCES:

1. Блохинцев Л.Д., Борбей И., Долинский Э.И., Ядерная вершинная константа // «Физика элементарных частиц и атомного ядра». – Том 8(1977). – С.1189 – 1245 (1977) (Blokhintsev L.D., Borbeli I., Dolinskii E.I., Nuclear vertex constants // Soviet Journal of Particles and Nuclei. – Москва (Россия), 1977. – Vol. 8, № 6. – P. 485–541.)
2. Blokhintsev L.D., Mukhamedzhanov A.M., and Safronov A.N., Coulomb effects in nuclear reactions // Fiz. Elem. Chastits At. Yadra. – 1984. – T. 15. – С. 1296–1337. [Sov. J. Part. Nuclei. – 1984. – Vol. 15. – P. 580–597].
3. Perelomov M., Popov V.S., Terentev M.V. Ionization of Atoms in an Alternating Electric Field: II // ZhetF. – 1966. – Vol. 51. – P. 309–326.
4. Dolinskii E.I., Mukhamedzhanov A.M. Relation of deduction in S–matrix pole to proportional coefficient in wave–function asymptotics // Izv. Akad. Nauk. SSSR Ser. Fiz. – 1977. – Vol. 41. – P. 2055–2058.
5. Mukhamedzhanov A. M., Tribble R. E. et al. Nuclear astrophysics study // Physical Review C. – 1999. – Vol. 59. – P. 3418–3426.
6. Mukhamedzhanov A.M., Blokhintsev L.D. Asymptotic normalization coefficients in nuclear reactions and nuclear astrophysics // European Physical Journal A. – 2022. – vol.58, No.29. – P. 1–76.
7. Tursunmakhatov K.I. The Asymptotic Normalization Coefficient for $^7\text{Be}+p\rightarrow^8\text{B}$ and Astrophysical S–Factor for the $^7\text{Be}(p,\gamma)^8\text{B}$ Reaction // Acta Physica Polonica B Proceedings Supplement. —2023. Vol.16. —P. 2–A19.1–19.6.
8. Kelley J.H., et al. The $^{11}\text{B}(p,\gamma)^{12}\text{C}$ reaction below 100 keV // Physical Review C. – 2000. – Vol. 62.
9. He JJ. Direct measurement of $^{11}\text{B}(p, \gamma)^{12}\text{C}$ astrophysical S factors at low energies // Physical Review C. – 2016. – Vol. 93. – id. 055804.
10. Crosby M. A., Legg J. C. ($^3\text{He},\text{d}$) and ($^3\text{He},\text{t}$) reactions on ^9Be and ^{11}B // *Nuclear Physics A*. – 1967. – Vol. 95. – P. 639–648.
11. Mukhamedzhanov A. M., Clark H. L., Gagliardi C. A., et al. Asymptotic normalization coefficients for $^{10}\text{B} \rightarrow ^9\text{Be} + p$ // Physical Review C. – 1997. – Vol. 56. – P. 1302–1312.
12. Tursunmakhatov K.I., Ikromkhonov E.Sh. Asymptotic normalization coefficient for $^6\text{He}+p\rightarrow^7\text{Li}$ from the proton transfer $\text{d}(^6\text{He},^7\text{Li})\text{n}$ reaction // International Journal of Modern Physics E. – 2023. – Vol. 32.

13. Tursunmakhatov K.I. and Ikromkhonov E.Sh. Asymptotic normalization coefficient for the ${}^6\text{Li}+n \rightarrow {}^7\text{Li}$ from the ${}^6\text{Li}(d,p){}^7\text{Li}$ reaction and cross-section for the ${}^6\text{Li}(n,\gamma){}^7\text{Li}$ reaction // International Journal of Modern Physics E. – 2025. – Vol. 34. – No. 06 – id. 2550017.
14. Xu H.M., Gagliardi C.A., Tribble R.E., Mukhamedzhanov A.M., Timofeyuk N.K. Determination of the ${}^7\text{Be}(p,\gamma){}^8\text{B}$ S factor from the ${}^7\text{Be}(d,n){}^8\text{B}$ reaction // Physical Review Letters. – 1994. – Vol. 73. – P. 2027–2030.
15. Devries R. M. Recoil Effects in Single-Nucleon-Transfer Heavy-Ion Reactions // Physical Review C. – 1973. – Vol. 8. – P. 951–960.
16. Artemov S.V., Igamov S.B., Tursunmakhatov K.I., Yarmuxamedov R. Determination of nuclear vertex constants (asymptotic normalization coefficients) for the virtual decays ${}^3\text{He} \rightarrow d+p$ and ${}^{17}\text{F} \rightarrow {}^{16}\text{O}+p$ and their use for extrapolating astrophysical S-factors of the radiative proton capture by the deuteron and the ${}^{16}\text{O}$ nucleus at very low energies // Bull. Rus. Acad. Sci. Phys. – 2009. – Vol. 73. – P. 165–171.
17. Pang D. Y. et al. Global optical model potential for $A=3$ projectiles // Physical Review C. – 2010. – Vol. 81.
18. Yinlu Han, Yuyang Shi, and Qingbiao Shen Deuteron global optical model potential for energies up to 200 MeV. // Physical Review C. — 2006. — Vol. 74. — id. 044615.
19. Perrin G., Nguyen Van Sen, Arvieux J., Darves-Blanc R., Durand J.L., Fiore A., Gondrand J.C., Merchez F., Perrin C. A systematic study of elastic scattering of polarized deuterons around 30 MeV by complex nuclei // Nuclear Physics A. — 1977. — Vol. 282. — P. 221–242.

Avtors:

Tursunmakhatov K.I.- Guliston davlat universiteti fizika kafedrasi mudiri; E-mail:

tursunmakhatovkahramon@gmail.com

Ikromkhonov E.Sh.- O'z FA Yadro fizikasi instituti Eksperimental yadro fizikasi laboratoriyasi kichik ilmiy hodimi; E-mail: eikromxonov@gmail.com

Khusenov F.S. - Guliston davlat universiteti fizika kafedrasi magistranti; E-mail:

fazliddinhusenov251@gmail.com

Saydullayev A.A.- Toshkent davlat tibbiyot universiteti Chirchiq filiali tibbiy-biologik kimyo kafedrasi mudiri;

E-mail: abduhalimsaydullayev7@gmail.com

UDK 542.06, 542.6.063, 542.2

**TECHNOLOGY FOR PRODUCING INORGANIC HOLE TRANSPORT LAYERS FOR
PHOTOVOLTAIC DEVICES BASED ON PEROVSKITES**

PEROVSKIT FOTOVOLTAIK QURULMALARI UCHUN NOORGANIK KOVAKLI TRANSPORT
QATLAMLARINI OLISH TEXNOLOGIYASI

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ДЫРОЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ
ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОВ

**Kabulov Rustam Rashidovich¹, Xajiyev Mardonbek Ulug'bekovich¹, Istamov Damir Botirovich¹,
Gaymnazarov Kurban Gulmurotovich², Xajiyeva Sevil Mardonbek qizi³, Xojabaev Bolat Kaldibaevich¹**

¹ O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi S.A. Azimov nomidagi Fizika-texnika instituti, 100084,
Tashkent shahar, Chingiz Aytmatov ko'chasi 2 B uy

² Guliston davlat universiteti, 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, IV- mikrorayon.

³ Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti, 100084, Tashkent shahar,
Amir Temur shox ko'chasi 108 uy

E-mail: krr1982@bk.ru, E-mail: hajiev_mardonbek@mail.ru, E-mail: istamov@uzsci.net, E-mail:
kgaymnazarov@mail.ru, E-mail: sevinchxajiyeva3006@gmail.com, E-mail: bolatk1993@icloud.com

Abstract. Perovskite photovoltaic devices have attracted considerable attention from scientists over the past decade, achieving efficiencies exceeding 25% in a short time. Advances in the development of perovskite photovoltaic devices have made them the photovoltaic technology of the future. To further improve the efficiency of these devices, limiting factors such as the quality of the active perovskite layer, transport layers, boundary conditions, and buffer layers must be overcome. The selection and fabrication of thin hole transport

layers with transparent and conductive properties, which are the key components of photovoltaic devices, is a key factor in improving efficiency. This article presents a simple and easily implemented process for producing NiO thin films. To produce NiO thin films, spin-coating was chosen. A liquid mixture containing NiO chemical elements (nickel nitrate hexahydrate and deionized water) is centrifuged and deposited using centrifugal force to form a solid layer. The process of preparing the liquid mixture is crucial for obtaining a high-quality layer: solution concentration, centrifuge speed, temperature, and deposition time during and after the spin-coating process. The stages of preparing mixed solutions of the chemical elements that make up inorganic p-type NiO, as well as simple technological processes during centrifugation growth, are analyzed. Data on the effect of centrifuge speed on the thickness of a thin NiO layer are presented. The relationship between the concentration of the selected liquid and the thickness is presented.

Keywords: perovskite photovoltaic device, hole transport layer, nickel oxide thin film, solution, concentration, spin coating method, glass substrate, temperature.

Annotatsiya. Oxirgi o'n yillikda perovskit fotovoltaiik qurulumalari olimlar orasida katta qiziqish uyg'otdi va qisqa davr ichida 25% dan ortiq bo'lgan samaradorlikka erishildi. Perovskit fotovoltaiik qurulumalarini yaratishdagi yutuqlar uni kelajak fotovoltaiik texnologiyasiga aylantirdi. Ushbu qurilmalarning samaradorligini yanada ko'tarish uchun perovskit aktiv qatlami, transport qatlamlari, chegaraviy holatlari va buffer qatlamlarining sifati kabi chegaralovchi omillar bartaraf etish zarur. Fotovoltaiik qurulumalarning tarkibiy qismi bo'lgan shaffof va o'tkazuvchanlik xususiyatlariga ega bo'lgan kovaklarni tashuvchi yupqa qatlamlarini tanlash va ishlab chiqarish samaradorlikni ko'tarishning muhim omillardan biridir. Moqolada NiO yupqa qatlamlarini ishlab chiqarishda sodda, hamda uni amalga oshirish oson bo'lgan texnologik jarayon taqdim etiladi. NiO yupqa qatlamlarini ishlab chiqarish uchun spin coater texnologiyasi tanlangan, bunda qattiq qatlamni olishda NiO ning tarkibiy komyoviy elementlari mavjud suyuq aralashma (nikel nitrat gekzagidrat va deionlashgan suv) aylantirib markazdan qochma kuch yordamida yotqiziladi. Suyuq aralashmani tayyorlash jarayoni sifatli qatlamni olishda juda muhimdir: eritmaning konsentratsiyasi, spin coating qurulmasining aylanish tezliklari, qatlamni spin coating jarayonida va jarayondan keyin toblash harorati va davomiyligi. Noограник p-turdagi NiO tarkibiga kiruvchi kimyoviy elementlarning aralashmali eritmaları tayyorlanish bosqichlari va Spin-coating usuli orqali o'stirish jarayonidagi texnologik jarayonlarining sodda amallari tahlil qilingan. Spin-coating qurulmasini aylanish tezligining NiO yupqa qatlam qalinligiga ta'siri xaqida ma'lumotlar berilgan. Tanlangan suyuqlik konsentratsiyasi va qalinliklar o'rtasidagi bog'liqlik keltirilgan.

Tayanch so'zlar: perovskit fotovoltaiik qurulmasi, kovakli transport qatlami, nikel oksidi yupqa qatlami, eritma, konsentratsiya, spin coater usuli, shisha taglik, temperatura.

Аннотация. В последнее десятилетие перовскитные фотоэлектрические устройства привлекли большое внимание ученых, и за короткий период времени была достигнута эффективность более 25%. Прогресс в создании перовскитных фотоэлектрических устройств сделал их фотоэлектрической технологией будущего. Для дальнейшего повышения эффективности этих устройств необходимо преодолеть ограничивающие факторы, такие как качество активного перовскитного слоя, транспортных слоев, граничных условий и буферных слоев. Выбор и производство тонких дырочных транспортных слоев с прозрачно - проводящими свойствами, которые являются основными компонентами фотоэлектрических устройств, - один из важных факторов повышения эффективности. В статье представлен простой и легко реализуемый технологический процесс получения тонких пленок NiO. Для получения тонких пленок NiO была выбрана технология центрифужного нанесения, при которой жидкая смесь, содержащая химические элементы NiO (гексагидрат нитрата никеля и деионизированная вода), центрифугируется и наносится с помощью центробежной силы для получения твердого слоя. Процесс приготовления жидкой смеси очень важен для получения высококачественного слоя: концентрация раствора, скорость вращения центрифуги, температура и продолжительность нанесения слоя вовремя и после процесса центрифужного нанесения. Проанализированы этапы приготовления смешанных растворов химических элементов, входящих в состав неорганического p-типа NiO, и простые технологические процессы в процессе роста методом центрифугирования. Приведены данные о влиянии скорости вращения центрифуги на толщину тонкого слоя NiO. Представлена зависимость между концентрацией выбранной жидкости и толщиной.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Ключевые слова: перовскитное фотоэлектрическое устройство, дырочный транспортный слой, тонкая пленка оксида никеля, раствор, концентрация, метод центрифугирования, стеклянная подложка, температура.

Kirish. Organik/noorganik gibrid perovskit fotovoltaik qurilmalari (PerPVQ) so'nggi yillarda samaradorligi yuqori, ishlab chiqarish oson va arzonligi kabi afzalliklari tufayli qayta tiklanadigan energiya ning istiqbolli sohasi bo'lib kelyapdi [1]. Noorganik p-turdagi metall oksidi assosidagi kovakli transport qatlamini (KTQ) ishlab chiqish jahon bozorlarida PerPVQ larining samaradorligida va barqarorligida muhim ro'l o'ynaydi. PerPVQ fotogalvanika sohasida eng tez rivojlanayotgan texnologiyalardan biriga aylandi. Ularning samaradorligi 25% dan yuqori qiymatlarga yetgan bo'lib, kremniy texnologiyasiga yaqinlashib bormoqda. Biroq uzoq muddatli barqarorlik, interfeys defektlari va zaryad tashuvchilar rekombinatsiyasi hali ham dolzarb muammolar bo'lib qolmoqda. Odatda organik KTQ (masalan, Spiro-OMeTAD) narxi yuqoriligi, kirishmalar bilan ishlov talab qilishi va termik barqarorligi past bulgan kamchiliklarga ega. Shu sababli noorganik KTQ, xususan NiO, PerPVQ uchun istiqboli material sifatida qaralmoqda.

Amaliyotda PerPVQ uchun KTQ perovskit fotoaktiv qatlamidan kovaklarni samarali chiqarish, elektronlarni bloklash, interfeys rekombinatsiyasini kamaytirish va PerPVQ barqarorligini oshirish vazifalarni bajaradi.

NiO yupqa qatlamlarini sintez qilishda bir qancha fizikfviy va kimyoviy usullar qo'llanilib kelinmoqda masalan, radiochastotali magnetron purkash usuli [2-4], pirolizli purkash usuli [5], elektron nurlari yordamida bug'lantirib o'stirish [6], impulsli lazer yordamida purkab o'stirish [7] va sol-gel usullari [8, 9]. Ishlab chiqarish uchun oson va arzonligi bilan qulay bo'lgan usullardan biri sol-gel spin-coating – suyuqlikni aylantirib qatlam olish usuli o'zining afzalliklari tufayli yupqa qatlamlarni tayorlashda qulay texnologik yondashuv hisoblanadi va ko'plab tadqiqotlarda ishlatilib kelinadi [5, 9]. NiO yupqa qatlamlarini kremniy (Si), magniy oksidi (MgO), alyumin oksidi (Al_2O_3) tagliklariga [7], amorf yoki kristall turdagi tagliklariga o'stirish mumkin.

Ushbu tadqiqotda shisha taglikga NiO yupqa qatlamlarini o'stirish uchun oson va samarali bo'lgan sol-gel spin-coating usuli qo'llanildi. Tadqiqotda nooprnik p-turdagi, xususan NiO KTQ tarkibiga kiruvchi kimyoviy elementlarning aralashmali eritmaları tayyorlanib, Spin-coating usuli orqali o'stirish jarayonidagi texnologik tartiblarning sodda amallari keltirilgan. Sifatli NiO qatlamlarini olishda amorf shisha tagliklarini kimyoviy tozalash jarayoni juda muhim bir jarayon bo'lib hisoblanadi.

Tadqiqot ob'ekti va qo'llanilgan metodlar

1. Shisha tagliklarni tozalash jarayoni quyidagi ketma-ketlikda olib boriladi:

- 1.1. Shisha tagliklar (25×25 mm) PerPVQ asosini tashkil qiladi.
 - 1.2. Shisha tagliklar iliq deionizatsiyalangan suvda ($\sim 40^\circ C$) boshlang'ich yuviladi.
 - 1.3. Etil spirti (99%), asetonda (99%) va deionizatsiyalangan suvlarda ketma-ket holda ultratovushli vannada 15 daqiqan tozalanadi.
 - 1.4. Shisha tagliklar gaz puflagich yordamida azot oqimi yoki changsiz havo manbai yordamida quritiladi.
- NiO qatlamlarini olishda eng qulay usullaridan biri bu Nickel nitrat hexahydrate asosidagi sol-gel eritmasi yordamida olish hisoblanadi [10]. Bunda 0.5M va 0.1M li NiO qatlamlarini olish uchun spin-coating va qayta toblash usuli mukobil jarayonlardir, 1M ga nisbatan yupqaroq va silliq NiO qatlam olish mumkin.

2. Kerakli moddalar va asboblari

- Nikel nitrat gekсахидрат ($Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$)
- Distillangan yoki Deionizatsiyalangan suv
- Analitik tarozi
- 100 ml o'lchov kolbasi (yoki stakan + menzurka)
- Magnit aralashtirgich

Hisoblash: 10 ml eritmasi uchun 0.5M NiO konsentrasiya tayyorlaymiz. Molyar massa $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O = 290.8$ g/mol:

$$m = C \cdot V \cdot M$$

$$m = 0.5 \cdot 0.01 \cdot 290.8 = 1.454 \text{ g}$$

Ma'lum konsentratsiyalar va qalinliklar uchun qisqacha ma'lumotlar 1- jadvalda keltirilgan

1-jadval

Konsentrasiya	10 ml uchun massa	Qalinlik	Qo'llanish sohasi
0.1 M	0.29 g	10–20 nm	Interfeys / buffer

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2**

0.5 M	1.454 g	20–50 nm	Yuqori sifatli KTQ
1.0 M	2.91 g	30–80 nm	Standart KTQ

Amaliyotda katta miqdorda ishlatiladigan holda 100 ml da tayyorlanadi

Olingan natijalar va ularning tahlili

3. Tayyorlash jarayoni 10 ml 0.5 M eritma uchun:

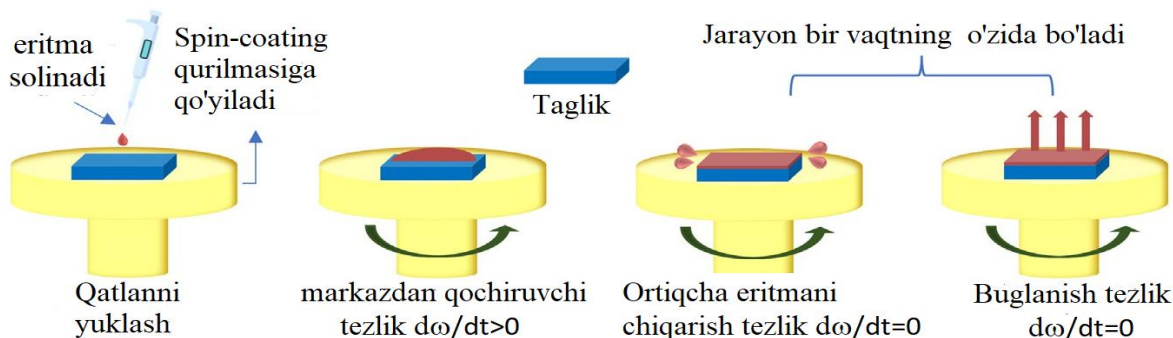
- 3.1. Analitik tarozida 1.454 g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ni tortib olinadi va toza stakan yoki kolbaga solinadi
- 3.2. Taxminan 60–70 ml distillangan suv qo'shiladi
- 3.3. Magnit aralashtirgichda 30–40 min 60°C da to'liq eriguncha aralashtiriladi
- 3.4. Eritma tiniq bo'lgach, hajmini 10 ml gacha distillangan suv bilan to'ldiriladi
- 3.5. Yana 2–3 daqiqa aralashtiriladi
- 3.6. 12–24 saot xona haroratida saqlanadi
- 3.7. Xona haroratida, qorong'i idishda uzoq muddat saqlash uchun idish mahkam yopilgan holda bo'lishi kerak.
- 3.8. $0.45 \mu\text{m}$ filtdan o'tkazish zarur.



1-rasm. Spin-coating usulida NiOx qatlamini olish ishlatiladigan eritmaning sovutish va filtrlash jarayonidan keyingi holati.

4. Spin-coating usuli yordamida bir necha qalinlikdagi yupqa qatlamlarni olish texnologiyasi.

2-rasmda Spin-coating usuli yordamida bir necha qalinlikdagi yupqa qatlamlarni olish texnologiyasi tasvirlangan. Spin-coating usulida taglikga dastlab eritma yuboriladi. Aylantirish paytida markazdan qochiruvchi kuchlar eritmani taglikning chetlarigacha suradi, ortiqcha eritmani chiqarib yuboradi va natijada yupqa, bir xil qatlam hosil bo'ladi. Bu jarayon to'rtta alohida bosqichlardan iborat: (1) eritmani tomizish, (2) kichkina tezlikda aylantirish, (3) kata tezlikda aylanish va (4) bug'lantirish.



2-rasm. (1) tomizish, (2) aylantirish, (3) aylantirish va (4) bug'lantirish [10].

1-bosqichda taglik 500 rpm tezlikda 5 soniyada (s) eritmani bir tekis yoyadi. 2-bosqichda 3000 rpm tezlikda 30 soniyada (s) yupqa qatlam hosil qililadi. Eritmani tomizish hajmi $\sim 80\text{--}100 \mu\text{L}$. 2-jadvalda aylanish tezligining NiO yupqa qatlam qalinligiga ta'siri bo'yicha ma'lumotlari berilgan.

2-jadval.

Spin-coating aylanish tezligining NiO yupqa qatlam qalinligiga ta'siri

Spin tezligi (rpm)	Spin vaqti (s)	Qoplash soni	Qalinlik (nm)
2000	30	2	$\sim 85\text{--}90$
3000	30	2	$\sim 60\text{--}65$
4000	30	2	$\sim 40\text{--}45$
3000	30	3	$\sim 85\text{--}95$

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Spin-coating jarayonida o'stirilgan NiO qatlam qalinligining aylanish tezligiga bog'liq ekani kuzatildi. Aylanish tezligi oshishi bilan markazdan qochma kuchning ortishi natijasida eritmaning taglik yuzasida tarqalishi kuchayadi va natijada yupqaroq qatlam hosil bo'ladi. 3000 rpm tezlikda yotqizilgan NiO qatlamlari bir xilligi va sirt silliqligi nuqtai nazaridan optimal natijani ko'rsatdi. Qoplash sonining oshirilishi qatlam qalinligini deyarli chiziqli ravishda oshishi aniqlandi, bu usul orqali NiO qatlam qalinligini nazorat qilish imkoniyati mavjudligi tasdiqlandi.

Xulosa. Organik/noorganik gibrid perovskit PVQ sohasidagi olimlarning so'nggi yillarda qilgan tadqiqotlari tahlil qilinib, NiO PerPVQ uchun istiqbolli noorganik KTQ ekanligi bo'yicha xulosaga kelindi. Tadqiqodda shisha tagliklarni tozalash, erituvchi distillangan suv bo'lgan NiO uchun 0.5M konsentratsiyani xisoblanib, eritmani Spin-coating jarayoni uchun mos ravishda tayorlanib va spin-coating qurilmasi yordamida bir necha nanometrlargacha qalinlikdagi yupqa qatlamlarni optimal olish texnologiyasi keltirildi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. You-Wei Wu, Chih-Yu Chang, Fu-Bing Chiu and Sheng-Hsiung Yang. Efficient and stable perovskite solar cells using manganese-doped nickel oxide as the hole transport layer† Check for updates.// *RSC Adv.*, 2022, 12. 22984–22995.
2. Parimon N., Mamat M. H., Zoofakar A. S., Malek M. F., Shameem Banu I. B, Vasimalai N., and Rusop M. Deposition of NiO Thin Films by Sol-Gel Spin Coating. Effect of Annealing Temperature on Structural.// *Optical and Electrical properties journal of electrical and electronic systems research*, 2020. Vol. 16 June.
3. Jamal M. S., Shahahmadi S.A., Chelvanathan P., Alharbi H.F., Karim M.R., Ahmad Dar M., Luqman M., Alharthi N.H., Al-Harthi Y.S., Aminuzzaman M., Asim N., Sopian K., Tiong S.K., Amin N., and Akhtaruzzaman M. "Effects of growth temperature on the photovoltaic properties of RF sputtered undoped NiO thin films.// *Results in Physics.*, 2019.vol. 14, Art. №102360
4. Yang P., Li L., Yu S., Zheng H., and Peng W., "The annealing temperature and films thickness effect on the surface morphology, preferential orientation and dielectric property of NiO films.// *Applied Surface Science*, 2019.vol. 493, pp. 396–403.
5. Chtouki T., Soumahoro L., Kulyk B., Bougharraf H., Kabouchi B., Erguig H., and Sahraoui B., "Comparison of structural, morphological, linear and nonlinear optical properties of NiO thin films elaborated by Spin Coating and Spray Pyrolysis.// *Optik*, 2017.vol. 128, pp. 8–113.
6. Sahu D.R., Wu T.J., Wang S.C., and Huang J.L., "Electrochromic behavior of NiO film prepared by e-beam evaporation.// *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 2017. vol. 2, pp. 225–232.
7. Singh S.D., Das A., Ajimsha R.S., Singh M.N., Upadhyay A., Kamparath R., Mukherjee C, Misra P, Rai S.K., Sinha A.K., and Ganguli T, "Studies on structural and optical properties of pulsed laser deposited NiO thin films under varying deposition parameters.// *Materials Science in Semiconductor Processing*, 2017. vol. 66, pp. 186-190,
8. Diha A, Benramache S., and Benhaoua B., "Transparent nanostructured Co doped NiO thin films deposited by sol-gel technique.// *Optik*, 2018. vol. 172, pp. 832–839.
9. Sta I., Jlassi M., Hajji M., and Ezzaouia H., "Structural, optical and electrical properties of undoped and Li-doped NiO thin films prepared by sol-gel spin coating method.// *Thin Solid Films*, 2014. vol. 555, pp. 131–137.
10. Adiba Adiba, Franco Mayanglambam, Tufail Ahmad. Protocol for fabricating optically transparent, pinhole-free NiO thin film for memory devices using the spin-coating technique.// *Star protocol* 2025, Volume 6, Issue 2, 20 June 103732.

Mualliflar:

Kabulov R.R.-fizika-matematika fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim. E-mail: krr1982@bk.ru

Xajiyev M.U. fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), katta ilmiy xodim. E-mail: hajiev_mardonbek@mail.ru

Istamov D.B. fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), katta ilmiy xodim. , E-mail: istamov@uzsci.net

Gaymnazarov K.G. fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), E-mail: kgaymnazarov@mail.ru

Xajiyeva S.M. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti II –bosqich talabasi. E-mail: sevinchxajiyeva3006@gmail.com

Xojabayev B.K. O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi S.A. Azimov nomidagi Fizika-texnika institutida stajer tadqiqotchi. E-mail: bolatkh1993@icloud.com

UDK 517.171

PURSUIT–EVASION GAME ON A GRAPH WITH EDGES OF VARYING LENGTHS

QIRRALAR UZUNLIKLARI TURLI BO'LGAN GRAFDA QUVISH-QOCHISH O'YINI

ИГРА ПРЕСЛЕДОВАНИЯ–УКЛОНЕНИЯ НА ГРАФЕ С РЁБРАМИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ

Mamatov Jurabek Saydullayevich

Guliston davlat universiteti, 120100, Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, IV mavze

E-mail: jurabek25@mail.ru

Abstract. This article considers the pursuit–evasion problem on a finite connected graph with edges of varying lengths. It is also proved that for the edges of a graph embedded in the space R^3 , under condition $a < l_i < 2a$, the game ends in favor of the evader $\rho_1 = \rho_2 = \delta$, while under condition $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \delta$ — in favor of the pursuers.

Keywords: incident, pursuit problem, symmetric motion, tree, finite graph, connected graph, cycle, isolated edge.

Annotatsiya. Mazkur maqolada qirralari uzunliklari turli bo'lgan chekli, bog'lamli grafda quvish-qochish masalasi o'rganilgan. R^3 fazoda to'g'rilanuvchi qirralardan tashkil topgan graf qirralari uchun $a < l_i < 2a$ ($i=1,8$) shart bajarilsa $\rho_1 = \rho_2 = \sigma = 1$ bo'lganda o'yin qochuvchi foydasiga, $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \sigma = 1$ bo'lgan holda o'yin quvuvchilar foydasiga hal bo'lishi isbotlangan.

Kalit so'zlar: quvish masalasi, simmetrik harakat, daraxt, chekli graf, bog'lamli graf, yakkalangan qirra, sikl, insident.

Аннотация. В данной статье рассматривается задача преследования–уклонения на конечном связном графе с рёбрами различной длины. Доказано, что для рёбер графа, изображённого в пространстве R^3 , при выполнении условия $a < l_i < 2a$, если $\rho_1 = \rho_2 = \delta$ то игра завершается в пользу убегающего, если $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \delta$ — в пользу преследователей.

Ключевые слова: инцидент, задача о преследовании, симметричное движение, дерево, конечный граф, связный граф, цикл, изолированное ребро.

Kirish. Graflarda dinamik o'yinlarning bir nechta turlari mavjud bo'lib, ulardan dastlabkisi va chuqur o'rganilgani abstrakt graflardagi o'yinlar sinfidir. Bunday o'yin bilan bir qator taniqli matematiklar R. J. Novakovskiy, A. Quilliot, M. Aigner, M. Fromme, T. Andrea, A. Bonato va boshqa matematiklar ilmiy izlanishlar olib borib, salmoqli natijalar olishgan [2-3], [7]. Geometrik graflardagi dinamik o'yinlarning nisbatan torroq, lekin qiziqarli sinfi – bu grafning qirralari bo'ylab harakatlanuvchi nuqtalarning quvish-qochish o'yinidir. Barcha qirralari uzunliklari teng deb olingan Γ graf ustida quvish-qochish o'yinlari A. A. Azamov, A. Sh. Kuchkarov, G'. Ibragimov, T. Ibaydullayev va A. G'. Xolboyevlarning ishlarida o'rganilgan va diqqatga molik natijalar olingan [1], [5], [8-10].

Lekin grafning qirralari uzunliklari bir xil bo'lmasin deb qaralsa olingan natijalar farqli bo'ladi va masala murakkablashadi. Tomonlari uzunliklari turli bo'lgan holda, R^3 fazodagi tetraedning qirralaridagi quvish-qochish o'yinini Azamov A. va Ibaydullayev T. lar o'rganishgan.

Maqola R^3 fazoda tasvirlangan uzunliklari turli qirralaridan iborat grafda maksimal tezliklari teng bo'lgan nuqtalar harakatini boshqaradigan quvuvchi va qochuvchi ishtirokidagi quvish-qochish masalasiga bag'ishlangan. O'yinda biror chekli vaqtda biror quvuvchi nuqta qochuvchi bilan grafning biror qirrasida bo'lsa qochuvchi quvuvchiga tutiladi. Qochuvchi cheksiz vaqt davomida hech qaysi quvuvchi nuqta bilan grafning hech bir qirrasida bo'lmasa o'yin qochuvchi foydasiga hal bo'ladi. O'yinda qochuvchini tutadigan quvuvchilarning eng kam sonini topish asosiy masaladir. R^3 fazoda berilgan graf uchun qochuvchini tutadigan quvuvchilarning eng kam soni $N(\Gamma)$ natural son topilgan.

Tadqiqot ob'yekti va qo'llanilgan metodlar

R^3 fazoda tasvirlash mumkin bo'lgan, qirralari uzunliklari turli bo'lgan, chekli, bog'lamli kamida bitta siklga ega bo'lgan graflar hamda ularda quvish-qochish masalasini qurish uchun isbotlangan teoremlar mazkur ishning ob'yektini tashkil etadi.

Ushbu maqolada berilgan graf uchun tezliklari bir xil bo'lganda quvuvchi va qochuvchilar soni qanday bo'lganda o'yinni yakunlash kimni foydasiga hal bo'lishi masalasi o'rganiladi.

Graf qirralari bo'ylab harakatlanadigan $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ quvuvchi va Q qochuvchi ishtirokidagi quvish-qochish o'yinida o'yinchilarning maqsadi yutish. Quvuvchining maqsadi, biror chekli vaqtda biror quvuvchi va qochuvchi nuqtalar grafning biror qirrasida (quvuvchi va qochuvchi nuqtalar qirraning uchlari bo'lsa ham bir qirrada deb olinadi) bo'lish-quvuvchi qochuvchini tutadi, qochuvchining maqsadi esa, ixtiyoriy vaqtda ixtiyoriy quvuvchi va qochuvchi nuqtalar grafning hech qaysi qirrasida bo'lmaslik-qochuvchi quvuvchilarga tutilmaydi.

Bunday o'yinlarda o'yinchilar bir-biriga nisbatan simmetrik harakat qilish metodidan foydalanadi. Simmetrik harakat- $x_1, x_2, \dots, x_n, n \geq 2$ nuqtalar harakati bilan boshqariluvchi quvuvchi nuqta hamda y nuqta harakati bilan boshqariluvchi qochuvchi nuqtalar uchun biror $t \in [0, T]$ vaqt mobaynida

$x_k(t) = y(t), (k = \overline{1, n})$ traektoriya hosil bo'ladi. Ravshanki, bu traektoriya Γ ga tegishli bo'ladi hamda o'yin

shartiga ko'ra $\frac{dx_k(t)}{dt} = \rho_k, \frac{dy(t)}{dt} = \sigma$ tenglikka ega bo'lamiz.

Olingan natijalar va ularning tahlili

Agar Γ chekli daraxt bo'lsa, u holda quvish-qochish o'yinida (grafning barcha qirralari uzunliklari bir xil) bitta quvuvchi qochuvchini tutadi. O'yinda quvuvchining maksimal tezligi $\rho > 0$ bo'lishi yetarli.

Endi Γ chekli daraxtning barcha qirralari uzunliklari bir xil bo'lmasin deb olib quvish-qochish o'yinini qaraylik.

Masala. Agar Γ chekli daraxtda $\rho > 0, \sigma = 1$ bo'lsa, u holda quvuvchi qochuvchini tutadi, yani $N(\Gamma) = 1$ bo'ladi.

Bu quvish masalasi bo'lib, o'yin ixtiyoriy holatdan boshlanganida ham, quvuvchining shunday strategiyasi mavjudki, qochuvchi har qanday strategiya qo'llasa ham, chekli vaqtdan keyin qochuvchi quvuvchiga tutiladi. Quvuvchi harakatini darajasi 1 ga teng bo'lgan biror uchdan boshlab unga qo'shni bo'lgan darajasi 1 dan katta uchga keladi. Agar qochuvchi shu uchdan chiquvchi yakkaqon qirralardan birida bo'lsa o'yin tugaydi. Quvuvchi o'yinni daraxtning qirralari bo'ylab shunday davom ettiradiki, qochuvchi o'yin oxirida albatta quvuvchi o'tmagan yakkaqon qirralardan biriga o'tishga majbur bo'ladi.

Γ – qirralari uzunliklari turlicha, kamida bitta siklga ega bog'lamli, chekli graf bo'lsin.

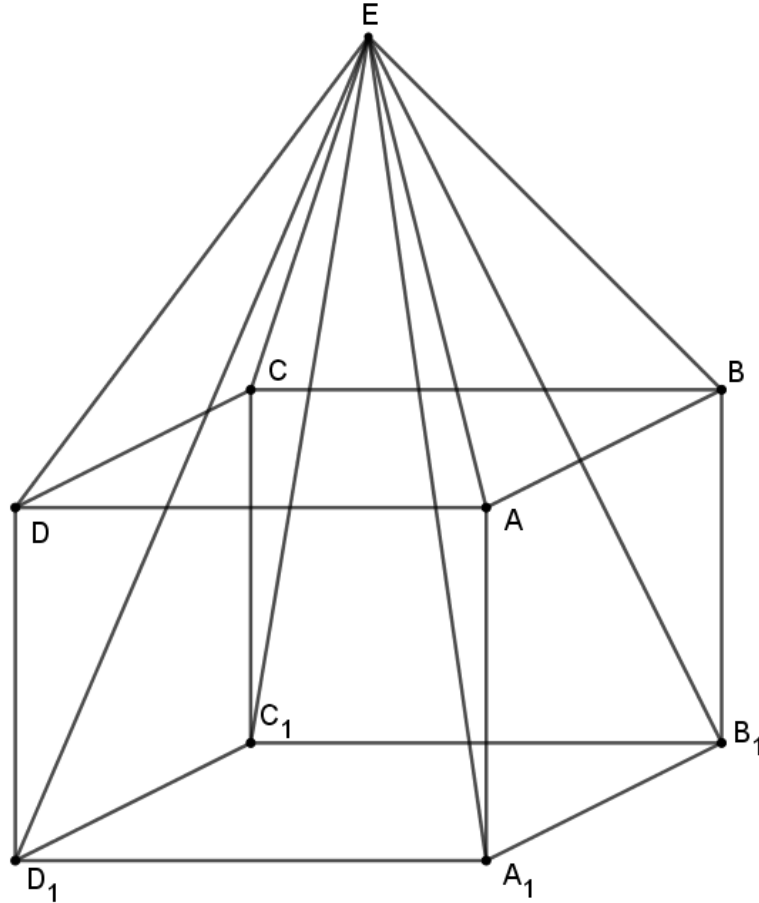
Masala. Agar $\rho = \sigma = 1$ bo'lsa, u holda Γ da qochuvchi quvuvchini tuta olmaydi, yani $N(\Gamma) > 1$ bo'ladi.

O'yin ixtiyoriy vaziyatdan boshlangan bo'lsin. Chekli $t_1 \in [0, T]$ vaqtdan so'ng qochuvchi nuqta Γ grafning S siklga tegishli biror e_i qirrasida bo'ladi. Quvuvchi qanday harakat qilmasin qochuvchi S siklning yangi qirralari bo'ylab harakatini davom ettiradi. Graf bog'lamli bo'lganligi sababli bunday traektoriya har doim mavjud bo'ladi.

Γ – graf asosi kubdan iborat bog'lamli, chekli graf bo'lsin. Umumiylikka zarar keltirmasdan graf qirralarini to'g'rilanuvchi sinq chiziqlardan tashkil topgan, grafning o'zini esa R^3 da tasvirlash mumkin deb faraz qilamiz. A, B, C, D va A_1, B_1, C_1, D_1 nuqtalar tomoni uzunligi a ga teng asosning qarama-qarshi yoqlari uchlari bo'lsin. E nuqta bilan asosning uchlari tutashtiruvchi qirralar uchun $a < l_i < 2a (i = 1, 8)$ tengsizlik o'rinli bo'lsin.

Teorema. Agar $\rho_1 = \rho_2 = \sigma = 1$ bo'lsa, u holda Γ grafda quvuvchilar qochuvchini tuta olmaydi
 yani $N(\Gamma) > 2$ bo'ladi.

Isboti. Agar qochuvchi nuqta Γ grafning ixtiyoriy bitta qirrasida quvuvchi nuqtalar orasida qolib



ketsa tutiladi, aksincha holatda tutilmaydi. O'yin ixtiyoriy vaziyatdan boshlangan bo'lsin. Chekli $t = t_1$ vaqtda qochuvchi Q nuqta E uchda tursin. Bu vaqtda P_1 va P_2 nuqtalar grafning E uchdan boshqa ixtiyoriy nuqtasida bo'lsin. Quvuvchilarning har biri kubdagi o'ziga insident bo'lgan uchdan qirrani nazoratga oladi. Agar quvuvchi nuqtalar E nuqta tomon harakatlansa, qochuvchi nuqta quvuvchi nuqtalar dastlab turgan uchga insident bo'lmagan uchlarga $\frac{l_i}{\sigma} = t^*$ vaqtda yetib boradi. Quvuvchi nuqtalar bu uchga yetib kelishi uchun

$t^{**} \geq \frac{2a}{\rho}$ vaqt sarflaydi. Oson ko'rish mumkimki, $t^* < t^{**}$ bajariladi.

Faraz qilaylik $EA_1 = \max_i l_i$, $AE = \min_i l_i$ bo'lsin. O'yin boshida P_1 quvuvchi A uchda P_2 quvuvchi C_1 uchda joylashgan bo'lsin. P_1 nuqta AE qirra bo'ylab harakat qilsa, Q nuqta EB , EA_1 , ED qirralarning biri bo'ylab P_1 ga simmetrik harakat qiladi. Masalan, EA_1 qirra bo'ylab. O'yinchilarning tezliklari bir xil bo'lganligi uchun $t = t_1$ vaqt momentida $|AA'| = |EE'|$ bajariladi. U holda P_2 nuqta B, A_1, D uchlarga borishi

uchun $t^* = \frac{2a}{\rho_1}$ vaqt sarflaydi. Q nuqta esa bu uchlarga borish uchun $t^* = \frac{EA_1}{\sigma}$ vaqt sarflaydi. Bundan esa

$t^* < t^{**}$ sababli qochuvchi har doim quvuvchilardan oldin yangi qirraga o'tib ketadi.

P_1 va P_2 nuqtalar kubning qaysi uchida turmasin, albatta bu nuqtalardan $2a$ masofada E uchga qo'shni uch mavjud. Q qochuvchi uchun shunday $t \in [0, T]$ vaqt momenti mavjudki, har doim tengsizlik bajariladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda qirralari uzunliklari turlicha bo'lgan chekli va bog'lamli graflarda quvish-qochish o'yini masalasi o'rganildi. Tadqiqot jarayonida graflarda harakatlanuvchi quvuvchi va qochuvchi nuqtalarning strategiyalari tahlil qilinib, ularning maksimal tezliklari teng bo'lgan holatda o'yinning yakuniy natijasiga ta'sir etuvchi omillar aniqlab berildi. Xususan, qirralari uzunliklari teng bo'lgan graflarga nisbatan qirralar uzunliklari turlicha bo'lgan graflarda quvish masalasi ancha murakkablashishi ko'rsatildi.

References:

1. Azamov A. A., Kuchkarov A. Sh., Holboyev A. G. The pursuit-evasion game on the 1-skeleton graph of regular polyhedron. //Automation and Remote Control, 2017.(78) 4.-P. 754-761.
2. Bollodas B., Kun G., Leader I. Cops and robbers in a random graph. Preprint, 2011.-158 p.
3. Bonato A., Nowakowski R. J. The game of cops and robbers on graphs, Student Mathematical Library. // American Mathematical Society, Providence, Vol. 61.RI, 2011. -P. 661-669.
4. Coxeter H. S. M. Introduction to Geometry. New York: John Wiley and Sons, Inc. 1961.- 486 p.
5. Ibragimov G., Holboyev A., Ibaydullaev T., Pansera B. A. Pursuit differential game on the 1-skeleton graph of the icosahedron, Mathematics 2022, 10, 1435. <https://doi.org/10.3390/math10091435>.
6. Azamov A. A., Kuchkarov A. Sh., Holboyev A. G. The pursuit-evasion game on the 1-skeleton graph of regular polyhedron. //Automation and Remote Control, 2019. (80) 1.- P. 164-170.
7. Nowakowski R. J. Unsolved problems in combinatorial games. //Games of no chance. 2019. (5) 1.- P.125-168
8. Азамов А. А., Ибайдуллаев Т. Т. Дифференциальная игра сближения-уклонения с медленными преследователями на графе ребер симплекса. I. //Математическая Теория Игр и её Приложения, 2020. (12) 4.- С. 7-23.
9. Азамов А. А., Кучкаров, А. Ш., Холбоев А. Г. Игра преследования-убегания на реберном остоле правильных многогранников III. //Математическая Теория Игр и её Приложения, 2019. (12) 4. - С. 5-23.
10. Азамов А. А., Кучкаров, А. Ш., Холбоев А. Г. Игра преследования-убегания на реберном остоле правильных многогранников при наличии "медленных", преследователей. //Uzbek mathematical Journal, 2017. 1. - С. 140-145.

Muallif:

Mamatov J.S. – Matematika kafedrası katta o'qituvchisi, e-mail: jurabek25@mail.ru

UDK 519.633.6

MIXED PROBLEM FOR A QUASILINEAR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION WITH A DELAYED ARGUMENT OF NEUTRAL TYPE.

KECHIKUVCHI ARGUMENTLI NEYTRAL TURDAGI XUSUSIY HOSILALI KVAZICHIZIQLI
TENGLAMA UCHUN ARALASH MASALA

СМЕШАННАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ КВАЗИЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ С
ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА

Kalandarov Abdukayum, Anorbayev Madamin Mahmud o'g'li, Berdiqulova Vazira Hasan qizi
Guliston davlat universiteti, 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, 4-mavze.

E-mail: kalandarov.abdukayum@guldu.uz

Annotation. This article is devoted to finding numerical solutions of the mixed problem for a quasilinear partial differential equation with a delayed argument of neutral type at the nodes of a discretized

domain. The existence and uniqueness of the solution to this mixed problem were established by the author in [2], however, obtaining the solution in analytical form is a difficult task. To compute numerical solutions, the domain under consideration was discretized, using the finite difference method, with the application of both explicit and implicit schemes, the solutions were obtained by the differential sweep method.

Keywords: delay (or delayed) argument, neutral type, quasilinear equation, mixed problem, numerical method, finite difference method, explicit and implicit schemes, sweep method (Thomas algorithm).

Annotatsiya. Ushbu maqola kechikuvchi argumentli neytral turdagi xususiy hosilali kvazichiziqli tenglama uchun aralash masalani sonli echimlarini to'rlangan sohani tugunlarida topishga bag'ishlangan. Bu aralash masala yechimlarini mavjudligi va yagonaligi [2] da avtor tomonidan ko'rsatilgan, lekin uni analitik korinishda olish murakkab masala. Sonli echimlarni topish uchun soha to'rlangan va chekli ayirmali metod yordamida oshkor va oshkormas sxemalarni qo'llab, differentsial haydash usulida echimlar olingan.

Kalit so'lar: kecnikuvch argument, neytral tur, kvazichiziqli tenglama, aralash masala, sonli usullar, ayirmali metodlar, oshkor va oshkormas sxemalar, differentsial haydash usuli.

Аннотация. Данная статья посвящена нахождению численных решений смешанной задачи для квазилинейного уравнения в частных производных с запаздывающим аргументом нейтрального типа в узлах сеточной области. Существование и единственность решения этой смешанной задачи были установлены автором в работе [2], однако получение решения в аналитическом виде представляет собой сложную задачу. Для нахождения численных решений в рассматриваемой области была дискретизирована, и с использованием метода конечных разностей, применяя явные и неявные схемы, решения были получены методом дифференциальной прогонки.

Ключевые слова: запаздывающий аргумент, нейтральный тип, квазилинейное уравнение, смешанная задача, численный метод, метод конечные разности, явные и неявные схемы, метод прогонки.

Tadqiqotning maqsadi: kechikuvchi argumentli neytral turdagi xususiy hosilali kvazichiziqli tenglama uchun aralash masalani sonli echimlarini to'rlangan sohada topish.

Tadqiqot ob'ekti: kechikuvchi argumentli neytral turdagi xususiy hosilali kvazichiziqli tenglama uchun qo'yilgan aralash masalani sonli echimlarini to'rlangan sohada topishga chekli ayirmali metodlardan foydalanib, oshkor va oshkormas sxemalarni birgalikda qo'llab, haydash usulida echimlarni olish.

Maqolada kechikuvchi argumentli giperbolik turdagi kvazichiziqli quyidagi tenglamaning $Q = \{ \tau \leq t \leq T, 0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2, 0 \leq z \leq l_3 \}$ sohada

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + b^2 \left(\frac{\partial^2 u(t-\tau, x, y, z)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(t-\tau, x, y, z)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u(t-\tau, x, y, z)}{\partial z^2} \right) - c^2 \left(\frac{\partial^2 u(t-\tau, x, y, z)}{\partial t^2} \right) + f(t, x, y, z, u(t, x, y, z), u(t-\tau, x, y, z)) \quad (1)$$

$(t, x, y, z) \in E = \{ 0 \leq t \leq \tau, 0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2, 0 \leq z \leq l_3 \}$ bo'lganda boshlang'ich

$$\begin{cases} u(t, x, y, z) = \varphi(t, x, y, z) \\ u_t(t, x, y, z) = \varphi'_t(t, x, y, z) \end{cases} \quad (2)$$

berilgan boshlang'ich shartlarni va $\tau \leq t \leq T$ bo'lganda

$$\begin{cases} u(t, 0, y, z) = 0 \\ u(t, l_1, y, z) = 0 \end{cases}, 0 \leq y \leq l_2, 0 \leq z \leq l_3, \quad \begin{cases} u(t, x, 0, z) = 0 \\ u(t, x, l_2, z) = 0 \end{cases}, 0 \leq x \leq l_1, 0 \leq z \leq l_3, \\ \begin{cases} u(t, x, y, 0) = 0 \\ u(t, x, y, l_3) = 0 \end{cases}, 0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2 \quad (3)$$

bir jinsli chegaraviy shartlarni qanoatlantiruvchi yechimini chekli-ayirmali usulda topish masalasi o'rganilgan. Bu masalani klassik, deyarli va umumlashgan yechimlarini mavjudligi va yagonaligi masalasi [2] da muallif tomonidan tatqiq etilgan. Q sohani to'rlaymiz: $t_n = n\tau, x_i = ih_1, y_j = jh_2, z_k = kh_3$ deb,

to'rlangan funksiya uchun $u(t_n, x_i, y_j, z_k) = u_{ijk}^n$ belgilashlarni

kiritamiz, $n = 1, 2, \dots, N$, $i = 1, 2, \dots, M$, $j = 1, 2, \dots, P$, $k = 1, 2, \dots, R$, $N\tau = T$, $Mh_1 = l_1$, $Ph_2 = l_2$, $Rh_3 = l_3$, (2) boshlang'ich shartlardan $(t, x, y, z) \in E$ bo'lganda ($m = 0$ va $m = 1$ da)

$$u_{ijk}^0 = \varphi(0, x_i, y_j, z_k), \quad \frac{u_{ijk}^1 - u_{ijk}^0}{\tau} \approx \varphi'_t(\tau, x_i, y_j, z_k) \quad (4)$$

$$u_{ij}^1 \approx u_{ijk}^0 + \tau \varphi'_t(\tau, ih_1, jh_2, kh_3) = \varphi(0, ih_1, jh_2, kh_3) + \tau \varphi'_t(\tau, ih_1, jh_2, kh_3) \quad (5)$$

(3) chegaraviy shartlardan

$$u_{0jk}^n = 0, u_{Mjk}^n = 0, u_{i0k}^n = 0, u_{iPk}^n = 0, u_{ij0}^n = 0, u_{ijR}^n = 0 \quad (6)$$

qiymatlarga ega bo'lamiz. Q sohaning yon tomonlari va asosida $u(t, x, y, z)$ ning qiymatlari berilgan. Yuqoridagilardan foydalanib Q sohaning ichki tugun nuqtalarida $u(t, x, y, z)$ ning sonli qiymatlarini topiladi.

Umumiylikka halal bermasdan quyidagi oshkormas sxemalardan foydalanishimiz mumkin:

$$\frac{u_{ijk}^{n+1} - 2u_{ijk}^n + u_{ijk}^{n-1}}{\tau^2} = a^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{i-1,jk}^{n+1}}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{ij-1,k}^{n+1}}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{ij,k-1}^{n+1}}{h_3^2} \right) +$$

$$b^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^n - 2u_{ijk}^n + u_{i-1,jk}^n}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^n - 2u_{ijk}^n + u_{ij-1,k}^n}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^n - 2u_{ijk}^n + u_{ij,k-1}^n}{h_3^2} \right) -$$

$$c^2 \left(\frac{u_{ijk}^{n-1} - 2u_{ijk}^n + u_{ijk}^{n-2}}{\tau^2} \right) + f_{ijk}^n \quad (7)$$

yoki

$$\frac{u_{ijk}^{n+1} - 2u_{ijk}^n + u_{ijk}^{n-1}}{\tau^2} = a^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^n - 2u_{ijk}^n + u_{i-1,jk}^n}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^n - 2u_{ijk}^n + u_{ij-1,k}^n}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^n - 2u_{ijk}^n + u_{ij,k-1}^n}{h_3^2} \right) +$$

$$b^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{i-1,jk}^{n+1}}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{ij-1,k}^{n+1}}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{ij,k-1}^{n+1}}{h_3^2} \right) -$$

$$c^2 \left(\frac{u_{ijk}^{n-1} - 2u_{ijk}^n + u_{ijk}^{n-2}}{\tau^2} \right) + f_{ijk}^n \quad (7_1)$$

yoxud

$$\frac{u_{ijk}^{n+1} - 2u_{ijk}^n + u_{ijk}^{n-1}}{\tau^2} = a^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{i-1,jk}^{n+1}}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{ij-1,k}^{n+1}}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^{n+1} - 2u_{ijk}^{n+1} + u_{ij,k-1}^{n+1}}{h_3^2} \right) +$$

$$b^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^n - 2u_{ijk}^n + u_{i-1,jk}^n}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^n - 2u_{ijk}^n + u_{ij-1,k}^n}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^n - 2u_{ijk}^n + u_{ij,k-1}^n}{h_3^2} \right) -$$

$$c^2 \left(\frac{u_{ijk}^{n-1} - 2u_{ijk}^n + u_{ijk}^{n-2}}{\tau^2} \right) + f_{ijk}^n \quad (7_2)$$

kelib chiqadi. Bu yerda $f_{ij}^k = f(k\tau, i\Delta, jh, u(k\tau, i\Delta, jh), u((k-1)\tau, i\Delta, jh))$

$2\tau \leq t \leq 3\tau$ bo'lganda, yuqoridagi oshkormas sxemaga haydash usulini qo'llaymiz. $\tau \leq t \leq 2\tau$ bo'lganda, $0 \leq t - \tau \leq \tau$ bo'ladi, bu holda $u_{tt}(t - \tau, x, y) = \varphi''_{tt}(t - \tau, x, y)$ qiymatdan foydalanib, $u(t, x, y)$ taqribiy yuqoridagi oshkormas sxemaga haydash usulini qo'llaymiz.

(7) sxemada $n = 1$ bo'lganda

$$u_{ijk}^2 - 2u_{ijk}^1 + u_{ijk}^0 = \frac{a^2\tau^2}{h_1^2} (u_{i+1,jk}^2 - 2u_{ijk}^2 + u_{i-1,jk}^2) +$$

$$+ \frac{a^2\tau^2}{h_2^2} (u_{ij+1,k}^2 - 2u_{ijk}^2 + u_{ij-1,k}^2) + \frac{a^2\tau^2}{h_3^2} (u_{ij,k+1}^2 - 2u_{ijk}^2 + u_{ij,k-1}^2) +$$

$$+ b^2 \left(\frac{u_{i+1,jk}^1 - 2u_{ijk}^1 + u_{i-1,jk}^1}{h_1^2} + \frac{u_{ij+1,k}^1 - 2u_{ijk}^1 + u_{ij-1,k}^1}{h_2^2} + \frac{u_{ij,k+1}^1 - 2u_{ijk}^1 + u_{ij,k-1}^1}{h_3^2} \right) -$$

$$c^2 \varphi''_{ijk} + f_{ijk}^1 \quad (8)$$

U holda, ayirmali tenglamaning ko'rinishini quyidagicha bo'ladi:

$$a_{ijk}^1 u_{i-1,jk}^2 + b_{ijk}^1 u_{ij,k-1}^2 + c_{ijk}^1 u_{ij,k-1}^2 = F_{ijk}^1 \quad (9)$$

Bu yerda, a_{ijk}^1 , b_{ijk}^1 , c_{ijk}^1 , F_{ijk}^1 -koeffitsientlar va ozod hadi (8) ifodadan kelib chiqadigan o'zgarma sonlar bo'ladi. (9) dan $j = 1$ va $k = 1$ deb

$$a_{i11}^1 u_{i-1,11}^2 + b_{i11}^1 u_{i,11}^2 + c_{i11}^1 u_{i+1,11}^2 = F_{i,11}^1 \quad (10)$$

bu ayirmali tenglamani yechishga haydash usulini qo'llaymiz:

$$i=1 \text{ da, } a_{111}^1 u_{011}^2 + b_{111}^1 u_{111}^2 + c_{111}^1 u_{211}^2 = F_{111}^1 \quad (11_1)$$

bundan u_{111}^2 ni u_{211}^2 orqali chiziqli ifodalaymiz

$$u_{111}^2 = L_{111}^1 u_{211}^2 + K_{111}^1 \quad (12_1)$$

ifodaga ega bo'lamiz, bunda

$$L_{111}^1 = -\frac{c_{111}^1}{b_{111}^1}, \quad K_{111}^1 = \frac{F_{111}^1}{b_{111}^1} \quad (13_1)$$

$i=2$ da, (10) dan

$$a_{211}^1 u_{111}^2 + b_{211}^1 u_{211}^2 + c_{211}^1 u_{311}^2 = F_{211}^1 \quad (11_2)$$

(12₁) dan foydalansak

$$a_{211}^1 (L_{111}^1 u_{211}^2 + K_{111}^1) + b_{211}^1 u_{211}^2 + c_{211}^1 u_{311}^2 = F_{211}^1$$

Endi u_{211}^2 ni u_{311}^2 orqali chiziqli ifodalaymiz

$$u_{211}^2 = L_{211}^1 u_{311}^2 + K_{211}^1 \quad (12_2)$$

hosil bo'ladi, bunda,

$$L_{211}^1 = -\frac{c_{211}^1}{a_{211}^1 L_{111}^1 + b_{211}^1}, \quad K_{211}^1 = \frac{F_{211}^1 - a_{211}^1 K_{111}^1}{a_{211}^1 L_{111}^1 + b_{211}^1} \quad (13_2)$$

va h.k. $i=N-1$ bo'lganda

$$a_{N-1,11}^1 u_{N-2,11}^2 + b_{N-1,11}^1 u_{N-1,11}^2 + c_{N-1,11}^1 u_{N11}^2 = F_{N-1,11}^1 \quad (11_{N-1})$$

$$a_{N-1,11}^1 (L_{N-2,11}^1 u_{N-1,11}^2 + K_{N-2,11}^1) + b_{N-1,11}^1 u_{N-1,11}^2 + c_{N-1,11}^1 u_{N11}^2 = F_{N-1,11}^1$$

bundan

$$u_{N-1,11}^2 = L_{N-1,11}^1 u_{N11}^2 + K_{N-1,11}^1 \quad (12_{N-1})$$

$$L_{N-1,11}^1 = -\frac{c_{N-1,11}^1}{a_{N-1,11}^1 L_{N-2,11}^1 + b_{N-1,11}^1}, \quad K_{N-1,11}^1 = \frac{F_{N-1,11}^1 - a_{N-1,11}^1 K_{N-2,11}^1}{a_{N-1,11}^1 L_{N-2,11}^1 + b_{N-1,11}^1} \quad (13_{N-1})$$

Haydash koefitsientlari - L_{i11}^1, K_{i11}^1 to'g'ri usulda (13_i) formuladan o'sish tartibida topib boriladi. Shu zaylda davom etib, $i=N-1$ bo'lganda $u_{N-1,11}^2$ ni (12_{N-1}) ifodadan u_{N11}^2 qiymati ma'lum bo'lganligi uchun topiladi, u_{i11} qiymatlari teskari usulda topib boriladi. Shunday qilib $j = 1$ va $k = 1$ bo'lgandagi jarayon tugatiladi. So'ngra $2 = 1$ va $k = 1$ bo'lganda, yuqoridagi jarayon davom ettirilib u_{i21}^2 lar topiladi, va h.k. u_{ip1}^2 lar birinchi qatlamda topib boriladi.

$2\tau \leq t \leq 3\tau$ bo'lganda, yuqoridagi (7) oshkormas sxemaga haydash usulini qo'llaymiz. $n = 1$ bo'lganda barcha yuqoridagi jarayonlar takrorlanib ikkinchi qatlamda u_{ijk}^3 topiladi va h.k. u_{ijk}^n hisoblab chiqiladi.

Yuqoridagi (7₁) ayirmali sxemadan foydalanib u_{ij}^k larni hisoblab chiqish mumkin.

Хулоса: Matematik fizika tenglamalari uchun qo'yilgan masalalarda kechikma ishtirok etgan yoki ishtirok etmagan hollarda ham ma'lum bir shartlarda echimlarni sonli ko'rinishda olish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Isroilov M. Hisoblash metodlari. 2-qsim.- Toshkent: "O'zbekiston", 2008.-201-211 b.
2. Kalandarov A. Smeshannaya zadacha dlya giperbolicheskix uravneniy s zapazdivayushimsya argumentami. // Uchyoniye zapiski №2 AGU. –Baku, 1978. – 22-27 s.
3. Kalandarov A., Anorbayev M., Jangibayev I. A Mixing problem for a quasi linear equation with particular derivatives with some late argument.// American journal of Business Management, Economics and Banking, 2024. – P. 18-20

Mualliflar:

Kalandarov A.- matematika kafedrası katta o'qituvchisi, e-mail: kalandarov.abdukayum@guldu.uz,

Anorbayev M.- matematika kafedrası o'qituvchisi, e-mail: madaminanorbayev254@gmail.com

Berdikulova V.- talaba

Biologiya

UDK 581.6

ABOUT THE QUALITY AND GERMINATION OF SEEDS OF UZBEK MEDICINAL ASTRAGALUS

UZBEKISTON DORIVOR ASTRAGALLARINING URUG' SIFATI VA UNUVCHANLIGI TO'G'RISIDA

О КАЧЕСТВЕ И ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ЛЕКАРСТВЕННЫХ АСТРАГАЛОВ УЗБЕКИСТАНА

Karshibayev Hazratkul Kilichiyevich

Guliston Davlat universiteti. 120100. Guliston shaxri, IV mikrorayon

E-mail: karshibaev_53@mail.ru

Summary. *Astragalus* is one of the large genera of the legume family of Uzbekistan. The genus contains about 270 species. Many of them are good fodder and medicinal plants. They are widely used in folk medicine. The article provides data on the quality of seeds of annual and perennial astragaluses: mass of 1000 seeds, humidity, insect pest infestation and germination. All the studied species have high seed hardness. It ranges from 54.4 (*A. Schmalhauseni*) to 98.6% (*A. alopecias*). To increase the germination of seeds, pre-sowing treatment is performed using the impact method and boiled water. The germination rate of processed astragalus seeds reaches up to 74.2 - 89.7%.

Keywords: Uzbek, *Astragalus*, fodder and medicinal plants, seed quality, germination, pre-sowing seed treatment, the impact.

Аннотация. Астрагалы один из крупных родов семейства бобовых Узбекистана. Род содержит около 270 видов. Многие из них являются хорошими кормовыми и лекарственными растениями. Они широко используются в народной медицине. В статье приводятся данные о качества семян однолетних и многолетних астрагалов: масса 1000 семян, влажность, заражённость насекомыми-вредителями и всхожесть. У всех изученных видов отмечается высокая твердосемянность. Она равняется от 54,4 (*A. Schmalhauseni*) до 98,6 (*A. alopecias*). Для повышения всхожести семян предлагается предпосевная обработка методом импакции и кипяченной водой. Всхожесть обработанных семян астрагалов достигает до 74,2-89,7%.

Ключевые слова: Узбекистан, астрагал, кормовые и лекарственные растения, качество семян, всхожесть, предпосевная обработка семян, импакция.

Kirish. Butun dunyoda farmatsevtika sanoatida ishlab chiqarilayotgan dorivor vositalarning asosiy qismi o'simliklar substansiyalaridan olinganligi sababli, dorivorlik xususiyatiga ega bo'lgan istiqbolli o'simliklarni ilmiy jihatdan tadqiq etish, o'rganish va madaniylashtirish, dorivor o'simliklarning etishtirish texnologiyalarini yaratish, bioekologik xususiyatlarini aniqlash dolzarb vazifa hisoblanadi.

Istiqbolli dorivor o'simliklari sifatida tanilgan *Astragalus* turkumi vakillari O'zbekiston florasining *Fabaceae* oilasining qariyb 55% ini tashkil etadi [1]. Astragal turlari halq tabobatida keng qo'llanib kelinmoqda, ko'plab turlari farmokopeyaga kiritilgan. Hozirgi kungacha 93 tur astragallardan 236 xildagi tsikloartanlar qatoriga mansub glikozidlar ajratib olingan [2]. Ularning kimyoviy tuzilishi, farmakologik faolligini aniqlash borasida dunyoning o'nlab mamlakatlarida, jumladan O'zbekistonda ham ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda [3].

Astragallarning kimyoviy tarkibi va farmakologik xususiyatlarini aniqlash, mahalliy farmatsevtika sanoatida dorivor o'simliklar xom ashyolaridan olingan substansiyalar asosida dori vositalarini yaratish imkonini berib, aholini arzon, yuqori sifatli hamda tabiiy tayyor dori darmon vositalari bilan ta'minlash kabi ustivor yo'nalishlar doirasida quyilgan vazifalarni bajarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Astragalus turkum vakillarini dorivor xususiyati tug'risida ma'lumotlar qator tadqiqotchilar ishlarida qayd etilgan [4-8].

Ammo tabiatda dorivor astragal turlarining xom-ashyo zahiralari chegaralangan, ayrim turlari hatto yo'qolish arafasiga kelib qolgan. Shu sababli istiqbolli dorivor turlarni introduktsiya qilish, ularning o'sish va

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2**

rivojlanish qonuniyatlarini o'rganish, tur va tsenopopulyatsiyalar doirasida morfobiologik moslashish yo'llarini aniqlash, ularning madaniy plantatsiyalarini yaratish talab qilinadi [9]. Shu jihatdan istiqbolli dorivor o'simliklarni urug' sifatini o'rganish muhim ahamiyatga egadir.

Tadqiqot ob'ekti va metodlari

Tadqiqot ob'ektlari sifatida *Astragalus* turkumini quyidagi vakillari olindi: *A. campylotrichus*, *A. schmalhauseni*, *A. filicaulis*, *A. campylorrhynchus*, *A. psiloglottis*, *A. sieversianus*, *A. alopecias*, *A. eximius*, *A. globiceps* va *A. mucidus*. Mazkur turlarning urug'lari 2023-2025 yillari Jizzax viloyatining G'allaorol, Yangiobod, Forish va Zomin tumani xududlarida terildi. Urug' sifati halqaro talablarga ko'ra tekshirib ko'rildi [10].

Olingan natijalar va uning taxlili

Tekshirish natijalari shuni ko'rsatdiki, o'rganilgan astragal turlarini urug'lari katta - kichikligi, rangi, tashqi ko'rinishi bilan bir - biridan farq qiladi. Biz o'z tadqiqotlarimiz doirasida astragallarning urug' sifatini o'rgandik, chunki bu ko'rsatkichlar o'simlik turini ko'paytirishda va ishlab chiqarishga joriy etishda muhimdir [11].

Ma'lumki o'simlikning urug' sifati ko'rsatkichlariga urug'ning to'qligi, namligi, zararlanganligi va unuvchanligi kiradi [10].

- Tekshirilgan ob'ektlarimizni urug'ining katta - kichikligiga qarab, 3 guruhga bo'lish mumkin:
- 1) yirik urug'li astragallar: *A. sieversianus*, *A. globiceps*, *A. alopecias*, *A. eximius* - 1000 dona urug' massasi 10,5 - 16,7 g keladi.
 - nisbatan yirik urug'li astragallar: *A. mogoltavicus*, *A. turbinatus* va -
 - 2) o'rtacha urug'li astragallar: *A. Schmalhauseni* va *A. mucidus* - 1000 dona urug' massasi 5, 6 - 9,0 g keladi.
 - 3) mayda urug'li astragallar: *A. campylotrichus*, *A. filicaulis*, *A. psiloglottis* va *A. campylorrhynchus* - 1000 dona urug' massasi 0,8 - 2, 6 g.

Tadqiqotlar ko'rsatdiki, o'rganilgan turlarimizdan *A. sieversianus* turining 1000 dona urug' massasi eng yuqori bo'lib, o'rtacha 16,7 g ga teng bo'ldi. O'simlik urug'ining namligi esa 13,0 % ni tashkil etdi.

Bir yillik turlarda esa bu ko'rsatkich 0,8 g dan (*A. filicaulis*) to 5,6 g gachani (*A. schmalhauseni*) tashkil qildi (1-jadval).

1-jadval

***Astragalus* turkumi vakillari urug'larining sifat ko'rsatkichlari**

№	Turlar	1000 dona urug' massasi, g	Hashoratlar bilan zararlanganlik, %	Namligi %	Unuvchanlik		
					ungan	qattiq	chirigan
1	<i>A. campylotrichus</i>	2,6	8,3	9,1	35,9	61,0	3,1
2	<i>A. schmalhauseni</i>	5,6	15,1	8,9	43,1	54,5	2,4
3	<i>A. filicaulis</i>	0,8	8,9	9,8	35,7	60,7	3,6
4	<i>A. campylorrhynchus</i>	1,5	10,2	7,9	37,8	59,2	3,0
5	<i>A. psiloglottis</i>	1,0	11,3	11,7	35,3	61,1	3,6
6	<i>A. sieversianus</i>	16,7	23,7	13,0	3,0	95,1	1,9
7	<i>A. alopecias</i>	11,3	29,1	13,9	0,6	98,6	0,8
8	<i>A. eximius</i>	10,5	23,8	10,5	1,5	97,6	0,9
9	<i>A. globiceps</i>	12,1	24,2	12,1	1,6	97,2	1,2
10	<i>A. mucidus</i>	9,0	34,7	15,0	1,8	96,3	1,9

Urug'larning namlik darajasi 7,9-15,0 % oralig'ida bo'ldi.

Astragal urug'larining zararkunanda hashoratlar bilan zararlanishi eng yuqori ko'rsatkichi *A. mucidus* da 34,7 % gacha bo'lishi qayd etildi. Yirik urug'li vakillarda hasharatlar bilan zararlanish darajasi yuqoriroq ekanligini kuzatildi.

O'simlik turlari urug'larining hasharatlar bilan zararlanganligi tadqiqot davrida 8,3 % dan (*A. campylotrichus*) to 34,7 % gachani (*A. mucidus*) tashkil etgan bo'lsa, ushbu ko'rsatkichning kattaligi boshqa

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

yillarida turlicha bo'lishi aniqlandi. Jumladan, 2024 yili *A.eximius* da urug'lar zararlanganligi 39,6 %, *A.alopecias* turida 40,8 % atrofida bo'ldi.

Barcha burchoqdoshlar singari astragal urug'lari ham asosan urug'xo'r (*Bruchophagus mutabilis* Nik.), qalqondor qandalalar (*Cellobius abdominalis* Jak.) va *Chaloidoidea* qo'ng'izlari lichinkalari bilan zararlanishi qayd qilindi.

H.K. Qarshiboev va Z.S. Xasanovlar [11] adir mintaqasida tarqalgan *V. pachycarpa* va *G. aspera* lar urug'ining 16,5 - 26,5 % zararlanganligini qayd etganlar. O.A. Ashurmetov va boshqalar [12] shirinmiya urug'ining 1000 donasi massasi 8 g tashkil etib, namligi 10 % atrofida, zararkunanda hasharotlar bilan zararlanganlik darajasi 25,8 % ga tengligini e'tirof qilganlar.

Burchoqdoshlarga xos belgilaridan biri bu urug'larning qattiqurug'lik hususiyatidir [13]. Qattiqurug'lilik barcha astragal turlarida kuzatilib, u 54,5 - 98,6 % ni tashkil etdi. Jumladan, ko'p yillik turlarda qattiqurug'lik 95,1 (*A.sieversianus*) dan 98,6 % (*A.alopecias*) gachani, bir yillik turlarda esa 54,5 % (*A.schmalhauseni*) – 61,1 % (*A.psiloglottis*) ni tashkil etdi (1-jadval).

Qattiqurug'lik urug' po'sti - spermodermaning o'ziga xos tuzilishi bilan bog'liqdir [14]. Qattiq urug'larda bo'kish jarayoni amalga oshmaydi. Ular tashqi muhitning noqulay omillari ta'siriga nihoyatda chidamli bo'ladi.

Ma'lumki, o'simlikning urug' sifati har bir turni ishlab chiqarishga joriy etishda asosiy rolni o'ynaydi. Uni o'simlikning yangi joyda iqlimlashtirilishning belgisi deb ham qaraladi [15].

Urug' unuvchanligi o'simlik turining taqdirini hal qiluvchi nozik bosqichlardan hisoblanib, urug'dan ko'payish va tiklanishini bashoratlab beradi.

Tadqiqot ob'ektlarimizni urug'larining unuvchanligi laboratoriya sharoitida tekshirib ko'rildi. Kuzatilgan turlarning urug'larida avvalo bo'kish bosqichi, so'ng faollashish va murtakning o'sish jarayonlari kuzatildi [11].

Bo'kish bosqichida astragal urug'lari suv va suv parlarini o'ziga shimadi va urug'lar hajmi ortadi. Tadqiq etilgan ko'p yillik o'simlik turlari urug'larining bo'kish jarayoni 15 - 28 soatgacha cho'zildi. Jumladan, *A.alopecias* turi urug'larining bo'kish jarayoni 28 soat davom etib, bo'kish jarayoni yakuniga kelib, urug'larning vazni boshlang'ich vaznga nisbatan 125-137 % ga ko'tarildi.

Bir yillik astragal turlarida bo'kish bosqichi 2 - 2,5 soatgacha cho'zildi va urug'larning vazni boshlang'ich vazniga nisbatan 158 % dan (*A. schmalhauseni*) to 221 % gacha (*A. psiloglottis*) ortishi qayd etildi.

Faollashish bosqichi - bunda urug'lardagi fermentativ tizim ishga tushadi va zahiradagi ozuqalar tegishli qismlarga safarbar qilinadi. Urug'da jadal nafas olish boshlanib, SO₂ va issiqlik ajrala boshlaydi. Bu davrda urug' unishiga qarshilik qiluvchi barcha mexanizmlar fermentativ tizim tomonidan engib o'tiladi.

Tadqiq etilgan astragallarda faollashish bosqichi 1,9 soatdan 36,1 soatgacha davom etadi. Ushbu bosqich bir yillik *A.campylotrichus* urug'ida o'rtacha 2 soat 16 daqiqagacha, ko'p yillik turlarda o'rtacha 30,2 soatdan (*A.eximius*) to 36,5 soatgacha (*A.globiceps*) cho'zildi. Bu bosqichda o'simlik urug'i suvni qabul qilishini to'xtatadi va urug' tarkibidagi fermentlar tizimi faollashadi.

Bo'kish va faollashish bosqichlaridan keyin urug'da so'ngi **bosqich - murtakning o'sishi** kuzatiladi. Bu bosqichda urug'da murtak ildizchasi urug' po'stini yorib chiqishi qayd etiladi.

O'rganilgan bir yillik astragal turlarida 4-4,5 soatdan, ko'p yillik astragallarda esa 16-18 (*A.globiceps*) soatdan keyin murtakning o'sish bosqichi boshlandi.

Professor A.A. Butnik va boshqalarning qayd etishicha, *Astragalus unifoliolatus* Bunge urug'lari laboratoriya sharoitida optimal 22 °C haroratda 7-9 kunda unib chiqadi. Ko'pchilik o'simliklarda optimal sharoitda urug'ning unib chiqishida murtak ildizining jadal o'sishi qayd qilinadi. Bu ildizning tezlikda tuproq qatlamiga o'rtnashib olishiga yordam beradi [16].

Qattiqurug'lik ayniqsa ko'p yillik astragallarda juda yuqori bo'ladi. Qattiqurug'lilikni yo'qotish uchun bir qancha usullar mavjud [17]. Ulardan skarifikatsiya va impaktsiya usuli eng keng tarqalgan. Skarifikatsiya usuli qumqog'oz yoki kimyoviy yo'l bilan (H₂SO₄ kislotasining eritmasi) amalga oshiriladi.

Biz tadqiqot ob'ektlarimizda urug'ni qattiqurug'ligini yo'qotish uchun skarifikatsiya, impaktsiya va qaynoq suvda ivitish (10+10+10) usullarini sinab ko'rdik. Nazorat sifatida ishlanmagan urug'lar olindi. Skarifikatsiyalangan va qaynoq suvda ivitilgan urug'larda unuvchanligi yuqori ekanligi kuzatildi (2-jadval).

Urug' unuvchanligiga ishlovning ta'siri

N	Turlar	Unuvchanlik, %									
		nazorat	skarifikatsiya			impaktsiya			qaynoq suv		
			unga n	qatti q	chiri gan	unga n	qatti q	chi rig an	unga n	qatti q	chi rig an
1	<i>A. campylotrichus</i>	35,9	87,1	10,1	2,8	89,5	7,5	3,0	85,6	9,7	4,7
2	<i>A. schmalhauseni</i>	43,1	79,2	15,3	4,5	85,1	9,6	6,3	83,5	10,9	5,6
3	<i>A. filicaulis</i>	35,7	75,9	20,3	3,8	83,0	13,7	3,3	79,2	16,8	4,0
4	<i>A. campylorrhynchus</i>	37,8	87,2	10,1	2,7	89,7	7,4	3,9	86,4	8,8	4,8
5	<i>A. psiloglottis</i>	35,3	72,4	24,0	3,6	78,4	17,5	4,1	77,2	18,9	3,9
6	<i>A. sieversianus</i>	3,0	77,2	17,5	5,3	85,2	7,9	6,9	83,5	10,9	5,6
7	<i>A. alopecias</i>	0,6	75,1	22,1	2,8	83,2	13,3	3,5	76,8	18,8	4,4
8	<i>A. eximius</i>	1,5	73,2	23,4	3,4	80,3	14,8	4,9	79,5	18,6	1,9
9	<i>A. globiceps</i>	1,6	70,5	14,8	4,7	74,2	21,3	4,5	80,3	16,7	3,0
10	<i>A. mucidus</i>	1,8	70,6	15,8	3,6	74,6	21,1	4,3	81,8	14,8	3,4

Jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, skarifikatsiyalangan urug'lar unuvchanligi ko'p yillik turlarda 70,5% (*A. globiceps*) – 77,2 % ga (*A. sieversianus*), bir yilliklarda esa 72,4 (*A. psiloglottis*) - 97,1 % ga (*A. campylotrichus*) ko'tarilsa, impaktsiya usulida ko'p yilliklarda 74,2 - 85,2 % ga, bir yillikastragal turlarida esa 78,4 – 89.7 % ga teng bo'ladi.

Qaynoq suv bilan ishlenganda ham astragal urug'larining unuvchanligi ancha yuqori bo'ladi. Jumladan, 76,8 % (*A. alopecias*) - 86,4 % (*A. campylorrhynchus*) ekanligini ko'rsatdi. Qattiq urug'lar miqdori 8,8 % (*A. campylorrhynchus*) – 18,9 % (*A. psiloglottis*) gachani, hamda chirigan urug'lar miqdori 1,9 -5,6 % ekanligi kuzatildi. Bir yillik astragal turlarining urug'lari ancha mayda bo'lgani uchun impaktsiya usulida ko'rsatkichlar skarifikatsiyaga nisbatan yuqori bo'lishi kuzatildi.

A.A. Butnik va boshqalarning ma'lumotiga ko'ra *Astragalus flexus* Fisch. ning laboratoriya sharoitida saqlangan va skarifikatsiyalangan urug'lari birinchi yili 4,8 % ni, 4-yili 97,2 %, 5-yili esa 91,2 % unuvchanlikka ega bo'lishi qayd etilgan [16].

Xulosa. Tadqiq etilgan astragal turlaridan *A. sieversianus* turining 1000 dona urug' massasi eng yuqori bo'lib, 16,7 g ni tashkil etdi. Bir yillik turlarda esa bu ko'rsatkich 0,8 g dan (*A. filicaulis*) to 5,6 g gacha (*A. schmalhauseni*) ekanligi qayd qilindi. O'simlik urug'larining namligi esa 7.9-15,0 % ni tashkil etishi aniqlandi. Astragal urug'lariga qattiqurug'lik xos bo'lib, u bir yilliklarda 54,5-61,1%, ko'p yilliklarda esa 95,1-98,6% ga tengdir. Astragal turlarini ekishdan oldin impaktsiyalash ular urug' unuvchanligini 74,2-89,7% ga , qaynoq suv bilan ishlash esa 76,8-86,4% ga yetishini taminlaydi. Ayniqsa bir yillik astragallarda urug'ni qaynoq suvda 10 daqiqadan 3 marta ivitish ham juda yaxshi natija berishini ko'rsatdi. Mazkur usul ekologik jihatdan toza va bezarar bo'lib, uni fermer xo'jaliklarida dala sharoitida bimalol amalga oshirish mumkin.

References:

1. Karshibaev J., Esankulov S. Endemichnie vidi roda *Astragalus* L. vo flore Uzbekistana //Vestnik GulGU, 2014. № 4 - S.30-34. (in Russian).
2. Isaev I.M. *Astragalus* turkumi o'simliklaridagi sikloartanlarning yangi tuzilishlari va kimyoviy transformatsiyasi: Falsafa doktori (PhD) diss. avtoreferati..., -Toshkent, 2019.-44 b. .
3. Karshibaev X.K., Tuxtaev B.Ya., Karshibaev J.X. Qurg'oqchil mintaqalarda *Astragalus* turkumi vakillarining hayotiy strategiyalari.- Guliston: Ziyoyi, 2016.- 352 s.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

4. Liu Xiping, Chen Fangliang, Chenge Yanun. *Astragalus total* flavonoids to patent rat osteoporosis experimental study// Zhejiang Journal of integrated Traditional and Western Medicine, 2005. N 5. – P. 282-283.
5. Kurmukov A.G., Belolipov I.V. Dikorastuhie lekarstvennie rasteniya Uzbekistana.- Tashkent, 2012.- S. 6-11 (in Russian).
6. Agzamova M.A., Isaev I.M., Terenteva E.O. Triterpenovye glyukozidi *Astragalus orbiculatus*, ix biologicheskaya aktivnost //Respublikanskiy nauchno'y jurnal «Vestnik», 2014.- IV tom. N 3 (68).- S.16-19.
7. Isaev I. M., Isaev M. I. Triterpene glycosides from *Astragalus* and their genins. XC. Askendoside K from *Astragalus taschkendicus* // Chemistry of natural compounds. – 2011. – T. 47. – №. 4. – S. 587.
8. Zhang Kai, Cui Ming-yu. Progress in pharmacological research of *Astragalus* //Амурский медицинский журнал, 2017. N 4. - С.92. (in Russian).
9. Ashurmetov O.A., Karshibaev X.K. Semennoe razmnojenie bobovix rasteniy v aridnoy zone Uzbekistana. - Toshkent: Fan, 2002.-204 s. (in Russian).
10. Mejdunarodnoe pravila analiza semyan.- M.: Kolos, 1984.- 310 s. (in Russian).
11. Karshiboev X.K., Xasanova Z.S. Kachestvo i osobennosti prorastaniya semyan nekotoryx bobovix aridnoy zoni // Nauchnie trudi GGU (Ser.obh. biol.).- Gulistan, 1993.-Vip. 1.-S. 78-80 (in Russian).
12. Ashurmetov O.A., Qarshiboev H.Q., Qo'ziev A.J. Shirinmiya (foydali xususiyatlari, bioekologiyasi va ko'paytirish usullari).-Tashkent, 2005.- 100 b.
13. Yakovlev G.P. Bobovie zemnogo shara - L.: Nauka, 1991.- S. 110-112. (in Russian).
14. Ponomarenko S.F. Strukturnaya evolyutsiya semyan bobotsvetnix (por. Fabales Nakai): Avtoref.diss....dok.biol.nauk.- Novosibirsk, 1985.- 33 s. (in Russian).
15. Belolipov I.V., Tuxtaev B.Yo., Qarshiboev H.Q. "O'simliklar introduktsiyasi" fanidan ilmiy-tadqiqot ishlarini o'tkazishga oid metodik ko'rsatmalar. – Guliston, 2015. - 32 b.
16. Butnik A.A., Ashurmetov O.A., Nigmanova R.N., Begbaeva G.F. Ekologicheskaya anatomiya pustinnix rasteniy Sredney Azii. - Tashkent, 2009.- T.3. -155 s. (in Russian).
17. Metodicheskie ukazaniya po semenovedeniyu introdutsentov. - M.: Nauka, 1980.- 54 s. (in Russian).

Muallif:

Karshibayev X.K. - b.f.d., professor. E-mail: karshibaev_53@mail.ru

UDK 581.6

SHTOKROZA (*ALCEA ROSAE* L) ORNAMENTAL AND MEDICINAL PLANT

PUSHTI BAXMALGUL (*ALCEA ROSAE* L) XUSHMANZARA VA DORIVOR O'SIMLIK

ШТОКРОЗА (*ALCEA ROSAE* L) ДЕКОРАТИВНЫЕ И ЛЕКАРСТВЕННОЕ РАСТЕНИЕ

Bo'riboeva Sohiba

Guliston davlat universiteti. 120100. Guliston shaxri, IV mavze

E-mail: saea38773@gmail.com

Summary. Mirzachul is mainly located in a desert area, and soil salinity, summer drought and lack of water create certain difficulties in growing medicinal plants. Therefore, the selection of medicinal plants that are resistant to salt and drought, and the establishment of their cultivation are considered one of the most important tasks today. The article presents data on the introduction of American forms of the Hollyhock (*Alcea rosae* L), a valuable medicinal and ornamental plant in the conditions of Mirzachul.

Keywords: Mirzachul, *Alcea rosae*, salinity, aridity, introduction, medical plants, decorative species.

Annotatsiya. Mirzacho'l asosan cho'l mintaqasida joylashgan bo'lib, tuproq sho'rlanishi, yozgi havodagi qurg'oqchilik va suv tanqisligi dorivor o'simliklarni yetishtirishda muayyan qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun sho'rga va qurg'oqchilikka chidamli bo'lgan dorivor o'simliklarni tanlash va uni

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

etishtirishni yo'lga qo'yish shu kunning muxim vazifalardan sanaladi. Maqolada dorivor va xushmanzara o'simlik sanalgan pushti baxmalgul (*Alcea rosae* L) turini Amerikadan olib keligan formalari Mirzacho'l sharoitida introduksiya etish masalalariga oid ma'lumotlar yoritilgan.

Kalit so'zlar: Mirzacho'l, *Alcea rosae*, sho'rlanish, qurg'oqchilik, introduksiya, dorivor o'simlik, xushmanzara tur.

Аннотация. Мирзачул в основном расположен в пустынной зоне, и засоленность почв, летняя засуха и нехватка воды создают определенные трудности при выращивании лекарственных растений. Поэтому выбор лекарственных растений, устойчивых к воздействию соли и засухи, и налаживание их выращивания считаются одной из важнейших задач на сегодняшний день. В статье представлены данные по вопросам интродукции Американских форм шток розы (*Alcea rosae* L), ценного лекарственного и декоративного растения в условиях Мирзачуля.

Ключевые слова: Мирзачул, *Alcea rosae*, засоление, аридность, интродукция, лекарственное растение, декоративный вид.

Kirish. Yer sharining sug'orma dehqonchilik mintaqalarida sodir bo'ladigan degradatsiya jarayonlari orasida tuproq sho'rlanishi eng asosiy muammolardan biri sanalanadi. E'lon qilingan ma'lumotlarga qaraganda, sug'oriladigan sho'rlangan yerlar maydoni dunyo buyicha 20% ni tashkil etadi [1]. Markaziy Osiyo mamlakatlarida sug'oriladigan yerlarining 2/3 qismi, respublikamizda esa jami sug'oriladigan yerlarning teng yarmidan ortig'i turli darajada sho'rlanganligi e'tirof qilingan [2].

Respublikamizda qayta sho'rlangan yerlarning asosiy qismi Mirzacho'l vohasida joylashgan bo'lib, uning maydoni 424 ming gani tashkil etadi [3]. Hozirgi kundagi eng asosiy masalalardan biri bu maydonlarda sho'rga chidamli dorivor o'simlik turlarni ekish, Respublikamiz uchun kerakli bo'lgan foydali o'simliklarni yetishtirishni yo'lga qo'yishdir. Shu sababli Respublikamiz tuproq-iqlim sharoitga mos bo'lgan va jahon bozoriga maxsulotini chiqishini hamda ichki bozorni ta'minlaydigan o'simliklarni tanlab olish, ularni yetishtirish texnologiyasini yo'lga qo'yish muammosi kun tartibida turibdi. Bu muammoni introduksion tadqiqotlarni amalga oshirish va Mirzacho'l mintaqasi uchun mos bo'lgan dorivor va foydali o'simliklarni tanlab olish orqali amalga oshirish mumkin bo'ladi.

Dorivor giyoxlarni kimyoviy tarkibi va farmakologik xususiyatlarini aniqlash, mahalliy farmatsevtika sanoatida dorivor o'simliklar xom ashyolaridan olingan substansiyalar asosida dori vositalarini yaratish imkonini berib, aholini arzon, yuqori sifatli hamda tabiiy tayyor dori darmon vositalari bilan ta'minlash kabi ustivor yo'nalishlar doirasida quyilgan vazifalarni bajarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Mirzacho'l sharoitida o'stirish mumkin bo'lgan istiqbolli o'simlik turlaridan biri pushti baxmalgul (*Alcea rosea* L) sanaladi. U qadim zamonlardan halq tabobatida va tibbiyotdada qo'llanib kelinadi. Qadimgi yunon shifokori Gippokrat va qadimgi Rim shifokori Galen uni dorivor o'simlik deb hisoblashgan. Dorivor vosita sifatida tibbiyotda o'simlikning gulidan va qisman bargidan foydalaniladi. Gul xom - ashyosining tarkibida ko'p miqdorda efir moylari bo'lib, oshqozon - ichak, ich ketish, yo'tal kasalliklarini davolashda ishlatiladigan vositalarning asosini tashkil etadi [4].

Baxmalgul gullaridan olingan tabiiy bo'yoqlar oziq-ovqat sanoatida qo'llaniladi. Ular rang berish uchun sirka, sharob va boshqa ichimliklarga ham qo'shiladi. O'simlik nektarning katta zaxirasiga ega bo'lgani uchun asal-shirali o'simliklar guruxiga ham kiritiladi.

Keyingi vaqtda farmatsevtika sanoatida pushti baxmalgul o'simligi xom-ashyosi asosida balg'am ko'chiruvchi "Pulmostim", "Al'seum", "Glisirosin" va "Glistrofit" kabi qator dori vositalarini ishlab chiqish yo'lga qo'yilgan [5].

Tadqiqot ob'ekti va metodlari

Tadqiqot ob'ektlari sifatida pushti baxmalgulning 3 ta manzarali formalari (qizil, pushti va oq rangli) olindi. O'simlikni bioekologik xususiyatlarini o'rganishda X.Karshiboevning "Introdutsent dorivor o'simliklar bioekologiyasini o'rganishga doir metodik ko'rsatma" nomli qo'llanmasidan foydalanildi [6].

Olingan natijalar va uning tahlili

Baxmalgul (*Alcea*) turkumi Malvaceae oilasiga taalluqli bo'lib, uning 80 yaqin turi uchraydi [7]. Ulardan eng keng tarqalgani *Alcea rosea* (pushti shtokroza, pushti baxmalgul, malla, galmas) turi sanaladi. Pushti baxmalgul turi Yevropada XV asrdan beri yetishtiriladi. Ushbu tur asosida yaratilgan ko'plab manzarali navlar keng tarqalgan. Ikkita gulli va turli xil rangdagi pakana va baland bo'yli navlari mavjud [8]. Hayotiy

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

shakliga ko'ra mazkur tur 2 yillik o't. O'simlik tabiiy holda G'arbiy Osiyoda va O'rta Yer dengizi viloyatida tarqalgan deb sanaladi.

Baxmalgul turlari Osiyo, Amerika va Afrika qit'asida keng tarqalgan. Rossiyada ushbu turkum vakillari Sibirda ham o'sadi. Mazkur tur Avstraliya, AQSh, Kanada va Meksikaga olib kelingan va u yerda muvaffaqiyatli iqlimlashtirilgan. Baxmalgul tashlandiq joylarni, cho'l hududlarini va yo'l bo'ylarini afzal ko'radi. O'rta yer dengiz mamlakatlarida begona o't sifatida dexqonchilikda ancha tashvish keltiradi.

O'zbekistonda baxmalgul madaniy holda dorivor va manzarali o'simlik sifatida o'stiriladi. Dorivor vosita sifatida o'simlikning gullari teriladi va oshqozon yarasini davolashda ishlatiladi. Ikki yoshli o'simlikning minimal balandligi 0.8-1.0 m ni tashkil qiladi va ularning maksimal balandligi sharoitga qarab 2.5 -2.7 m ga yetishi mumkin. Bir vaqtning o'zida bitta o'simlik ildizidan 2-3 poya o'sib chiqishi qayd qilingan.. Ayrim navlari esa har tupda oltitagacha poyalar hosil qiladi.

Pushti baxmalgulning urug'lari Guliston davlat universiteti dorivor o'simliklar tajriba maydonchasiga 25 fevral kuni qator oralig'i 70 sm, chuqurligi 1.5-2 sm ekildi. Dastlabki maysalar 16 mart kuni paydo bo'ldi. Unib chiqqan urug'lar miqdori o'rtacha 62% ni tashkil etdi. Maysalar saqlanuvchanligi esa 87 %ga teng bo'ldi. Ko'pchilik adabiyotlarda pushti baxmalgulni ikki yillik o'simlik ekani, birinchi yili reproduksiya jarayoniga kirmasligi qayd etilgan. Ammo bizni kuzatishlarimiz davomida fevral oyida ekilgan urug'lar birinchi yilni o'zidayoq gullab, meva berishi qayd etildi.

Baxmalgulning barglari zich joylashgan bo'ladi. Vegetatsiya boshida barglar rozetkalarda yig'iladi. O'simlik barglarining kattaligi va ko'rinishi pastdan yuqoriga qarab farq qiladi. Eng katta barglar quyida to'plangan, oval qirralari bo'lgan yuraklarga o'xshaydi. Bargni diametri hajmi 9-10 sm ga etishi mumkin. O'rtada barglar kichikroq, ular besh qismli tuzilishga ega. Eng yuqori qismida yupqa yuzasi bo'lgan kichik uch qismli barglar to'plangan bo'ladi. Barglar poyada navbatma-navbat joylashtirilgan. O'simlik pushti (malla) deb nomlanishiga qaramay, gullar turli xil ranglarda (oq, pushti, sariq, qora, to'q qizil) bo'lishi mumkin (1-rasm).. Gullar diametri 11-12 sm gacha bo'lib, ochilgan qo'ng'iroqlarga o'xshaydi. Poyasining uchki qismida joylashgan tupgulida 15 dan 60 donagacha gunchalar bo'ladi. Shuni aloxida ta'kidlash joyizki, pushti baxmalgul ko'plab Evropa mamlakatlarida manzarali o'simlik sifatida o'stirildi. Ayniqsa zamonaviy shaxarsozlik landshaft dizaynida yuqori fon hosil qiluvchi o'simliklar hisoblanadi.



1-rasm. Pushti baxmalgul (A. rosea) formalari.

Pushti baxmalgulni gullari to'pgul doirasida akropetal ravishda ochiladi. Bitta gul o'rtacha 2.5-3 sutka davomida ochilib turadi.

Mevasi ko'sak sanaladi (2-rasm). Har bir ko'sakda o'rtacha 40-48 ta urug' etiladi,



2-rasm. Pushti baxmalgulni mevasi va urug'ları.

Urug'i ikki tamolama qisilgan turburchak- cho'zilgan-yumaloq shaklda bo'lib, qoramtir rangda, buyiga 4.7-7.4 mm, eniga 4.1-6.6 mm keladi.

Xulosa.

O'tkazilgan dala tajriba sinovlari shuni ko'rsatdiki, dorivor va xushmanzara hisoblangan pushti baxmalgulning Amerikadan olib kelingan formalari Mirzacho'l sharoitida urug'idan yaxshi unib chiqadi. Dala urug' unuvchanligi 62%ni, maysalar saqlanuvchanligi 87%ni tashkil etadi. O'simliklar vegetatsiyasini birinchi yilida reproduksiya jarayoniga kiradi. Gullash tupgul miqyosida akropetpl ravishda amalga oshadi. Har bir gul o'rtacha 2.5-3 sutka davomida ochilib turadi. Mevasi iyun-avgust oylaridv pishib etiladi. Tajriba sinov ishlari natijasida to'plpngpn ma'lumotlar Amerikadan keltirilgan pushti baxmalgul formalarini Mirzacho'l tuproq-iqlim sharoitiga moslashganini hamda o'z ontogenezinini tuliq o'tashini ko'rsatadi.

References:

1. Jose A.M., Maria O.O., Agustina B.V., Pedro D.V., Maria S.B., Jose H.J.A. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. //Agronomy, 2017.- 7:18 [[Google Scholar](#)]
2. Karshibaev X.K., Amanova M. Sho'langan tuproqlarda goji yetishtirish // Guliston davlat universiteti axborotnomasi, 2024 - N 2. -S.67-72.
3. Sirdaryo viloyati sug'oriladigan tuproqlarini meliorativ holati va ularning unumdorligini saqlashga doir tavsiyalar.–Toshkent, 2016. - 37 b.
4. . Karamatov I.J.,Ashurova N.L. Shtok-roza perspetivnoe lekarstvennoe rastenie//Elektronniy jurnal "Biologiya i integrerirovannaya meditsina", 2018.- N 2.-S. 111-116. (in Russian).
- 5.Mirakilova D.B. *Alcea rosea* L. asosidagi balg'am ko'chirovchi va yaraga qarshi dori vositalari texnologiyasi : Dissertatsiya avtoreferati, Toshkent: TFI, 2018.- 42 s.
- 6.Karshiboev X. K/ "Introdutsent dorivor o'simliklar bioekologiyasini o'rganishga doir metodik ko'rsatma"- Guliston, 2024.- 16 b.
7. Karshibayev X.K., Botirova L.A., Abduraimov A.S. – Dorivor o'simliklar florasi va sistematikasi.- Toshkent: Metodist nashriyoti, 2026. – 228 b.
8. <https://7dach.ru/Uleyskaya/altey-malva-shtok-roza-i-ih-ocharovatelnye-rodstvenniki-kak-razlichit-eti-rasteniya-317282.html>

Muallif:

Bo'riboyeva Sohiba - Guliston DU biologiya mutaxassisligi 2-bosqich magistiri. E-mail: saea38773@gmail.com

Kimyo

UDK: 577.1:543.544.5

DETERMINATION OF FLAVONOIDS IN *PUNICA GRANATUM* L. BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

***PUNICA GRANATUM* L. TARKIBIDAGI FLAVONOIDLARNI YUQORI SAMARALI SUYUQLIK XROMATOGRAFIYASI USULI YORDAMIDA ANIQLASH**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В *PUNICA GRANATUM* L. МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Yettibayeva Lolaxon Abdumalikovna, Toychiyev Elbek Juraboy ugli

Guliston davlat universiteti, 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shahar, 4-mevze.

E-mail: lola1981a@mail.ru

Abstract. Pomegranate (*Punica granatum* L.) is mainly cultivated in the Central Asian region. It is one of the primary agricultural products of Uzbekistan and has been used in traditional medicine for many centuries. The high antioxidant activity of pomegranate and its effectiveness in preventing atherosclerosis have been proven. In this study, the flavonoid content of pomegranates grown in the territory of Uzbekistan is compared. For calibration, aqueous solutions of rutin, quercetin, gallic acid and apigenin, with known concentrations were used. The extraction and purification of flavonoids from pomegranate peel are applied as a suitable source for quantitative analysis using the HPLC method against standard samples.

Keywords: *Punica granatum* L., flavonoids, high-performance liquid chromatography, pomegranate peel extract, phenolic compounds, antioxidant activity, gallic acid, quantitative analysis.

Annotatsiya. Anor (*Punica granatum* L.) asosan Markaziy Osiyo mintaqasida yetishtiriladigan qimmatli mevali o'simliklardan biri hisoblanadi. U O'zbekistonning muhim qishloq xo'jaligi mahsulotlaridan biri bo'lib, xalq tabobatida ko'p asrlardan buyon keng qo'llanib kelinadi. Anorning yuqori antioksidant faolligi hamda aterosklerozning oldini olishdagi samaradorligi ko'plab ilmiy tadqiqotlarda isbotlangan. Mazkur tadqiqotda O'zbekiston hududida yetishtirilgan anor namunalarining flavonoid tarkibi yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usuli yordamida o'rganildi va taqqoslandi. Kalibrlash uchun ma'lum konsentratsiyalardagi rutin, kversetin, gall kislotasi va apigeninning standart eritmalaridan foydalanildi. Anor po'stlog'idan flavonoidlarni ekstraksiya qilish va tozalash usullari optimallashtirilib, HPLC tahlili yordamida ularning miqdoriy tarkibi standart namunalar bilan solishtirish asosida aniqlandi.

Kalit so'zlar: *Punica granatum* L., flavonoidlar, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi, anor po'stlog'i ekstrakti, fenolik birikmalar, antioksidant faollik, gall kislotasi, miqdoriy tahlil.

Аннотация. Гранат (*Punica granatum* L.) в основном выращивается в Центральноазиатском регионе. Он является одним из основных сельскохозяйственных продуктов Узбекистана и на протяжении многих веков используется в народной медицине. Доказано, что гранат обладает высокой антиоксидантной активностью и эффективен в профилактике атеросклероза. В данном исследовании сравнивается содержание флавоноидов в гранатах, выращенных на территории Узбекистана. Для калибровки использовались водные растворы рутина, кверцетина, галловой кислоты, апигенина и кверцетина с известными концентрациями. Экстракция и очистка флавоноидов из кожуры граната применяются как подходящий источник для количественного анализа методом ВЭЖХ (HPLC) относительно стандартных образцов.

Ключевые слова: *Punica granatum* L., флавоноиды, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), экстракт кожуры граната, фенольные соединения, антиоксидантная активность, галловая кислота, количественный анализ.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Kirish. Meva va sabzavotlar polifenollarga boy bo'lib, ular nafaqat o'simliklarda muhim fiziologik rol o'ynaydi, balki antioksidant sifatida ham faoliyat ko'rsatadi. Ular vodorod atomi yoki elektron berish orqali erkin radikallarni neytrallaydi, singlet kislorodni susaytiradi hamda inson organizmida oksidlovchi va antioksidant tizimlar o'rtasidagi muvozanatni saqlashga yordam beradi [1].

Anor (*Punica granatum* L.) mevalari Punicaceae oilasiga mansub bo'lib, eng qadimiy iste'mol qilinadigan mevalardan biridir. Bu o'simlik Osiyoning, xususan Eron va Shimoliy Hindiston hududlaridan kelib chiqqan. Tabiiy sharoitda o'sadigan anorlar yovvoyi anorlar deb ataladi. Yovvoyi anor mevalari nisbatan kichik bo'lsa, madaniylashtirilgan navlari yirik va og'ir bo'lib, 8–12 mm o'lchamdagi yorqin qizil donalarga ega.

Anor mevasining taxminan 50% qismini perikarp tashkil etadi. Unda flavonoidlar, ellagitanninlar va proantosyanidinlar kabi biologik faol birikmalar mavjud. Mevaning qolgan 50% qismini iste'mol qilinadigan arillar tashkil etadi. Arillar tashqi go'shtli qism (78%) va ichki urug' (22%) dan iborat [2].

Anorda mavjud antioksidant fitokimyoviy moddalar, ayniqsa fenolik birikmalar, inson salomatligini yaxshilash va turli kasalliklarning oldini olishdagi ahamiyati sababli katta qiziqish uyg'otmoqda [3]. Anorning fenol miqdori nafaqat navga, balki meva qismlariga ham bog'liq [4].

Ellagitanninlar, jumladan punicalagin va punicalin kabi birikmalar asosan sharbatda uchrasa-da, fenolik birikmalarning katta qismi meva po'stlog'i va mezokarp qismida to'plangan bo'ladi [5].

Avvalgi tadqiqotlarda anordagi umumiy fenol birikmalar spektrofotometrik usullar yordamida aniqlangan bo'lib, bu usullar umumiy miqdorni baholasa-da, alohida birikmalar tarkibini aniqlash imkonini bermaydi [6]. Boshqa ilmiy ishlar anor namunalariida past darajadagi polimerlanishga ega flavanollar — monomer va dimerlar mavjudligini ko'rsatgan [7]. Xususan, (epi)-kateksin, (epi)-gallokatexin hamda turli fenolik dimerlar aniqlangan [8]. Shuningdek, gallokatexinlar va prodelfinidinlar anor po'stlog'idan HPLC usuli yordamida o'rganilgan [9]. Biroq, anordagi fenolik birikmalarning tarkibi va ularning miqdoriy ko'rsatkichlari bo'yicha ma'lumotlar hali ham yetarli emas. Ayniqsa, mevaning iste'mol qilinadigan qismi va undan tayyorlangan mahsulotlardagi fenolik birikmalar haqida batafsil tadqiqotlar kam uchraydi.

Ushbu ishning asosiy maqsadi anor mevasining turli qismlaridagi flavonoidlar miqdorini yuqori samarali suyuq xromatografiya usuli yordamida tahlil qilishdan iboratdir.

Material va metodlar

Anor po'stidan flavonoidlarni ekstraksiya qilish. Har bir maydalangan namunadan 1 g sinov naychasida 10 ml 80% metanolda eritildi. Ekstraksiya [10] ma'lumotlariga ko'ra, ma'lum o'zgartirishlar bilan, ultratovushli suv hammomida (ViMS Electric Serbia), 50°C doimiy haroratda va 50KHz chastotada o'ttiz daqiqalik vaqt oralig'ida amalga oshirildi. Ekstraktlar Whatman filtr qog'ozi orqali filtrlandi va tadqiqot o'tkazilgunga qadar yopiq naychalarda muzlatgichda 4°C haroratda saqlandi.

YSSX tahlili

Namuna tarkibidagi flavonoidlarning miqdoriy jihatdan aniqlash uchun quyidagicha metoddan foydalanildi.

Qo'zg'almas faza sifatida Agilent Zorbax 4,6 mm ID x 12,5 mm rusumli kolonka himoyalagich va Perkin Elmer C18 250x4,6 mm 5 µm C₁₈ (AQSH) rusumli kolonka yordamida namunalar tarkibidagi rutin, gall kislotasi, kversitin, apigenin va kaempferol miqdorlari aniqlandi. Buning uchun sirka kislotaning 0,5 % li eritmasi va atsetonitril gradient rejimida davomiyli 15 munda amalga oshirildi (1-jadval).

1-jadval.

Flavonoidlarni aniqlashda harakatchan faza gradiyent rejimi ko'rsatkichlari.

Vaqt	C faza % Sirka kislotasining suvdagi 0,5 % li eritmasi	B faza % Asetonitril
1	75	25
3	70	30
6	55	45
10	80	20
12	Stop	

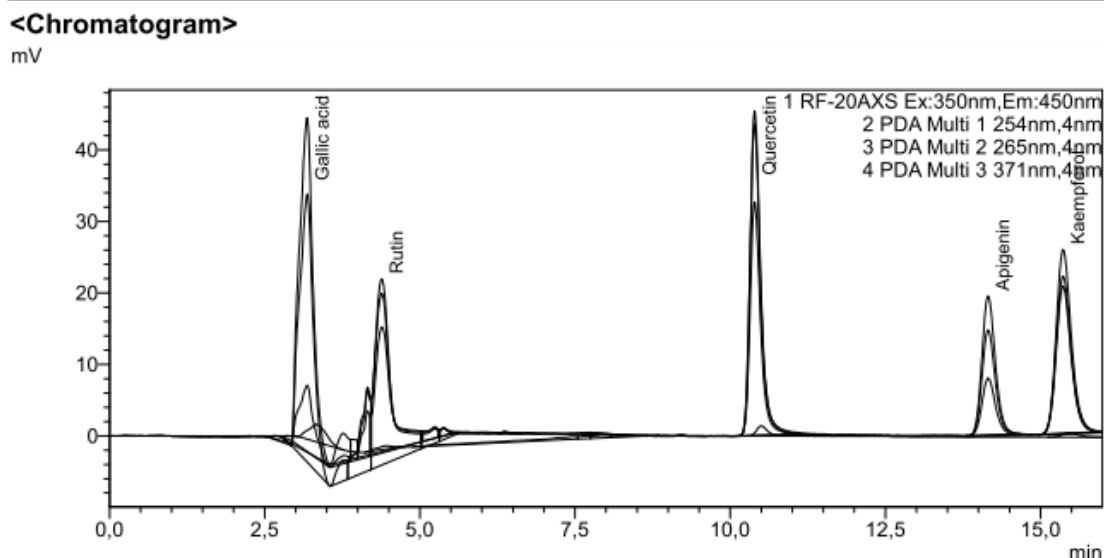
Termostat harorati 40 °C

Oqim tezligi 0,8 ml/min

To'lqin uzunligi 254, 265 va 371 nm

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Standart namunalarning quyidagicha xromatogrammasi olindi (1-rasm va 1-jadval).



1-rasm. Flavonoidlarning standart namunalar asosida olingan xromatogrammasi.

2-jadval.

Yuqorida ko'rsatilgan metod parametrlari asosida standart namunalarning turli konsentratsiyalari tahlil qilinib kalibrofka egrisi hosil qilindi
PDA Ch1 (254 nm)

Pik #	Ushlanish vaqti	Maydon	Balandlik	Konsentratsiya	Birlik	Nomi
5	4.385	468568	26058	137.784	mg/L	Rutin
Total		468568	26058			

PDA Ch2 (265 nm)

Pik #	Ushlanish vaqti	Maydon	Balandlik	Konsentratsiya	Birlik	Nomi
2	3.183	715146	46753	160.893	mg/L	Gall kislotasi
11	14.154	298482	19558	42.805	mg/L	Apigenin
Total		1013628	66310			

PDA Ch3 (371 nm)

Pik #	Ushlanish vaqti	Maydon	Balandlik	Konsentratsiya	Birlik	Nomi
9	10.393	549894	45417	85.823	mg/L	Kversitin
11	15.363	439920	25728	56.624	mg/L	Kaempferol
Total		989814	71145			

Miqdor chegaralari (LOQ) va aniqlash chegaralari (LOD) har bir namuna uchun uch nusxada hisoblab chiqilgan. Kalibrlash egri chiziqlari ketma-ket konsentratsiyani tepalik maydoniga solish orqali olingan. Kalibrofka egrisining o'rtacha qiymati (S) va kesishishning standart og'ishi (s) uchta takroriy standart egri chiziqdan hisoblab chiqilgan. Har bir standartning tiklanish foizi HPLC dan keyin va undan oldingi standart konsentratsiyaning nisbati asosida hisoblab chiqilgan 3- jadval.

3-jadval.

Flavonoidlarning yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usuli asosida kalibrofka egrisi olingan natijalari

Namuna nomi	Korrelyatsiya koeffitsienti R ²	Qayta tiklash %
Gall kislotasi	R ² =0,9997645	97.18
Rutin	R ² =0,9982900	95.08
Kversitin	R ² =0,9999856	98.98
Apigenin	R ² =0,9995998	91.53
Kaempferol	R ² =0,9995311	92.02

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Har bir tashqi standart uchun standartning konsentratsiyasini (mg/L) ma'lum bir to'lqin uzunligidagi tepalik maydoniga solishtirish orqali standart egri qurilgan. Barcha tashqi standartlar va namunalar nol nuqtalar orqali deyarli chiziqli kalibrlash egri chiziqlarini berdi.

Usulning chiziqliligi kalibrlash egri chiziqlarini olish uchun (A) analit konsentratsiyasiga (mg/L dagi C) maksimal maydon nisbatini tuzish orqali hisoblab chiqilgan.

Olingan natijalar tahlili

Ushbu tadqiqotda anor po'sti ekstraktlari tarkibidagi flavonoidlar yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YSSX) usuli yordamida miqdoriy jihatdan aniqlanib, usulning analitik samaradorligi baholandi. Olingan natijalar YSSX metodining yuqori sezgirlik, aniqlik va takrorlanuvchanlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Standart moddalar asosida tuzilgan kalibrlash egri chiziqlari barcha aniqlangan birikmalar uchun yuqori chiziqlilikni namoyon etdi. Korrelatsiya koeffitsiyentlari (R^2) 0,998–0,9999 oralig'ida bo'lib, bu usulning yuqori darajada ishonchli ekanligini tasdiqlaydi. Xususan, kversitin ($R^2=0,9999856$) va gall kislotasi ($R^2=0,9997645$) uchun aniqlangan qiymatlar metodning aniqlik darajasi juda yuqori ekanligini ko'rsatadi. Tiklanish darajalarining 91,53%–98,98% oralig'ida bo'lishi esa tahlil usulining to'g'riligini va natijalarning qayta tiklanuvchanligini ifodalaydi.

Anor po'sti namunasi tarkibidagi flavonoid va fenolik birikmalar miqdoriy tahlili natijalari ularning notekis taqsimlanganligini ko'rsatdi. Eng yuqori miqdor gall kislotasiga tegishli bo'lib, uning konsentratsiyasi $107,241 \pm 9,8$ mg/kg ni tashkil etdi. Ushbu natija anor po'stining kuchli antioksidant xususiyatlarga ega ekanligini ko'rsatadi, chunki gall kislotasi erkin radikallarni neytrallashtirishda yuqori faollikka ega bo'lgan muhim fenolik birikmalardan biridir.

Apigenin ($13,017 \pm 2,2$ mg/kg) va kaempferol ($12,075 \pm 2,1$ mg/kg) o'rtacha miqdorlarda aniqlanib, ular ham antioksidant faollikka sezilarli darajada hissa qo'shishi mumkin. Kversitin miqdori nisbatan past ($3,999 \pm 0,6$ mg/kg) aniqlangan bo'lsa-da, uning yuqori biologik faolligi va farmakologik ahamiyati tufayli umumiy antioksidant potentsialga qo'shgan hissasi muhim hisoblanadi. Rutin birikmasining aniqlanmaganligi esa o'rganilgan navning biokimyoviy xususiyatlari yoki ekstraksiya sharoitlariga bog'liq bo'lishi mumkin.

Olingan natijalar anor po'stining flavonoidlar va fenolik birikmalarga boy manba ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi. Ayniqsa, gall kislotasining yuqori konsentratsiyasi ushbu xomashyoning tabiiy antioksidant sifatida farmatsevtika, oziq-ovqat va kosmetologiya sanoatlarida qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Bundan tashqari, tadqiqot natijalari anor mevasining po'stloq qismi uning yeyiladigan qismiga nisbatan ancha yuqori miqdorda biologik faol moddalarni o'z ichiga olishini ko'rsatdi. Bu esa anor qayta ishlash jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilarni ikkilamchi xomashyo sifatida samarali qayta ishlash va ulardan yuqori qiymatli mahsulotlar olish imkoniyatini beradi.

Umuman olganda, YSSX usuli yordamida olingan natijalar anor po'stining flavonoid tarkibini yuqori aniqlikda baholash imkonini berdi hamda uning kuchli antioksidant potentsialga ega istiqbolli tabiiy manba ekanligini ilmiy jihatdan asoslab berdi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda anor (*Punica granatum* L.) po'sti ekstraktlari tarkibidagi flavonoidlar yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YSSX) usuli yordamida sifat va miqdor jihatdan tahlil qilindi. Olingan natijalar qo'llanilgan metodikaning yuqori aniqlik, sezgirlik va ishonchlilikka ega ekanligini tasdiqladi.

Tahlil natijalariga ko'ra, anor po'sti fenolik birikmalar va flavonoidlarga boy manba ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, gall kislotasining yuqori miqdorda aniqlanishi ushbu xomashyoning kuchli antioksidant potentsialga ega ekanligini ko'rsatdi. Shuningdek, apigenin, kaempferol va kversitin kabi flavonoidlarning mavjudligi anor po'stining biologik faolligini yanada oshiradi.

Olingan natijalar anor po'stining mevaning boshqa qismlariga nisbatan biologik faol moddalar bilan boyroq ekanligini tasdiqladi. Bu esa uni farmatsevtika, oziq-ovqat sanoati hamda biologik faol qo'shimchalar ishlab chiqarishda istiqbolli tabiiy xomashyo sifatida qo'llash imkonini beradi. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari anor qayta ishlash jarayonida hosil bo'ladigan po'stloq chiqindilaridan samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatadi. Bu esa nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Kelgusida turli anor navlari, yetishtirish sharoitlari va ekstraksiya parametrlarini chuqurroq o'rganish orqali flavonoidlar tarkibini yanada batafsil tahlil qilish hamda ularning biologik faolligini kengroq baholash maqsadga muvofiqdir.

References:

1. Lampe J.W. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 1999. – Vol. 70. – P. 475S–490S.

2. Viuda-Martos M., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J.A. Pomegranate and its many functional components as related to human health: A review // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2010. – Vol. 9, No. 6. – P. 635–654. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00131.x.
3. Gil M.I., Tomas-Barberan F.A., Hess-Pierce B., Holcroft D.M., Kader A.A. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2000. – Vol. 48. – P. 4581–4589.
4. Fawole O.A., Makunga N.P., Opara U.L. Antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhibition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. – 2012. – Vol. 12. – Article 200.
5. Fischer U.A., Carle R., Kammerer D.R. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 127. – P. 807–821.
6. Wissam Z., Ghada B., Wassim A., Warid K. Effective extraction of polyphenols and proanthocyanidins from pomegranate peel // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. – 2012. – Vol. 4. – P. 675–682.
7. Smrke S., Vovk I. Comprehensive thin-layer chromatography–mass spectrometry of flavanols from *Juniperus communis* L. and *Punica granatum* L. // *Journal of Chromatography A*. – 2013. – Vol. 1289. – P. 119–126. DOI: 10.1016/j.chroma.2013.03.012.
8. Pascual-Teresa S., Santos-Buelga C., Rivas-Gonzalo J.C. Quantitative analysis of flavan-3-ols in Spanish foodstuffs and beverages // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2000. – Vol. 48, No. 11. – P. 5331–5337. DOI: 10.1021/jf000549h.
9. Plumb G.W., De Pascual-Teresa S., Santos-Buelga C., Rivas-Gonzalo J.C., Williamson G. Antioxidant properties of gallicocatechin and prodelphinidins from pomegranate peel // *Redox Report*. – 2002. – Vol. 7, No. 1. – P. 41–46. DOI: 10.1179/135100002125000172.
10. Sharayei P., Azarpazhooh E., Zomorodi S., Ramaswamy H.S. Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel // *LWT – Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 93. – P. 250–258.

Mualliflar:

Lolaxon Abdumalikovna Yettibayeva. E-mail: lola1981a@mail.ru
To'ychiyev Elbek Jo'raboy o'g'li. E-mail: elbektoychiye803@gmail.com

UDK 543:544.5.068.7

DETERMINATION OF AMYGDALIN IN *Prunus dulcis* var. *Amara*. FRUITS BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY

Prunus dulcis var. *amara*. MEVALARIDAGI AMIGDALINNI YUQORI SAMARALI SUYUQ XROMATOGRAFIYA YORDAMIDA ANIQLASH

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИГДАЛИНА В ПЛОДАХ *Prunus dulcis* var. *amara* МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Tojikulov Abdukhalil Abdujalil o'g'li, Mamatkulova Moxira Bosimovna,
Usmonov Fozil Dilmurod o'g'li
Gulistan State University.120100. Gulistan siti, 4-mikroregion
e-mail: tojikulov1991@mail.ru

Abstract. Amygdalin, a naturally occurring compound, is one of the principal active constituents of bitter almond. Variations in amygdalin content were determined among six almond types, and their relationship with geoeological factors was analyzed. The amygdalin content varied widely, ranging from 0.5 to 9.62 g/100 g. The highest levels were detected in almonds from the Syrdarya region (5.75–9.62 g/100 g), whereas almonds from other regions ranged between 3.14 and 5.37 g/100 g. In some regional samples, amygdalin was almost undetectable. The results demonstrated significant regional differences in amygdalin content in *Prunus* spp.

kernels. This study proposes an effective method for the extraction and determination of amygdalin in almond fruits.

Keywords: Amygdalin, High-performance liquid chromatography, environment, extraction.

Anotatsiya. Tabiiy ravishda uchraydigan birikma bo'lgan amigdalin achchiq bodomning asosiy faol tarkibiy qismlaridan biridir. Oltita bodom turi orasida amigdalin miqdoridagi o'zgarishlar aniqlandi va ularning geoekologik omillar bilan bog'liqligi tahlil qilindi. Amigdalin miqdori juda keng tarqalgan bo'lib, 0,5 dan 9,62 g/100 g gacha bo'lgan. Eng yuqori darajalar Sirdaryo viloyatidagi bodomlarda aniqlandi (5,75–9,62 g/100 g), boshqa mintaqalardagi bodomlarda esa 3,14 dan 5,37 g/100 g gacha bo'lgan. Ba'zi mintaqaviy namunalarda amigdalin deyarli aniqlanmagan. Natijalar *Prunus* spp. yadrolaridagi amigdalin miqdorida sezilarli mintaqaviy farqlarni ko'rsatdi. Ushbu tadqiqot bodom mevalarida amigdalinni ajratib olish va aniqlash uchun samarali usulni taklif qiladi.

Kalit so'zlar: Amigdalin, Yuqori samarali suyuq xromatografiya, atrof-muhit, ekstraktsiya.

Аннотация. Амигдалин, природное соединение, является одним из основных активных компонентов горького миндаля. Были определены вариации содержания амигдалина среди шести видов миндаля и проанализирована их связь с геоэкологическими факторами. Содержание амигдалина сильно варьировалось, составляя от 0,5 до 9,62 г/100 г. Наиболее высокие уровни были обнаружены в миндале из Сырдарьинской области (5,75–9,62 г/100 г), тогда как в миндале из других регионов содержание варьировалось от 3,14 до 5,37 г/100 г. В некоторых региональных образцах амигдалин был практически не обнаружим. Результаты показали значительные региональные различия в содержании амигдалина в ядрах миндаля. Данное исследование предлагает эффективный метод экстракции и определения амигдалина в плодах миндаля.

Ключевые слова: амигдалин, высокоэффективная жидкостная хроматография, окружающая среда, экстракция.

I. Introduction

Amygdalin is a cyanogenic diglucoside found in bitter almond (*Semen Armeniacae Amarum*) and is traditionally used for cough relief. Amygdalin can be hydrolyzed to release hydrogen cyanide (HCN). This stepwise process involves β -glucosidase (amygdalin hydrolase), which hydrolyzes amygdalin into prunasin and glucose. Prunasin further decomposes to mandelonitrile and glucose. Under the action of prunasin hydrolase, prunasin is converted to mandelonitrile, which is finally cleaved by β -mandelonitrile lyase into hydrogen cyanide and benzaldehyde [1].

In addition, certain processing pathways in almonds prevent HCN release and instead convert reduced nitrogen and carbon from the nitrile group into ammonia and carbon dioxide [2]. Modern studies indicate that small amounts of hydrogen cyanide may relieve cough and asthma symptoms. Furthermore, benzaldehyde and hydrogen cyanide have been reported to exhibit potential benefits for cancer patients [3]. However, at high doses, they may cause dizziness, palpitations, headache, nausea, vomiting, and even death [4]. Therefore, the quality of bitter almonds should be assessed based on their cyanogenic glycoside (amygdalin) content.

Although small amounts of cyanide can be detoxified by the human body, acute exposure to high concentrations may lead to severe adverse health effects, including nausea, vomiting, abdominal pain, hypotension, and in extreme cases, death [5].

Previous studies have shown that cyanide derived from amygdalin in Rosaceae species varies considerably. Amygdalin is commonly found in the seeds of *Prunus* species such as apricot, almond, peach, and plum [6]. These seeds may be bitter or sweet and contain different levels of amygdalin; in bitter apricot kernels, hydrocyanic acid concentrations may reach up to 1200 ppm [7]. The measured amygdalin concentration depends on seed type, taste (bitter or sweet), and processing methods (e.g., grinding, peeling, soaking), with processed products generally containing lower levels [8].

II. Materials and methods

2.1. Chemicals

Amygdalin (>99%, Prod. No. A6005-5G, Sigma-Aldrich, Germany) was used as a standard. Acetonitrile and methanol (HPLC grade) were purchased from ACILabsan (Thailand). Ultrapure water was

obtained using a Milli-Q Plus purification system (Millipore, Bedford, MA, USA). All other reagents were of analytical grade.

2.2. Almond Samples

Three batches of almonds were collected from Syrdarya, Jizzakh, and Samarkand regions (2025 harvest). All samples were stored at Gulistan State University.

2.3. Sample Preparation and Extraction

Almonds were boiled in hot water for approximately 10 minutes to facilitate manual removal of the seed coat, yielding blanched almonds. The blanched samples were then roasted with continuous stirring until yellowish in color.

Raw, blanched, and roasted samples were analyzed for amygdalin content. Powdered kernels (2 g) were extracted with 100 mL of 80% aqueous methanol using ultrasonic extraction at room temperature for 30 minutes. The extract was filtered, and the residue was re-extracted twice under the same conditions. Combined extracts were concentrated under reduced pressure to dryness. The residue was dissolved in methanol in a 10 mL volumetric flask for HPLC-DAD analysis. The solution was diluted fivefold prior to HPLC-PDA analysis.

2.4. Preparation of Standard Solutions

Commercial d-amygdalin (5 mg) was dissolved in 5 mL of 80% MeOH/H₂O (v/v) to prepare the stock solution. Working solutions were prepared by appropriate dilution. Sample solutions were filtered through a 0.22 µm syringe filter and degassed for 2 minutes using an ultrasonic bath. A five-point calibration curve was constructed. All prepared solutions were stored at 4°C in the dark until analysis.

2.5. HPLC Instrumentation and Conditions

Analysis was performed using a Shimadzu LC-2030 3D Plus HPLC system equipped with a diode-array detector, autosampler, and column thermostat. Separation was carried out on a Precisely (PerkinElmer) C18 column (4.6 mm × 250 mm, 5 µm) at 40°C.

Mobile phase: Solvent A: methanol Solvent B: water

Gradient: 1–5 min: 15:85 (A:B) 5–10 min: 5:95 (A:B)

Flow rate: 1 mL/min Injection volume: 20 µL

Detection wavelength: 215 nm

III. Results and discussion

3.1. Method Validation

The method was validated for linearity, precision, repeatability, and detection limit (LOD). Linearity was confirmed over the concentration range 0.01–1.03 mg/mL. The regression equation was:

$$f(x) = 1.14835 \times 10^7 x - 95358.6$$

The correlation coefficient ($r = 0.9998$) demonstrated excellent linearity.

Intra-day RSD values were <0.16% for retention time and 0.68% for peak area. Inter-day RSD values were <0.56% and 0.70%, respectively, confirming satisfactory precision.

3.2. Results of Amygdalin Analysis

Amygdalin analysis was performed using a high-performance liquid chromatography (HPLC) system.

The primary objective of this study was to determine the amygdalin content in samples collected from different regions.

The HPLC-PDA chromatogram of the amygdalin standard is presented in Figure 1. Quantitative analysis of amygdalin concentrations in samples from various regions is shown in Figure 2.

The results demonstrated that the amygdalin content in *Prunus* spp. fruits was significantly different across regions. The detected concentrations ranged from 0.8 g/100 g to 9.8 g/100 g, revealing nearly a tenfold variation among samples. Such a broad range indicates pronounced differentiation rather than uniform distribution. This variability can be explained by genotype–environment interactions, agroecological factors, and varietal characteristics.

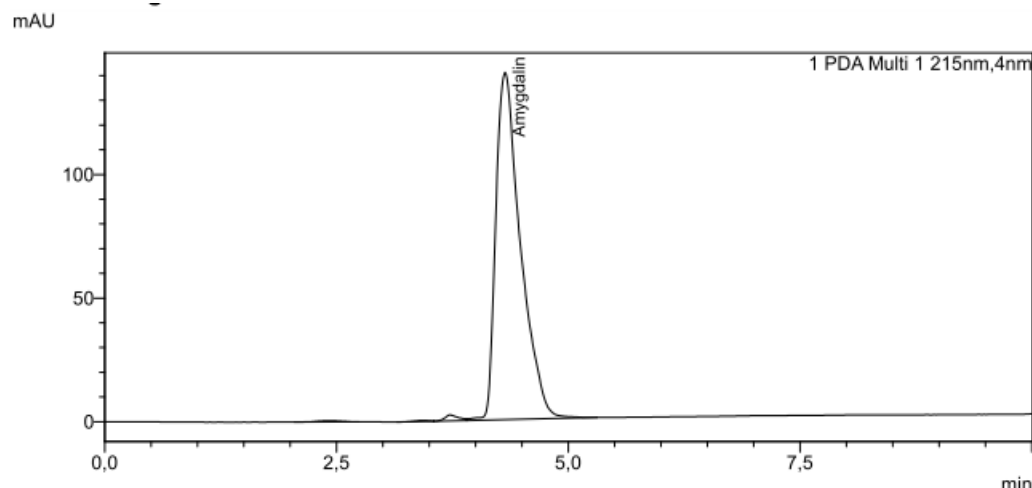


Figure 1. HPLC chromatogram of the amygdalin standard obtained using a Precisely (PerkinElmer) C18 column (4.6 mm × 250 mm, 5 μm). The mobile phase consisted of solvent A (methanol) and solvent B (water) with the following gradient program: 1–5 min, 15:85 (A:B); 5–10 min, 5:95 (A:B). The flow rate was 1 mL/min, and detection was performed at 215 nm. The standard amygdalin (>99%, Prod. No. A6005-5G, Sigma-Aldrich, Germany) was used for analysis.

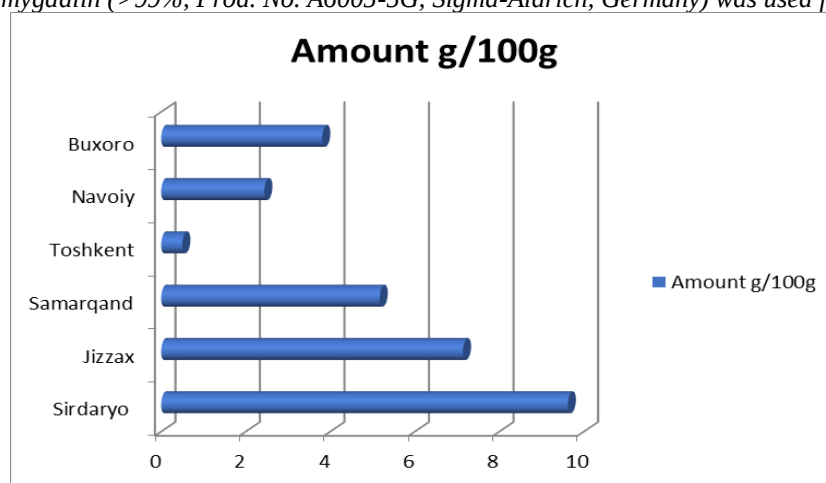


Figure 2. Quantitative analysis results of amygdalin content in bitter almonds collected from different regions of the Republic of Uzbekistan.

The highest values recorded in the Syrdarya and Jizzakh regions (9.8 and 7.1 g/100 g, respectively) suggest intensified biosynthesis of cyanogenic glycosides in these samples. Amygdalin is synthesized via phenylalanine metabolism and functions as a plant defense metabolite. Abiotic stresses—particularly high temperature, water deficit, or soil salinity—may stimulate secondary metabolite production. Therefore, elevated levels may represent an adaptive response to regional agroclimatic conditions.

Moderate concentrations observed in Samarkand and Bukhara (5.0 and 3.5 g/100 g, respectively) indicate the influence of genetic factors as well as agronomic practices such as irrigation regime and fertilization system. Nitrogen fertilizers, in particular, are reported to affect glycoside biosynthesis through the phenylpropanoid pathway. Consequently, further investigation of agro-technical parameters in these regions is recommended.

The lowest value recorded in Tashkent (0.8 g/100 g) likely reflects the predominance of sweet cultivars or selective breeding aimed at reducing cyanogenic components. In sweet almond varieties, amygdalin levels are genetically low due to limited β-glucosidase activity and reduced expression of related genes. From a food safety perspective, this is considered a favorable characteristic.

The regional differences indicate statistically significant variation (analysis of variance would likely show significance at $p < 0.05$). Such differentiation confirms biochemical variability among samples and provides a scientific basis for breeding and agronomic research.

Application of the HPLC method enabled high-precision quantification of amygdalin. The stability of retention time and symmetry of the characteristic amygdalin peak confirmed the selectivity and reproducibility of the method. Minimal interference from matrix components further demonstrates the robustness of the analytical procedure.

Overall, the results indicate that amygdalin content in almond fruits strongly depends on regional, genetic, and environmental factors. High concentrations may pose toxicological risks; therefore, technological control and standardization are necessary during processing of bitter varieties. Conversely, regions with low amygdalin content may serve as promising sources for breeding and industrial cultivation.

Conclusion

In this study, the amygdalin content in *Prunus* spp. fruits was determined using high-performance liquid chromatography (HPLC), and significant regional variations were scientifically substantiated. The detected concentrations ranged from 0.8 to 9.8 g/100 g, representing nearly a tenfold difference among samples. These findings confirm that amygdalin biosynthesis is strongly influenced by genetic factors, varietal characteristics, and agroecological conditions. Regions with high cyanogenic glycoside content require careful food safety and toxicological control. In contrast, samples with low amygdalin levels may serve as promising material for breeding and industrial production. The applied HPLC method proved to be selective, sensitive, and reproducible for quantitative determination of amygdalin, confirming the analytical reliability of the procedure. Thus, the obtained results provide a scientific foundation for monitoring amygdalin content in almond fruits, evaluating regional cultivars, and establishing safety standards. Future research should focus on investigating genotype–environment interactions at the molecular level and developing standardized agronomic recommendations.

References

1. Bennett J.W., Klich M. Mycotoxins // *Clinical Microbiology Reviews*. – 2003. – Vol. 16, №3. – P. 497–516. DOI: 10.1128/CMR.16.3.497-516.2003.
2. Dors G.C., Caldas S., Feddern V., Bemvenuti R., Hackbart H., Souza M., Oliveira M., Garda-Bufferon J., Primel E., Badiale-Furlong E. Aflatoxins: contamination, analysis and control // *Aflatoxins – Biochemistry and Molecular Biology*. – Shanghai: InTech, 2011. – P. 415–438.
3. Gourama H., Bullerman L.B. Detection of molds in foods and feeds: potential rapid and selective methods // *Journal of Food Protection*. – 1995. – Vol. 58, №12. – P. 1389–1394.
4. Hussein H.S., Brasel J.M. Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on human and animals // *Toxicology*. – 2001. – Vol. 167. – P. 101–134.
5. Ayelign A., Woldegiorgis A.Z., Adish A., De Boevre M., Heyndrickx E., De Saeger S. Assessment of aflatoxin exposure among young children in Ethiopia using urinary biomarkers // *Food Additives & Contaminants*. – 2017. – Vol. 34. – P. 1606–1616.
6. Turner P.C., Flannery B., Isitt C., Ali M., Pestka J. The role of biomarkers in evaluating human health concerns from fungal contaminants in food // *Nutrition Research Reviews*. – 2012. – Vol. 25. – P. 162–179.
7. Asai T., Yasuo T., Kiyoshi O., Alejandro P., Yoshito N.C., Toshikazu I., Tomizo O., Kikuo I., Masaharu Y. Aflatoxin contamination of red chili pepper from Bolivia and Peru, countries with high gallbladder cancer incidence rates // *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. – 2012. – Vol. 13, №10. – P. 5167–5170.
8. Turner N.W., Bramhmbhatt H., Szabo-Vezse M., Poma A., Coker R., Piletsky S.A. Analytical methods for determination of mycotoxins // *Analytica Chimica Acta*. – 2015. – Vol. 901. – P. 12–33.
9. Garcia M.C., Gonzalez-Garcia E., Vasquez-Villanueva R., Marina M.L. Apricot and other seed stones: amygdalin content and the potential to obtain antioxidant, angiotensin I converting enzyme inhibitor and hypocholesterolemic peptides // *Food & Function*. – 2016. – Vol. 7. – P. 4693–4701.

Authors:

Tojikulov Abdukhalil Abdujalil ugli - Teacher, Department of Chemistry, Gulistan State University
tojikulov1991@mail.ru

Mamatkulova Moxira Bosimovna - Teacher, Department of Chemistry, Gulistan State University
rasuljongdu@mail.ru

Usmonov Fozil Dilmurod ugli - Second-Year Master's Student, Department of Chemistry, Gulistan State University. fozilusmonov01@gmail.com

Texnika fanlari

UDK 677.21.021.152

EXISTING SEPARATORS USED IN COTTON PROCESSING PROCESSES AND RESEARCH RELATED TO THEIR ANALYSIS

**PAXTANI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIDA FOYDALANILAYOTGAN MAVJUD
SEPARATORLAR VA ULARNI TAHLILIGA OID TADQIQOTLAR**

**ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СУЩЕСТВУЮЩИЕ СЕПАРАТОРЫ И
ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОСВЯЩЁННЫЕ ИХ АНАЛИЗУ**

**Xodjiyev Muksin Tadjiyevich, Eshmurodov Dilmurod Dushmanov o'g'li,
Kuziyev Bekzod Nasriddinovich, Toshqulov Iskandar Isroil o'g'li**

Giliston davlat universiteti, 120100, Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, 4-mavze

E-mail: m.xojiyev@titli.uz, eshmurodovdilmurod1993@gmail.com

Annotation. The article covers a detailed analysis of the performance of separators used to separate cotton from the airflow, their design features, and existing shortcomings. Specifically, it substantiates the uneven distribution of cotton flow along the working length of the vacuum valve in the CC-15A and CX separators, resulting in instances of mechanical damage to the seeds, fiber breakage, and loss. It is also shown that high aerodynamic drag during separation leads to increased energy consumption. In order to preserve the native properties of cotton and improve process efficiency, several design improvements have been developed. Specifically, it is possible to reduce the cotton flow speed and evenly distribute it across the vacuum valve using a special guide device installed at the entrance to the separation chamber. The proposed solution prevents direct impact of cotton on the rear wall, reducing seed damage and maintaining fiber quality. The research results are significant for the implementation of resource-saving and efficient technologies in cotton ginning plants.

Key words: cotton, separator, separation of cotton from air, pneumatic transport, vacuum valve, mesh surface, cotton fiber, seed damage, fiber loss, aerodynamic resistance, energy consumption, technological process, improved design, guide device.

Аннотация. В данной статье выполнен подробный анализ эффективности работы сепараторов, применяемых в процессе отделения хлопка от воздушного потока, их конструктивные особенности и имеющиеся недостатки. В частности, обосновано неравномерное распределение потока хлопка по рабочей длине вакуумного клапана в сепараторах СС-15А и СХ, в результате чего происходят случаи механического повреждения семян, обрыва и потерь волокон. Также показано, что высокое аэродинамическое сопротивление в процессе сепарации является причиной увеличения энергопотребления. Для сохранения природных свойств хлопка и повышения эффективности технологического процесса разработаны направления совершенствования конструкции сепаратора. В частности, создана возможность снижения скорости потока хлопка и его равномерного распределения на вакуумном клапане с помощью специального направляющего устройства, установленного на входе в камеру разделения. Предложенное решение предотвращает прямое ударение хлопка о заднюю стенку, уменьшая повреждение семян и сохраняя качество волокон. Результаты исследования имеют значимость для внедрения ресурсосберегающих и эффективных технологий на хлопкоочистительных предприятиях.

Ключевые слова: хлопок, сепаратор, отделение хлопка от воздуха, пневмотранспорт, вакуумный клапан, сетчатая поверхность, хлопковое волокно, повреждение семян, потеря волокон, аэродинамическое сопротивление, энергопотребление, технологический процесс, усовершенствованная конструкция, направляющее устройство.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Kirish. Dunyo miqyosida zamonaviy ilmiy hamda ilmiy-texnik ma'lumotlar hajmining jadal o'sib borayotgan rivojlanish sharoitlarida ishlab-chiqarish tarmoqlari bilan birgalikda paxta tozalash korxonalarini ham yangi texnika va texnologiyalar bilan qayta jihozlashga alohida e'tibor berish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunda chiqindisiz texnologiyalarni yaratish asosiy vazifalardan hisoblanadi [1].

O'zbekistonda paxtani dastlabki ishlashda mehnat hamda energiya sarfini kamaytirish, paxta tozalash korxonalarini modernizatsiya qilish, texnik qayta jihozlash, resurstejamkor texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda.

Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, mahalliy xomashyolardan samarali va to'liq foydalanish va yuqori, qo'shimcha qiymatli, raqobatbardosh, sifatli to'qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqarish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Paxtani qayta ishlash jarayonida paxta xom-ashyosini nobudgarchilikka yo'l qo'ymaslik hamda uning tabiiy xususiyatlarini saqlash eng dolzarb muammo hisoblanib, asosiy maqsadga erishishda paxtani teng taqsimlovchi texnologiyani yaratish muhim hisoblanadi.

Paxta havotransporti qurilmasining samaradorligi separatorning ishlash ko'rsatkichlariga ko'p tomonlama bog'liq hisoblanadi.

Maqolada paxtani havodan ajratish jarayonida qo'llaniladigan separatorlarni takomillashtirish maqsadida o'tkazilgan ilmiy va amaliy tadqiqotlarni tahlil etish va shu asosda texnologik jarayonni takomillashtirishga qaratilgan yo'nalishlarni aniqlab olishdir.

Tadqiqot ob'ekti va qo'llanilgan metodlar

Tadqiqot ob'ekti sifatida paxtani tabiiy ko'rsatkichlarini saqlagan holda, uni havo oqimidan ajratib olish va havo qurilmasining bosimini minimal yo'qotishlar bilan bir maromda ishlashini ta'minlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida olingan va e'lon qilingan ma'lumotlar xizmat qildi. Maqolani tayyorlashda taxlillashtirish, umumlashtirish va tanqidiy baholash usullaridan foydalanildi.

Ma'lumotlarni taxliliy ko'rib chiqish

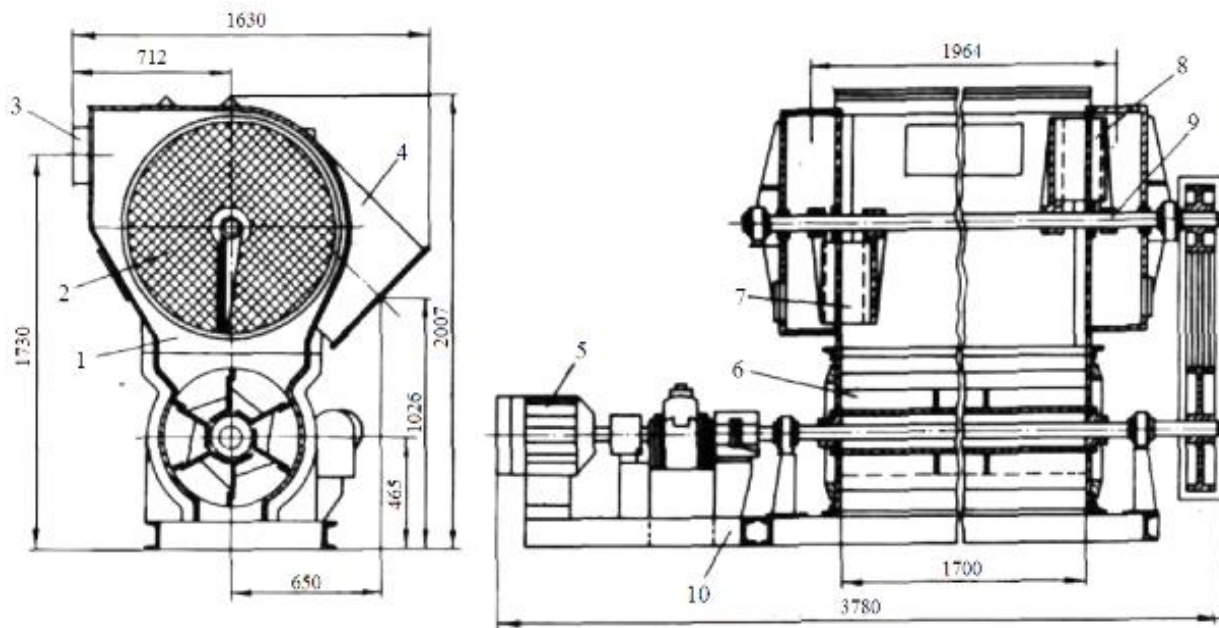
Ma'lumki separatorga qo'yiladigan asosiy talablar bu paxtani tabiiy ko'rsatkichlarini saqlagan holda, uni havo oqimidan ajratib olish va havo qurilmasining bosimini minimal yo'qotishlar bilan bir maromda ishlashini ta'minlashdir. Ayniqsa, paxta oqimini bir me'yorda vakuum-klapanga uzatishdir.

Ishlash davomida paxta va havo aralashmasi kirish trubasi orqali separatsion kameraga kiradi. Kamera hajmi katta bo'lganligi uchun undagi oqim tezligi keskin pasayadi. Paxtaning asosiy qismi inertsia kuchi bo'yicha harakatlanishni davom ettirib, orqa devorga o'tadi, uning yuzasidan sirpanib vakuum - klapaning parraklari yordamida chiqib ketadi, qolgan miqdordagi qismi to'rli yuzaga kelib uriladi. Paxta to'r yuzasidan elastik qirg'ichlar yordamida ajratilib, ular ham vakuum-klapanga tushiriladi. Vakuum - klapanga tushayotgan paxtaning harakat qonuniyati hamda vakuum-klapaning ishchi uzunligi bo'yicha paxtaning taqsimlanishi to'liq o'rganilmagan. Bundan tashqari separator ishchi qismlari bo'yicha paxtani harakati xam o'rganilmagan.

Afsuski, SS-15A separatorida kameraga kirayotgan paxtaning aksariyat miqdori ikki yon tomondagi havo surish yo'naltirgichlaridagi so'ruvchi kuch yordamida to'rli sirlarga yopishib, so'ngra qirg'ichlar yordamida sidirib olinadi. Albatta, bunday holatda paxtaning vakuum - klapan ishchi uzunligi bo'yicha teng taqsimlanishi haqida fikr yuritish noto'g'ridir. Bunday holat vakuum-klapaning rezinali parraklarini notekis eyilishiga olib kelmoqda. Paxta bo'lagi qirg'ich yordamida tozalanib, ular ham vakuum - klapanga tushiriladi.

Tozalash vaqtida paxta bo'lagi qirg'ich va to'rli yuza orasida siqilib qolish natijasida chigitning sinishi va paxta tolasining chigitdan ajralishi, ya'ni «yolg'on» jinlanishi kuzatiladi, bu esa erkin tolaning paydo bo'lib, yo'qotilishiga olib keladi. Shunday qilib, SS-15A separatorida paxtaning havo oqimidan ajratish texnologik jarayonida uning tabiiy xususiyatlarini yomonlashuvi va tola miqdorining yo'qotilishiga sabab bo'ladi.

Separator yordamida paxtani qayta ko'chirishda tola yo'qotilishlari yuqori navlarda o'rtacha 0,0285 % va past navlarda o'rtacha 0,052 % ni tashkil etadi. Keyingi qayta uzatishlarda yo'qotishlar taxminan bir xil miqdorga oshadi [1].



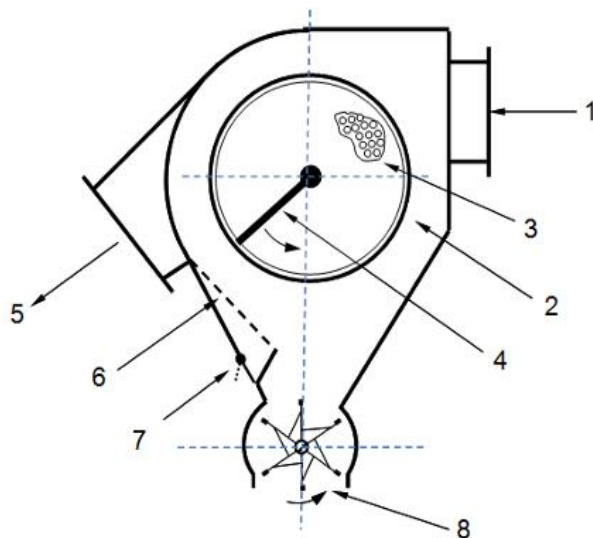
1-rasm. SS-15A separatorning umumiy ko'rinish sxemasi.

1-kamera; 2-to'rtli yuza; 3- paxta bilan havo kiradigan quvur; 4-kirish va chiqish quvuri; 5-elektroyuritma; 6-vakuum-klapan; 7-qirg'ichlar; 8-qirg'ich-tozalagich; 9-val; 10-rama;

Bugungi kunda olib borilgan ilmiy izlanishlar shuni ko'rsatadiki, paxtaning sanoat navlari bo'yicha tolaning yo'qotilish sabablari aniq ko'rsatib berilgani yo'q. Havoyurilmasining maksimal ishlash jarayonida yoki yuqori namlikda paxtani ko'chirishda, ba'zan to'rtli yuzaga ma'lum miqdordagi paxta yopishib qolib, elastik qirg'ich to'rtli yuzani samarali tozalay olmaydi, natijada tiqilib qolish holati hosil bo'ladi. Tiqilib qolish qirg'ichning eyilib ketishi va egilib ishga yaramay qolishidan ham hosil bo'ladi. Bir qator izlanuvchilar SS-15A separatorining ajratish uskunasi o'zgartirib separatsiyalash texnologik jarayonining takomillashtirishni zamonaviy usullarini tavsiya etganlar.

Shuni aytish mumkinki, SS-15A separatori katta aerodinamik qarshilikka ega. Havoning sarfi 5-6 m³/s bo'lganda (bu ko'rsatkich paxta tozalash korxonasida havoyurilmasining normal ishlash sharoitiga mos keladi), bosim yo'qotilishi 1180-1370 Pa ni tashkil etadi.

Separatorida ko'p miqdorda bosimning yo'qotilishi, oqim qismi kesimining va havo harakati yo'nalishining o'zgarishi asosida ifodalanadi. Paxta tozalash korxonasida SS-15A separatorining havotransporti qurilmalari tizimiga ulanishi havo chiqarish moslamalari kollektor va keyinchalik havo quvuri bilan trubka orqali ulanadi. Bunda tajriba natijalari bo'yicha havoning sarfi 6,1 m³/s bo'lganda, separatorning aerodinamik qarshiligi 1610 Pa ni tashkil etadi. Shu sababli, ventilyator uzatayotgan bosimning ko'p qismi SS-15A separatorining qarshiligini engishga sarf bo'ladi, bu esa o'z navbatida havotransporti uskunasi ishlash radiusini kamaytiradi. Shuning uchun ham uzoq masofadagi g'aramlardan paxtani ishlab chiqarishga uzatishda havotransporti tizimiga qayta uzatish qurilmalari o'rnatiladi. Bu esa ortiqcha energiya sarfini oshishiga, natijada xarajatlarni ko'payishiga sabab bo'ladi.



3-rasm. Kichik tozalovchi kamerali separator

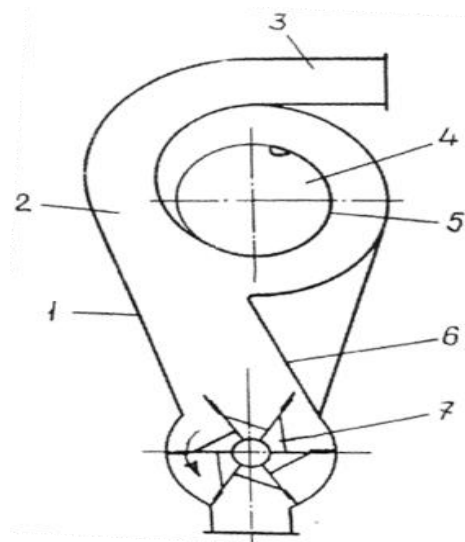
1-kirish quvuri; 2-ishchi kamera; 3-to'rli sirt; 4-sidirgich;
 5-havo chiqish quvuri; 6-qiya to'rli yuza; 7-qopqoq; 8-vakuum klapan

R.Murodov tomonidan takomillashtirilgan qo'shimcha havo kanalli spiralsimon tuzilishdagi separator bo'lib, u chiqarish trubasi bilan teshiklar shaklidagi gorizontall tekislikka nisbatan $20-25^\circ$ burchak ostida qiya o'rnatilgan kirish trubasi bilan ulangan [3]. U quyidagicha ishlaydi: paxta havo oqimi bilan patrubka orqali separatsion kameralga keladi va inertsia kuchi bilan patrubka devoriga qisiladi, shundan so'ng o'z og'irligiga va markazdan qochirma kuch ta'sirida devor hamda vakuum-klapan orqali kerakli joyga uzatiladi. Havo spiralsimon plastinka orqali so'rish patrubkasiga uzatilib, undan oqim tomon yo'naladi. Ayrim paxta bo'laklari qiyshik devorga urilib, vakuum-klapan tomon yo'naladi.

Havo separatorida paxtaning havo oqimidan etarli darajada samarali ajralishi amalga oshadi. Biroq to'la separatsiyaga erishilmay paxta bo'laklarining chiqindiga chiqib ketishi ham kuzatiladi.

SX rusumli separatorni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, paxtani havodan ajratish jarayonida tola yo'qotiladi, ya'ni yuqori navlar uchun $0,23 \text{ kgG'soatga}$, past navlar uchun $0,83 \text{ kgG'soat ga}$ kamayadi.

Tsilindrsimon to'rli yuza va ajratish barabani, ajratish kamerasidan belgilangan masofada (70-100 mm) o'rnatilgan.

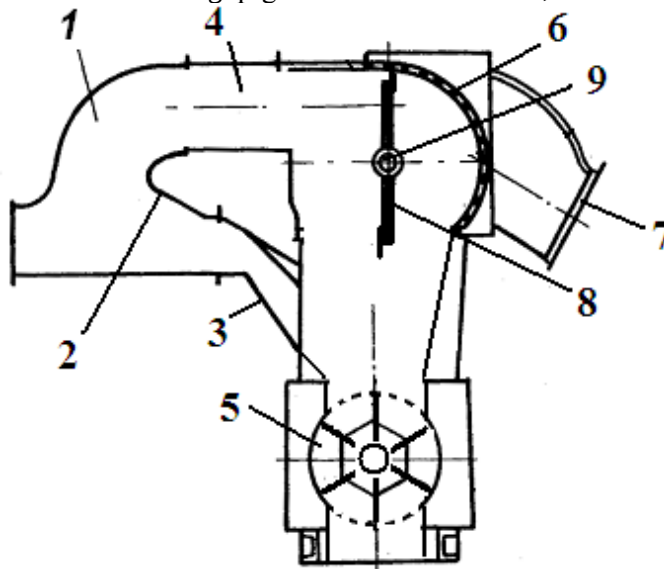


4-rasm. Spiralsimon tuzilishdagi separatorning umumiy ko'rinishi.

1-devor; 2-kamera; 3- paxta bilan havo kiradigan quvur; 4-havo chiqadigan quvur; 5-spiralsimon plastinka; 6-qo'zg'almas devor; 7-vakuum - klapan.

Ajratish barabani qirg'ichlarining havodan ajratiluvchi paxta bilan yaxshi aloqada bo'lishi, ajratuvchi kamerada paxtaning yig'ilib qolishiga yo'l ko'ymaydi. SX rusumli separatorning ishlash printsipi pnevmatik separatorning ishlash printsipiga asoslangan [4].

Havo oqimi ajratuvchi kameraga kirgan paxtaning asosiy qismi qaytaruvchi devorga urilishi natijasida havo oqimidan ajralib, o'z inertsiasini bilan to'g'ridan-to'g'ri vakuum-klapanga tushadi. Paxtaning bir qismi ventilyator yordamida to'rt yuz orqali so'rilayotgan havo oqimi bilan birga harakatlanib tsilindrsimon to'rt yuzada turib qoladi va ajratuvchi barabanning qirg'ichlari bilan tozalanib, vakuum-klapanga tashlab yuboriladi.



5-rasm. SX separatorining umumiy ko'rinishi sxemasi.

1-ajratish kamerasi; 2-qaytaruvchi devor; 3-inertsion ajratish uchastkasi; 4- paxta bilan havo kiradigan muhit; 5-vakuum - klapan; 6-to'rt yuz; 7-qiruvchi va chiquvchi potruboklar; 8-qirg'ich; 9- ajratish vali.

SX rusumli separatorni qo'llash tufayli paxtaning tsilindrsimon to'rt yuzaga bevosita borib tushishiga yo'l qo'yilmaydi.

Bu xolatda paxtaning chigallanishi va chigit shikastlanishining kamayishiga erishiladi. To'rt yuza tekisligi har doim toza turadi va bu bilan separatorning aerodinamik qarshiligi doimiy ta'minlanib turiladi.

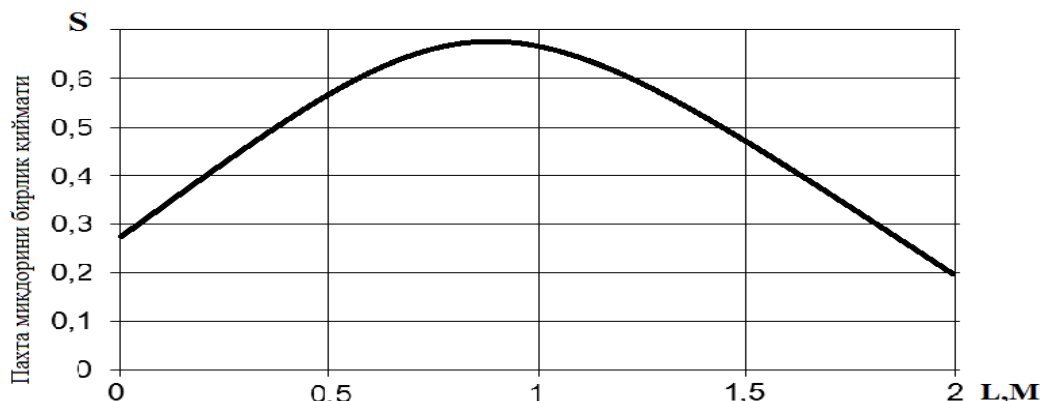
Separatorning yana bir afzallik tomoni shundaki, unga energiya kam sarflanadi.

Shunday qilib, paxtani pnevmatik ko'chirishning texnika va texnologiyasi zamonaviy holatining tankidiy tahlili va adabiyotlarning mazmunini ko'rib chiqish shuni ko'rsatdiki, bu xususdagi masalalar hali to'la echimini topmagan bo'lib, takomillashtirishni talab qiladi.

Xuddi SS-15A separatorida o'tkazilgani kabi SX separatorida ham paxta oqimini vakuum-klapan ishchi uzunligi bo'yicha teng taqsimlanish holati o'rganilgan.

Ushbu tajribani o'tkazishda ham Sulton seleksion navining I, II hamda III-sanoat navidan foydalanildi. Olingan natijalar grafik ko'rinishida 6-rasmda keltirilgan.

Olingan grafikdan ko'rinib turibdiki, haqiqatdan ham SX separatorida, paxta oqimining vakuum-klapan ishchi uzunligi bo'yicha taqsimlanishi notekis bo'lib, undagi holat SS-15A separatoriga nisbatan aksincha, ya'ni ikki yon tomonda paxta miqdorining kamayishi, o'rta qismida esa uni ko'payishi kuzatiladi. Har ikkala holatda ham vakuum-klapan ishchi uzunligi bo'yicha teng taqsimlanishi ro'y bermaydi. Bu esa, albatta, chigitni mexanik shikastlanishiga, erkin tolaning ko'payishiga sabab bo'lmoqda.



6-rasm. Vakuum – klapan ishchi uzunligi bo'yicha paxta oqimining taqsimlanishi.

Hozirgi kunda SS-15A hamda SX separatorlari keng ko'lamda ishlatiladi. Ishlash davomida paxta va havo aralashmasi kirish trubasi orqali separatsion kameraga kiradi. Kamera hajmi katta bo'lganligi uchun undagi oqim tezligi keskin pasayadi. Paxta yoki tolani asosiy qismi inertsiya kuchi bo'yicha harakatlanishni davom ettirib, orqa devorga o'tadi, uning yuzasidan sirpanib vakuum-klapanni parraklari yordamida chiqib ketadi, qolgan miqdordagi qismi to'rtli yuzaga kelib uriladi. Paxta yoki tolani to'rtli yuzadan elastik qirg'ichlar yordamida ajratilib, ular ham vakuum-klapanga tushiriladi. To'rtli yuzadan o'tib ketayotgan chiqindilar bo'yicha izlanishlar to'liq olib borilmagan.

Izolyatsion tipdagi qirg'ich konstruksiyasi kirish hududidan oldin bo'shliq hududi hosil qiladi. Bo'shliq hududida havoni so'rish va uni bosim kuchi 0 ga teng bo'lib, paxtani to'rtli yuzaga bosuvchi kuch miqdori 0 ga teng bo'ladi [5].

Ushbu kuchning nolga teng bo'lishi tola bilan to'rtli yuza orasidagi F_2 ishkalanish kuchini kamaytiradi. Bu esa o'z holidan paxtani to'rtli yuzadan ajratish kuchi bo'lgan F_1 kuchini kamaytirishga olib keladi.

Separator quyidagicha ishlaydi: chigitli paxta kiruvchi patrubok orqali havo oqimi bilan birga ajratish kamerasiga kiradi. Asosiy paxta miqdori ajratish kamerasiga kirgan zahoti o'z tezligini kamaytirish hisobiga vakuum-klapanga yo'naltiriladi va vakuum - klapan yordamida separatoridan chiqarib yuboriladi.

Qolgan paxta miqdori esa havo oqimi bilan birgalikda to'rtli yuzaga qarab harakatlanadi va unga havo kuchi yordamida yopishib qoladi. Yopishgan paxtalarni izolyatsion tipdagi qirg'ich yordamida to'rtli yuzadan ajratib olinadi va u vakuum - klapanga uzatiladi. To'rtli yuzadan paxtani ajratish mobaynida avval yopishgan paxtaga ta'sir etayotgan havo kuchining ta'siri yo'qoladi.

Lekin ushbu konstruksiya o'zini nisbatan originalligiga qaramay bir qator kamchiliklarga ega. Asosiy kamchilik bari-bir paxta separator ishchi kamerasiga kirgandan so'ng to'rtli yuzaga to'qnash kelishi uchun yaratilishida. Bu albatta paxtani to'rtli yuzaga urilishi jarayonida, zarba natijasida tola zarrachalari albatta to'rtli yuza teshiklaridan o'tib, unga mahkam o'rnatilgan olinishida.

Albatta, to'rtli yuza orqa qismida o'rnatilgan izolyatsion kamera o'rnatilgan tola zarrachalarini to'liq ajralib ketishiga yo'l qo'ymaydi.

SS-15A separatorini takomillashtirish quyidagi yo'nalishda amalga oshirildi:

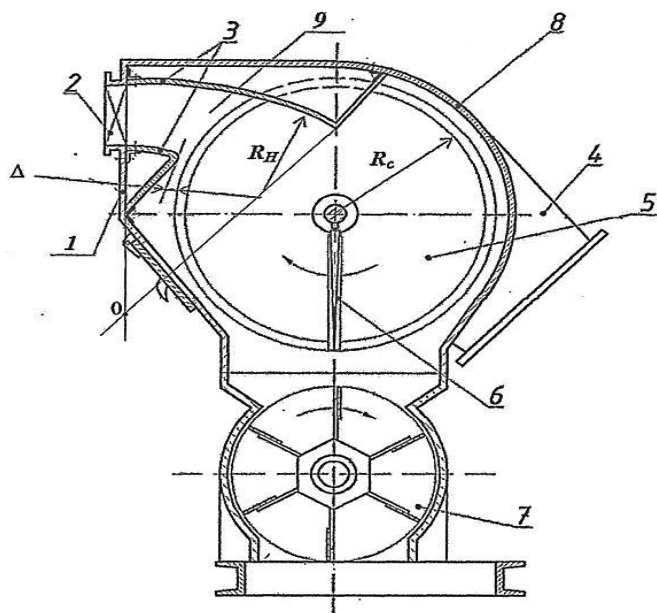
Separatorlarni kirish qismida paxta qatlami uning to'g'ri orqa devoriga katta tezlikda borib urilmasligi va vakuum-klapanning ishchi uzunliklari bo'yicha teng taqsimlanib, vakuum-klapanga tushayotgan paxtani tabiiy xususiyatlarini saqlash asosiy maqsad qilib olindi. Hozirgi holatda paxta massasini separator orqa devoriga kuch bilan urilishiga sabab bo'lib, buni natijasida chigitni mexanik oshishi ro'y beradi. Bu esa chigitlarning mexanik shikastlanishiga, separator orqa devorini tez eyilishiga va separatorning ishlash davomiyligini kamayishiga olib keladigan kamchiliklardan hisoblanadi.

Tavsiya etilgan takomillashtirilgan separatorning maqsadi -paxtaning tabiiy xususiyatlarini saqlash va uning ishlash muddatini sezilarli darajada uzaytirish uchun separator konstruksiyasiga yangi yo'naltirgich moslamasini qo'llashni taqozo qiladi. Separatorida havo ajratuvchi kameraning ichkarisidagi kirish qismiga o'rnatilgan qurilma bilan to'ldirish orqali uskunaning mustahkamligini ta'minlash uchun metall listdan yasalgan yo'naltirgich o'rnatilgan.

Ushbu qurilmaning mohiyati shundan iboratki, separatorning ajratish kamerasi ichiga o'rnatilgan yo'naltirgich bilan jihozlangan bo'lib, bu uzatib berilayotgan paxta xomashyosi yo'nalishini o'zgartirishga imkon beradi. Paxta xomashyosi ajratish kamerasiga kirish hududiga quvur orqali uzatilganda, o'rnatilgan yo'naltirgich bizga paxta xomashyosi yo'nalishini separatorning orqa devoriga emas, balki paxta xomashyosining kuchaygan o'rash hududiga, ya'ni to'rli yuzaning markaziy qismiga, ya'ni vakuum-klapanga o'zgartirishga imkon beradi.

Paxta separatori separatsion kameraga ega bo'lib, uning ishchi qismida qirg'ichlarga ega bo'lgan to'rli yuza joylashgan, kameraning pastki qismida rezinali vakuum-klapan joylashgan. Separator kamerasining kirishida yo'naltirgich o'rnatilgan. Bunda yo'naltirgich qalinligi δ q 2 mm keladigan metall listdan tayyorlangan hamda o'z o'qi atrofida tebranadigan qilib o'rnatilgan. Undan tashqari, yo'naltirgichning kirib kelayotgan paxta harakatlanishining markaziga nisbatan aylanish burchagi α q $25^\circ \div 35^\circ$ ni tashkil qiladi [6].

7-rasmda Takomillashtirilgan yo'naltirgichli separatorning ko'ndalang qirqimi ko'rsatilgan.



7-rasm. Separatorning ko'ndalang qirqim ko'rinishi.

Separator quyidagicha ishlaydi: paxta kiruvchi patrubok orqali havo oqimi bilan birga ajratish kamerasiga kiradi. Asosiy paxta miqdori ajratish kamerasiga kirganda yo'naltirgich orqali o'z tezligini kamaytirgan holda qirg'ichga yo'naltiradi va vakuum-klapan yordamida separatoridan chiqarib yuboriladi. Qolgan paxta miqdori 30-40% i esa havo oqimi bilan birgalikda to'rli yuzaga qarab harakatlanadi. Ushbu holatda patrubkadan so'ng o'rnatiladigan og'ish burchagi 25° gradusli yo'naltirgich orqali asosiy paxta massasini vakuum-klapanga yo'naltiriladi, natijada uni tezligi 30-35 % ga kamayishi natijasida chigitni mexanik shikastlanishi kamayadi, to'g'ri devorning edirilishini oldi olinadi va vakuum-klapan bo'yicha paxtani taqsimlanishi yaxshilanadi. Kirish quvuridan kirayotgan paxta oqimi yo'naltirgichga kelib uriladi. Zarba qattiq bo'lmasligi uchun yo'naltirgich oqim bo'yicha yoysimon shaklda tayyorlangan bo'lib, paxta oqimini separatorning orqa devoriga to'g'ridan-to'g'ri urilishini oldi olinadi.

Ushbu takomillashtirilgan separatora ham yo'naltiruvchi konstruktsiya metall materialdan tayyorlangan. Natijada, havo oqimi orqali yuqori tezlikda harakatlanayotgan paxta xom ashyosi mazkur qurilma elementlariga urilishi oqibatida uning tabiiy xususiyatlari (chigitning mexanik shikastlanishi) qisman buzilmoqda. Bu esa paxtani keyingi qayta ishlash bosqichlarida mahsulot sifatining pasayishiga olib kelishi mumkin.

Shu munosabat bilan, hozirgi kunda paxtaning tabiiy xususiyatlarini maksimal darajada saqlab qolishni ta'minlaydigan, zarba ta'sirini kamaytiruvchi hamda konstruktiv jihatdan takomillashtirilgan separator uskunalari ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish dolzarb ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Xulosa. Paxtani havodan ajratish jarayonida qo'llaniladigan separatorlarni takomillashtirish maqsadida o'tkazilgan ilmiy va amaliy tadqiqotlarning tahlili asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, paxtaning tabiiy xususiyatlariga salbiy ta'sir etuvchi asosiy omillardan biri bu tarmoqda o'rnatilgan separatorlar va uning texnologik jarayoni ekanligi aniqlandi.

2. Separatorlarni takomillashtirish bosqichida to'rtli yuza bilan paxta orasida bog'lanish maksimal ravishda saqlanib kelayotganligi uning tabiiy xususiyatlarini salbiy tomonga oshishiga olib kelmoqda.

3. Paxtani havo oqimidan ajratib olish jarayonida paxta oqimini to'planib qolishi asosida tolani uzilishi hamda chigitni mexanik shikastlanishi ro'y bermoqda. Ushbu jarayonni nazariy hamda amaliy tomondan o'rganish zarurati dolzarb hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Navruzov N. A., Eshmurodov D. D., Yakubov K. N., & Abdumajidov A. INFLUENCE OF COTTON STRUCTURE ON GIN PERFORMANCE. Universum: Technical science, 2022.(7-2 (100))-P. 35-38.
2. Khodjiev M. T., Eshmurodov D. D., and Ortiqova D. A. "Study on the development of improved routing technology of CC-15A cotton separator." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science , 2021.Vol. 939. No. 1. IOP Publishing.
3. Eshmurodov D.D., Abbasov I.Z., Xaitbayev X.X. Researches to improve the CC-15A separator // Materials of the XV international scientific and practical conference. "Conduct of modern science" November 30 – December 7, 2019. Volume 13. England-2019. - P.94-96.
4. Патент UZ № FAP 01396. Чититли пхтх сепаратори / Хожиев М.Т., Усманов Х.С., Тангиров А.Э., Останакулов М.А., Усманов З.С., Эшмуродов Д.Д. // Расмий ахборотнома. – 2019. № 7. 122-123- б.
5. Xodjiev M.T., Murodov O.Dj., Eshmurodov D.D., Eshnazarov D.A. (2020). Tests in isolation chambers of an improved separator./ In the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering/ 2020.volume 862, № 3, p. 032025. Publishing house IOP.
6. Khaitboev X., Khodjiev M.T., Eshmurodov D.D. Theory analysis of cotton on the separation by air convey // Техника ва технологияларни модернизациялаш шароитида иктидорли ёшларнинг инновацион фойлари ва ишланмалари. -Илмий – амалий анжуман I-қисм. 12-13 декабр. Тошкент 2017.- 60-62 б.

Mualliflar:

Xodjiyev Muksin Tadjievich - Guliston davlat universiteti rektori, t.f.d., professor. E-mail: m.xojiyev@titli.uz.

Eshmurodov Dilmurod Dushmanovich o'g'li - Guliston davlat universiteti ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektori, t.f.f.d., dotsent. E-mail: eshmurodovdilmurod1993@gmail.com

Kuziyev Bekzod Nasriddinovich – Guliston davlat universiteti Axborot texnologiyalari va fizika-matematika fakulteti yoshlar bilan ishlash bo'yicha dekan o'rinbosari, t.f.f.d., E-mail: bekzod89kuziyev@gmail.com,

Toshqulov Iskandar Isroil o'g'li - Guliston davlat universiteti, Ishlab chiqarish texnologiyalari fakulteti tyutori.

UDK 631.313.1

EFFECT OF ROLLER WEDGE-SECTION HEIGHT ON THE PERFORMANCE OF A WEDGE-SHAPED ROLLER-LEVELER

PONASIMON G'ALTAKMOLALI MOLA-TEKISLAGICH G'ALTAKMOLA PONASIMON QISMINING
BALANDLIGINI MOLA-TEKISLAGICHNING ISH KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRI

ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ КЛИНОВИДНОЙ ЧАСТИ КАТКА НА РАБОЧИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КЛИНОВИДНОГО КАТКОВО-ВЫРАВНИВАТЕЛЯ

Xudayberdiyev Ikram Akramovich

Guliston davlat universiteti.120100.Sirdaryo viloyati, Guliston shahar,

e-mail: ikram.hudoyberdiyev@gmail.com

Abstract. The article analyzes the issues of ensuring the required operating quality of the developed wedge-shaped roller-leveler with minimal energy consumption. Based on the obtained results, it was determined that the height of the wedge-shaped section of the roller should be 50 mm to achieve low energy

consumption. During the experiments, the height of the wedge roller's wedge-shaped section was varied in the range from 30 mm to 60 mm with a 10 mm increment.

Keywords. Wedge-shaped roller-leveler, height of the wedge-shaped section of the wedge roller, soil crumbling degree, soil density, specific draft resistance of the leveler, operating speed.

Annotatsiya. Maqolada ishlab chiqilgan ponasimon g'altakmolali mola-tekislagichning talablar darajasidagi ish sifatini kam energiya sarflagan holda ta'minlash masalalari tahlil qilingan. Olingan natijalar kam energiya sarflash uchun g'altakmolasi ponasimon qismining balandligi 50 mm bo'lishi lozimligi aniqlandi. Tajribalarda ponasimon g'altakmolali mola-tekislagich g'altakmolasi ponasimon qismining balandligi 30 mm dan 60 mm gacha bo'lgan oraliqda 10 mm farq bilan o'zgartirildi.

Tayanch so'zlar. Ponasimon g'altakmolali mola-tekislagich, ponasimon g'altakmola ponasimon qismining balandligi, tuproqning uvalanish darajasi, tuproqning zichligi, mola-tekislagichning tortishga solishtirma qarshiligi, harakat tezligi.

Аннотация. В статье проанализированы вопросы обеспечения требуемого качества работы разработанного клиновидного катково-выравнивателя при минимальных энергозатратах. На основе полученных результатов установлено, что для снижения энергоемкости процесса высота клиновидной части катка должна составлять 50 мм. В ходе экспериментов высота клиновидной части катка клиновидного катково-выравнивателя изменялась в диапазоне от 30 мм до 60 мм с интервалом в 10 мм.

Ключевые слова. Клиновидный катково-выравнивающий мола -выравниватель, высота клиновидной части клиновидного катка, степень крошения почвы, плотность почвы, удельное тяговое сопротивление выравнивателя, скорость движения.

Kirish. Mavjud g'altakmolali mola-tekislagichlarda tuproqni zichlash uchun tekis silindrik sirtli g'altakmolalar qo'llanilgan [1,2]. Ammo ular tuproqni pastki qatlamlarini yetarli darajada zichlamaydi [3-7]. Bundan tashqari tuproqni talablar darajasida zichlash uchun tekis silindrik sirtli g'altakmolalarga katta tik yuklanish berilishi talab etiladi va bu ularning metall-energiyahajmdorligini ortishiga olib keladi. Ushbu ta'kidlanganlardan kelib chiqib, biz tomonimizdan g'altakmolasi ponasimon ishchi sirtga ega bo'lgan mola-tekislagich ishlab chiqildi. U osish qurilmasi bilan jihozlangan rama 1 va uning old qismiga o'rnatilgan tekislagich 2 va orqa qismiga o'rnatilgan ishchi sirti ponasimon ko'rinishdagi g'altakmola (keyingi o'rinlarda ponasimon g'altakmola) 3 dan tashkil topgan (1-rasm).

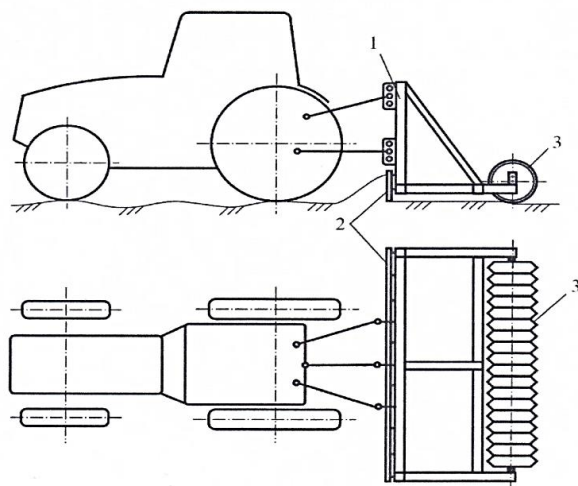
Ish jarayonida ishlab chiqilgan g'altakmolali mola-tekislagichning tekislagichi dala yuzasidagi notekisliklarni tekislaydi, ponasimon g'altakmolasi esa ushbu tekislangan yuza tuproqini talablar darajasida zichlaydi va kesaklarni maydalaydi. Bunda g'altakmolaning ponasimon qismi tuproqqa chuqur botib, uning pastki qismini samarali zichlaydi. Bundan tashqari ponasimon g'altakmolani tuproqqa botirish uchun kam tik yuklanish talab etiladi hamda u qattiq kesaklarni ponasimon qismi bilan talablar darajasida maydalaydi.

Ushbu maqolada ishlab chiqilgan mola-tekislagich g'altakmolasi ponasimon qismining balandligini uning ish ko'rsatkichlariga ta'sirini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tajribaviy tadqiqotlarning natijalari keltirilgan.

Tadqiqot obyekti va usullari

Tadqiqot obyekti bo'lib, ponasimon g'altakmolali mola-tekislagichning texnologik ish jarayoni va uning ponasimon qismining balandligi o'zgaruvchan bo'lgan (30 mm dan 60 mm gacha) ponasimon ishchi sirtli g'altakmolasi xizmat qildi. Tajribaviy tadqiqotlar O'z DSt 3193:2017 va O'z DSt 3412:2019 me'yoriy hujjatlari asosida o'tkazildi. Bunda baholash mezonini sifatida tuproqning uvalanish sifati, zichligi hamda mola-tekislagichning tortishga solishtirma qarshiligi qabul qilindi.

Tajribalarda ponasimon g'altakmolali mola-tekislagich g'altakmolasi ponasimon qismining balandligi 30 mm dan 60 mm gacha bo'lgan oraliqda 10 mm farq bilan o'zgartirildi. Bunda g'altakmolaning diametri 350 mm, o'tkirlanish burchagi 80° hamda g'altakmolaga ta'sir etuvchi solishtirma tik yuklanish 2,14 kN/m qiymatida doimiy deb qabul qilindi. Tajribalar davomida agregatning harakat tezligi 6 va 9 km/h ni tashkil etdi.

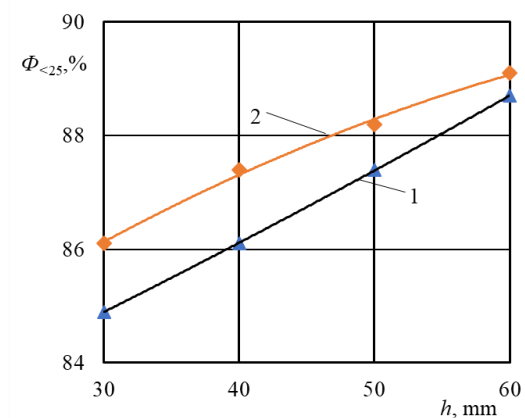


1- rama, 2- tekislagich, 3- ponasimon g'altakmola

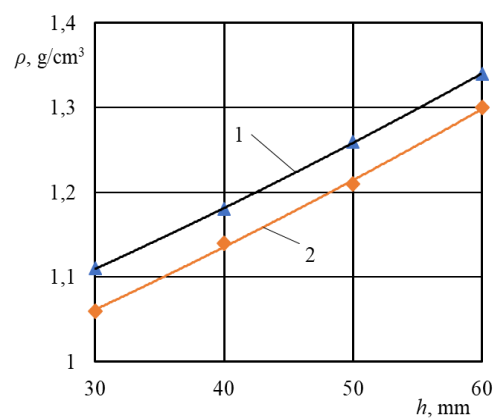
1-rasm. Takomillashtirilgan g'altakmolali mola-tekislagichning konstruktiv sxemasi

Natijalar va ularning tahlili

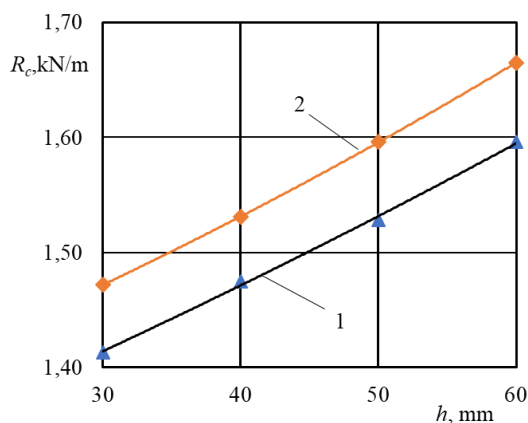
O'tkazilgan tajribalar natijalari 2-rasmدا keltirilgan.



a)



b)



v)

1 – 6,0 km/h harakat tezligida; 2 – 8,0 km/h harakat tezligida

2-rasm. Tuproqning uvalanish darajasi (a) va zichligi (b) hamda takomillashtirilgan g'altakmolali mola-tekislagichning tortishga solishtirma qarshiligi (v) ni u g'altakmolasi ponasimon qismining balandligiga bog'liq ravishda o'zgarish grafiklari.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Ularining tahlili shuni ko'rsatadiki, har ikkala harakat tezligida ham ponasimon g'altakmolali mola-tekislagich g'altakmolasi ponasimon qismining balandligi 30 mm dan 60 mm gacha ortishi bilan tuproqning uvalanish darajasi va zichligi hamda tortishga qarshiligi deyarli to'g'ri chiziqli qonuni bo'yicha o'sgan.

Xususan, agregatning harakat tezligi 6 km/h bo'lganda g'altakmolali ponasimon qismining balandligi 30 mm dan 60 mm gacha oshirilganda o'lchami 25 mm dan kichik bo'lgan tuproq fraksiyalarining ulushi 84,9 % dan 88,7 % gacha, tuproqning zichligi 1,11 g/cm³ dan 1,26 g/cm³ gacha, tortishga solishtirma qarshilik esa 2,56 kN/m dan 2,75 kN/m gacha ortgan. Agregatning harakat tezligi 9 km/h bo'lgan holatda mazkur ko'rsatkichlar mos ravishda 86,1 % dan 89,1 % gacha, 1,06 g/cm³ dan 1,24 g/cm³ gacha, tortishga qarshilik esa 2,62 kN/m dan 2,82 kN/m gacha ortgani qayd etilgan.

Kuzatilgan holat asosan ponasimon g'altakmolali mola-tekislagich g'altakmolasi ponasimon qismi balandligining ortishi uni tuproqqa botish chuqurligining ortishiga olib kelishi bilan izohlanadi. Bu esa tuproqning uvalanish va zichlanish darajalari hamda tortishga qarshilikning oshishiga olib keladi.

Agregat harakat tezligining 6,0 km/h dan 9,0 km/h ga oshirilishi tuproq zichligining kamayishiga, shu bilan birga tuproqning uvalanish sifati hamda tortishga solishtirma qarshilikning ortishiga sabab bo'lgan. Shu tariqa, o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari tuproqning talab darajasida uvalanishi va maqbul zichlanishini ta'minlash uchun ponasimon g'altakmolali mola-tekislagich g'altakmolasi ponasimon qismining balandligi 50 mm atrofida bo'lishi maqsadga muvofiq ekanini ko'rsatdi.

Xulosa. O'tkazilgan tajribaviy tadqiqotlarning natijalari bo'yicha ishlab chiqilgan ponasimon mola-tekislagich talablar darajasidagi ish sifatini kam energiya sarflagan holda ta'minlashi uchun uning ponasimon qismining balandligi 50 mm bo'lishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Foydali model patenti Uz. FAP №2549. Mola-tekislagich // Xudayberdiyev I.A., Qurbonov E., Boboyev U., To'xtaqoziev A.- Rasmiy axborotnoma. – 2024. – № 8.-7 b.
2. Akbarov I.A. G'altakmolali mola-tekislagichning parametrlarini asoslash /Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya – Andijon, 2021 – B.173-175.
3. Ergashev M.M., Eshmatova G.Q. Kombinatsiyalashgan mashinalar tarkibida qo'llaniladigan g'altakmolalarning tahlili// Farg'ona politexnika institutining ilmiy-texnik jurnali. – Farg'ona, 2022. – №2. – B.184-188.
4. Тройнич Н.Г. Обоснование геометрических и кинематических параметров гладких катков для луговых агрегатов // Научные труды. Львов. СХИ. – Львов, 1981. – Т. 96. – С. 16-24.
5. Золотаревский Д.И. Уплотнение вязкоупругой почвы цилиндрическим катком // Тракторы и сельхозмашины. – 2005. – № 10. – С. 31-35.

Muallif:

Xudayberdiyev Ikram Akramovich - Guliston davlat universiteti, O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i, mustaqil tadqiqotchi.

UDK 676.038:674.028

APPLICATION OF BASALT FIBERS IN PAPER PRODUCTION

QOG'OZ ISHLAB CHIQRISHDA BAZALT TOLALARIDAN FOYDALANISH

ПРИМЕНЕНИЕ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

**Babaxanova Xalima Abishevna, Ataxanova Nodira Habibullo qizi, Tursunboyeva Nozima
Habibullo qizi, Sadriddinova Nigora Jumadulla qizi**

Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti, 100100. Toshkent shahar, Shoxjahon ko'chasi – 5 uy

Email: a.nodira194@gmail.com

Abstract. This paper investigates the effect of basalt fibers, filler (kaolin), and alkyl ketene dimer (AKD) on the physical and mechanical properties of paper, aiming to substantiate their application in the paper industry. The study was conducted using compositions based on waste paper of type A with the addition of

basalt fibers (0–20%), kaolin (2–4%), and AKD (1–2%). The results showed that increasing the content of basalt fibers leads to a decrease in the mechanical strength of paper: by approximately 4% at 10% fiber content and up to 26% at 20%, with the effect becoming more pronounced at higher kaolin contents. It was also found that at 2% kaolin, the influence of AKD on strength properties is insignificant, whereas at 4% kaolin, its effect becomes considerable, causing an additional reduction in strength (up to ~30%). An optimal composition of paper pulp was determined, consisting of 10% basalt fibers, 2% kaolin, and 1–1.5% AKD, which ensures the preservation of mechanical strength when using alternative raw materials. The obtained results confirm the effectiveness of basalt fibers in the paper industry and demonstrate the potential of the developed materials for use in digital and sheet-fed printing processes.

Keywords: paper pulp, basalt fibers, waste paper, kaolin, alkyl ketene dimer, mechanical strength, composite materials, moisture.

Annotatsiya. Ushbu maqolada qog'oz sanoatida qo'llash imkoniyatlarini asoslash maqsadida bazalt tolalari, to'ldiruvchi modda (kaolin) va alkilketendimer (AKD) ning qog'ozning fizik-mexanik xossalariga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqot obyekti sifatida A turdagi makulatura asosidagi kompozitsiyalar tanlangan bo'lib, ularga bazalt tolalari (0–20 %), kaolin (2–4 %) va AKD (1–2 %) qo'shilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, bazalt tolalari miqdorining ortishi qog'ozning mexanik mustahkamligini kamaytiradi: 10 % da taxminan 4 % ga, 20 % da esa taxminan 26 % ga pasayadi, bunda kaolin miqdori ortishi bilan bu ta'sir yanada kuchayadi. Shuningdek, 2 % kaolin mavjud bo'lganda AKD ning mustahkamlikka ta'siri sezilarli emasligi, ammo 4 % kaolin holatida uning ta'siri kuchayib, qo'shimcha ravishda mustahkamlikni pasaytirishi (~30 % gacha) aniqlangan. Tadqiqotlar asosida qog'oz massasining optimal tarkibi sifatida 10 % bazalt tolalari, 2 % kaolin va 1–1,5 % AKD dan iborat kompozitsiya tavsiya etildi, bu esa alternativ xomashyodan foydalanishda mexanik mustahkamlikni saqlash imkonini beradi. Olingan natijalar bazalt tolalarining qog'oz sanoatida qo'llash samaradorligini tasdiqlaydi hamda ishlab chiqilgan materiallarni raqamli va listli bosma texnologiyalarida qo'llash imkonini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: qog'oz massasi, bazalt tolalari, makulatura, kaolin, alkilketendimer, mexanik mustahkamlik, kompozitsion materiallar, namlik.

Аннотация. В статье исследовано влияние базальтовых волокон, наполнителя (каолина) и алкилкетендиомера (АКД) на физико-механические свойства бумаги с целью обоснования их применения в бумажной промышленности. В качестве объектов исследования использовались композиции на основе макулатуры типа А с добавлением базальтовых волокон (0–20 %), каолина (2–4 %) и АКД (1–2 %). Установлено, что увеличение содержания базальтовых волокон приводит к снижению механической прочности бумаги: при 10 % — до ~4 %, при 20 % — до ~26 %, при этом эффект усиливается с увеличением содержания каолина. Показано, что при 2 % каолина влияние АКД на прочностные характеристики незначительно, тогда как при 4 % его воздействие становится существенным и приводит к дополнительному снижению прочности (до ~30 %). Определён оптимальный состав бумажной массы, включающий 10 % базальтовых волокон, 2 % каолина и 1–1,5 % АКД, обеспечивающий сохранение механической прочности при использовании альтернативного сырья. Полученные результаты подтверждают эффективность применения базальтовых волокон в бумажной промышленности и возможность использования разработанных материалов в процессах печати на цифровых и листовых печатных машинах.

Ключевые слова: бумажная масса, базальтовые волокна, макулатура, каолин, алкилкетендиомер, механическая прочность, композиционные материалы, влажность.

Введение. Бурное развитие промышленности способствует росту потребления бумажной продукции, что делает особенно актуальным решение сырьевой проблемы целлюлозно-бумажной отрасли. Свойства бумаги на основе вторичного сырья - макулатуры, в условиях дефицита первичного древесного сырья, требуют целенаправленного регулирования состава композиции, что стимулирует поиск альтернативных видов сырья [1-4]. В этой связи перспективным является использование минеральных волокон, имеющихся в большом количестве, которые могут служить как структурным, так и функциональным компонентом бумажной массы, позволяя улучшать её механические и сорбционные свойства [5-9].

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Одним из наиболее доступных и технологически привлекательных видов минеральных волокон являются базальтовые волокна, которые широко используются во многих отраслях промышленности, включая строительную, авиационную, автомобильную и бумажную [10-14]. Введение базальтовых волокон в бумажную массу позволяет повышать прочность материала, улучшать однородность структуры и контролировать пористость, что напрямую влияет на водопоглощение и адгезионные свойства [15-18]. Помимо этого, применение базальтовых волокон способствует решению сырьевой и экологической проблем за счёт частичной замены дефицитного древесного сырья и использования минерального вторичного ресурса.

Целью настоящего исследования является комплексное изучение влияния базальтовых волокон на физико-механические свойства бумаги с целью обоснования их применения в качестве альтернативного сырья для бумажной промышленности и получения бумаги с заданными свойствами для технологий печати.

Материалы и методы

В настоящем исследовании использовались следующие сырьевые компоненты: макулатура типа А, базальтовое волокно в концентрациях 0%, 10% и 20%, алкилкетендиомер (АКД) в количествах 1%, 1,5% и 2%, а также наполнитель — каолин в концентрациях 2%, 4% и 6%. Сочетание этих компонентов позволило сформировать различные составы бумажной массы для последующего изучения их влияния на структурные, физико-механические и сорбционные свойства материала. Основные свойства базальтовой волокно представлены в табл.1.

Таблица № 1

Основные физико-механические характеристики базальтового волокна

Наименование показателей	Параметры
Длина отрезка волокна, мм	3
Диаметр волокна (мкм)	(9 - 22) ± 1,5
Тип покрытия	Силан (виниловый эфир, полиэстер, эпоксид-ная смола, полипропилен, полиуретан)
Совместимость со смолой	Эпоксидные, фенольные, полиэфирные, виниловые, акриловые
Массовая доля влаги, %	0,2
Массовая доля замасливателя, %	0,3
Плотность, г/см ³	2,6
Коэффициент удлинения, %	2 - 4,5
Модуль упругости, ГПа	Не более 80
Коэффициент теплопроводности Вт/мК	0,031 - 0,038
Температурная стойкость, t °C	от 250 до 850

Результаты и обсуждение

Бумажные отливки получали из базальтовых волокон без предварительного размола на листоотливном аппарате по следующей технологической схеме (рис.1).

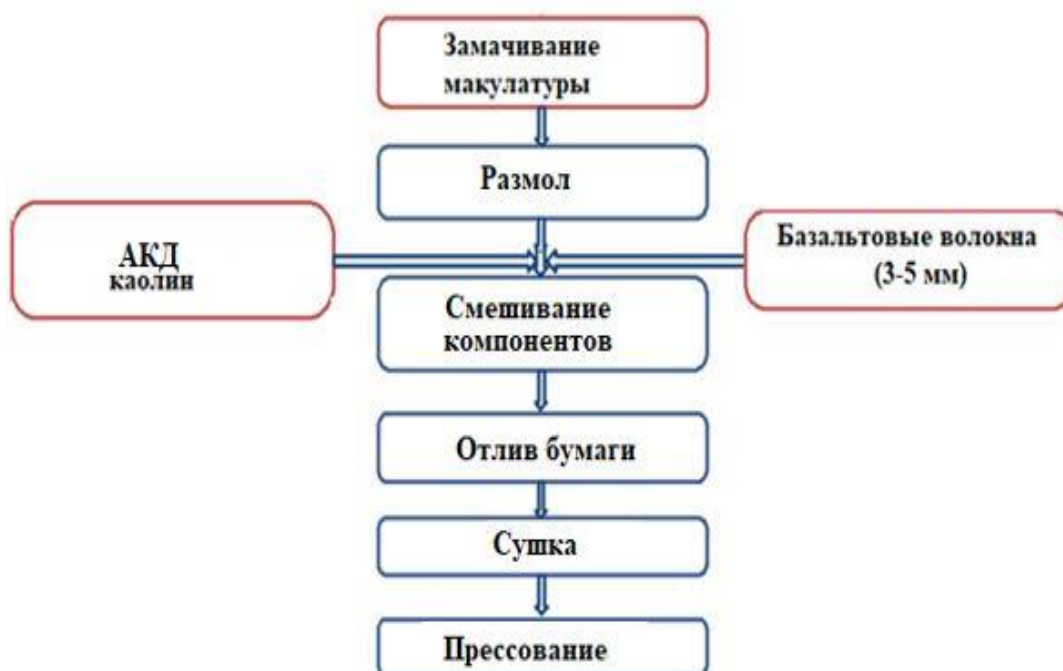


Рис.1. Общая технологическая схема изготовления бумаги с добавлением базальтовых волокон

Свойства опытных образцов бумаги изучены согласно существующих стандартных методик, таких как ГОСТ Р ИСО 536-2013 для определения массы бумаги, ГОСТ 27015-86 для определения толщины, плотности бумаги, ГОСТ ИСО 1924-1-96 для изучения механической прочности. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица № 2

Физико-механические характеристики опытных образцов бумаги с различным содержанием базальтового волокна

Процентное соотношение макулатуры: базальтовое волокно	АКД, %	Каолин, %	Толщина, мкм	Разрывная длина, м	Количество дв. сгибов	Белизна %
100:0	1	2	191	2400	7	84,30
100:0	1,5	2	189	2400	5	84,56
100:0	2	2	190	2500	4	84,35
90:10	1	2	188	2300	4	76,30
90:10	1,5	2	189	2300	3	74,70
90:10	2	2	187	2500	2	74,72
80:20	1	2	189	2000	2	70,66
80:20	1,5	2	190	2000	3	69,81
80:20	2	2	188	2100	2	70,07
100:0	1	4	186	2700	5	83,23
100:0	1,5	4	189	2600	6	82,41
100:0	2	4	187	2500	6	73,54
90:10	1	4	186	2100	2	75,76

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2**

90:10	1,5	4	188	2000	3	75,44
90:10	2	4	189	1900	3	72,61
80:20	1	4	187	2000	3	70,51
80:20	1,5	4	188	1800	3	70,02
80:20	2	4	186	1600	2	82,24
100:0	1	6	184	2300	4	83,24
100:0	1,5	6	188	2200	5	84,39
100:0	2	6	186	1900	5	85,09
90:10	1,5	6	189	1800	3	75,86
90:10	2	6	185	1800	3	72,01
90:10	1	6	189	1900	1	68,27
80:20	1,5	6	187	1400	2	67,48
80:20	2	6	188	1300	2	65,74

На первом этапе исследования был проведён анализ влияния добавления базальтовых волокон в диапазоне от 0 до 20 % при введении 2 % каолина и различных концентрациях АКД (1 %, 1,5 % и 2 %). Результаты показали, что механическая прочность материала при добавлении 10 % базальтовых волокон снизилась с 2,4 км до 2,3 км (около 4 %), а при 20 % — с 2,4 км до 2,0 км (около 17 %) (рис.2, а). Изменение концентрации АКД в пределах 1–2 % не оказало заметного влияния на механическую прочность.

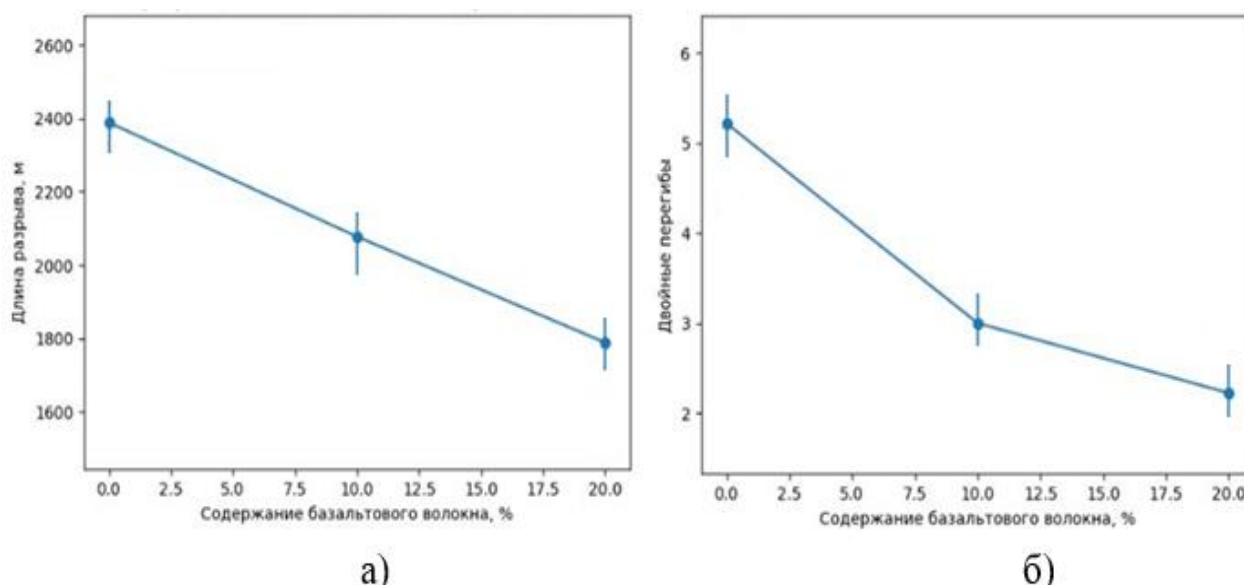


Рис.2. Зависимость разрывной длины (а) и числа двойных сгибов (б) от содержания базальтовых волокон

На втором этапе исследования был проведён анализ влияния добавления базальтовых волокон в диапазоне от 0 до 20 % при введении 4 % каолина и различных концентрациях АКД (1 %, 1,5 % и 2 %). Результаты показали, что механическая прочность материала при добавлении 10 % базальтовых волокон снизилась с 2,7 км до 2,1 км, что составляет снижение примерно на 22 %, а при 20 % — с 2,7 км до 2,0 км (снижение около 26 %). Изменение концентрации АКД в пределах 1–2 % оказало заметное влияние на прочность: при 2 % АКД прочность составила 1,9 км, что соответствует снижению примерно на 30 %.

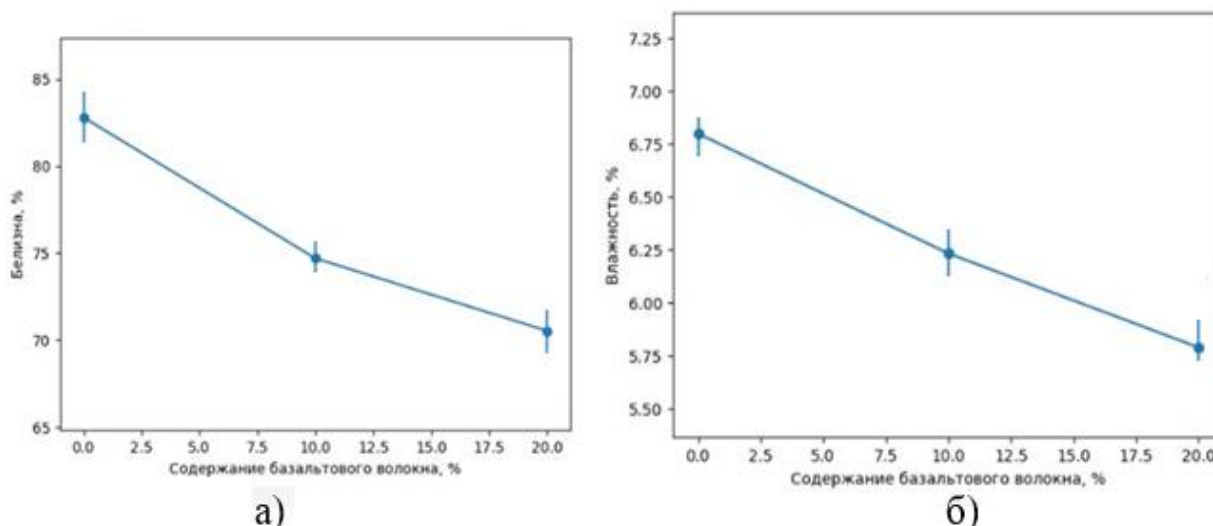


Рис.3. Зависимость белизны (а) и влажности (б) от содержания базальтовых волокон

По рис.2 установлено, что с увеличением содержания базальтового волокна наблюдается снижение длины разрыва и числа двойных перегибов, что свидетельствует об ухудшении механических свойств бумаги. При этом также фиксируется уменьшение белизны и влажности образцов (рис.3). Полученные результаты объясняются отсутствием межволоконного взаимодействия между базальтовыми и целлюлозными волокнами, что приводит к ослаблению структуры бумажного полотна.

Таким образом, установлено, что увеличение содержания базальтовых волокон приводит к снижению механической прочности, причём данный эффект усиливается при повышении содержания наполнителя (каолина). При низком содержании каолина (2 %) влияние АКД на прочность незначительно, тогда как при 4 % каолина его воздействие становится более выраженным. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости оптимизации совместного содержания базальтовых волокон, наполнителя и проклеивающего агента для обеспечения требуемых прочностных характеристик материала.

Выводы

Установлено, что увеличение содержания базальтовых волокон в бумажной массе до 20 % приводит к снижению механической прочности (до ~26 %), причём данный эффект усиливается при повышении содержания каолина до 4 %. Показано, что при содержании каолина 2 % влияние АКД (1–2 %) на прочностные характеристики незначительно, тогда как при 4 % каолина его воздействие становится существенным и приводит к дополнительному снижению прочности (до ~30 %).

Определено, что наиболее рациональным является ограничение содержания базальтовых волокон на уровне 10 %, при котором снижение прочности не превышает ~4 %. Таким образом, оптимальный состав бумажной массы включает макулатуру типа А, 10 % базальтовых волокон, 2 % каолина и 1–1,5 % АКД, что обеспечивает сохранение прочностных характеристик при одновременном использовании альтернативного сырья.

Данное исследование подтверждает эффективность применения базальтовых волокон в бумажной промышленности, поскольку полученные значения механической прочности являются достаточными для использования материала в процессах печати на цифровых и листовых печатных машинах.

Список литературы:

1. Kuleshov A.V., Smolin A.S. Vliyanie tsiklichnosti ispol'zovaniya makulturnogo volokna na bumagoobrazuyushchie svoystva // Lesnoy zhurnal. 2008. S. 2–4.
2. Howard R.C. The Effects of Recycling on Paper Quality // Pulp and Paper Science. 1990, September. Vol. 16, N 5. P. 143.

3. Chirikova S.L., Kornilova S.M., Sleptsova E.S. Pererabotka makulatury kak put' resheniya ekologicheskoy problemy // Yunyy uchenyy. 2024. № 2(76). S. 170–172. URL: <https://moluch.ru/young/archive/76/4081>
4. Mullina E.R., Mishurina O.A., Nigmatullina L.I., Ishkuvatova A.R. Vliyanie protsessa vtorichnoy pererabotki makulatury na bumagoobrazuyushchie svoystva tsellyuloznogo syr'ya // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2015. № 4-1. S. 32–34. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6578> (data obrashcheniya: 01.04.2026)
5. Dubovyy V.K. Steklyannye volokna. Svoystva i primeneniye. SPb: Nestor, 2003. 130 s.
6. Dubovyy V.K., Chizhov G.I. Sily svyazi v bumage iz rastitel'nykh i mineral'nykh volokon // IVUZ. Lesnoy zhurnal. 2005.
7. Dubovyy V.K., Fokina L.Yu., Ivanenko A.D., Bogdanov V.V. Svoystva listovykh kompozitsionnykh materialov na osnove steklyannykh volokon // IVUZ. Lesnoy zhurnal. 2008. №2. S. 96–100.
8. Dubovoy E.V., Koverninskiy I.N., Smolin A.S., Kanarskiy A.V. Adgezionnye svoystva steklyannogo volokna i povyshenie prochnosti bumagi dobavkoy merserizovannoy tsellyulozy // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2017. T. 20. №12. S. 53–56.
9. Egamberdiev E., Ergashev Yo., Khaydullayev Kh., Husanov D., Rahmonberdiev G. Obtaining paper samples using basalt fibers and studying the effect of natural glue obtained from chitosan on paper quality // Universum: tekhnicheskije nauki. 2022. №4-13(97).
10. Khodakova N.N., Zimin D.E., Tatarintseva O.S. Issledovanie vozmozhnosti polucheniya nepreryvnykh volokon iz sinteticheskikh bazaltovykh stekol // Polzunovskiy vestnik. 2010. №4-1. S. 251–256.
11. Kamolov B.S., Kurbanov A.A., Sattarov L.Kh., Rashidova R.K. Osobennosti filtratsii bazaltovym filtrom promyshlennykh gazov ot pyli // Innovatsion tekhnologiyalar. 2023. Vol. 49, №1. ISSN 2181-4732.
12. Sattarov L.Kh., Kurbanov A.A., Rakhmonov Zh.Kh. Protsessy filtratsii promyshlennykh gazov ot pyli cherez bazaltovye fil'try // Vestnik Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Avtomatizatsiya: problemy, idei, resheniya. 2015. APIR-20. S. 205–210.
13. Hubbe M.A., Gill R.A. Fillers for papermaking: A review of their properties, usage practices, and their mechanistic role // BioResources. 2016. Vol. 11(1). P. 2886–2963.
14. Turabdjanyov S., Egamberdiev E., Iskandarov A., Zokirova Z. Installation of new types of basalt fiber filters in industry // SCHOLAR. 2023. Vol. 1(10). P. 106–110. URL: <https://researchedu.org/index.php/openscholar/article/view/3109>
15. Bulycheva V.N., Lavrentyev I.V. Issledovanie kompozitsiy steklyannogo i bazaltovogo volokna dlya bumagopodobnykh fil'tratsionnykh materialov s povyshennoy effektivnost'yu ochistki // Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov TsBP. SPb. 13–14 noyabrya 2023. S. 42–48.
16. Afshar R., Shaabani A. Mechanical properties of paper reinforced with mineral fibers // Cellulose Chemistry and Technology. 2018. Vol. 52(3–4). P. 255–262.
17. Babakhanova Kh.A., Atakhanova N.Kh., Sadriddinova N.Zh., Ravshanzoda D.Ch. Ispol'zovanie otkhodov bazaltovykh volokon v bumazhnoy otrasli // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 2026. №1(416). S. 175–180.
18. Babakhanova Kh.A., Sadriddinova N.Zh., Atakhanova N.Kh., Tursunboeva N.Kh. Mikroskopicheskiy analiz kachestva tismeniy na bumage s dobavleniem bazaltovykh volokon // 1-Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya TTU. Dushanbe. 5 marta 2026.

Авторы:

Бабаханова Х. А. – Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Доктор технических наук, профессор. E-mail: halima300@inbox.ru

Атаханова Н. Х. – Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Докторант. E-mail: a.nodira194@gmail.com

Турсунбоева Н. Х. – Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Докторант. E-mail: tursunboyevanozima.98@gmail.com

Садриддинова Н.Ж. – Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Докторант. E-mail: nigorakukanova@gmail.com

Qishloq xo'jaligi

UDK 631.5:631.8:633.37

INFLUENCE OF DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE DURATION OF PHENOLOGICAL DEVELOPMENT STAGES OF CHICKPEA UNDER RAINFED AGRICULTURAL

LALMIKOR MAYDONLARDA TURLI EKISH TEXNOLOGIYALARINING NO'XAT O'SIMLIGI RIVOJLANISH FAZALARI DAVOMIYLIGIGA TA'SIRI

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ РАЗВИТИЯ НУТА В УСЛОВИЯХ БОГАРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Musurmanov Alisher Amirqulovich Khayitalieva Madina Khudoyarovna

Muratkasimov Alisher Sattarovich

Guliston davlat universiteti. 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shaxri, IV mavze

E-mail: musurmanov1975@mail.ru

Abstract. This article investigates the effect of different sowing technologies and fertilization methods on the duration of growth stages of chickpea under rainfed conditions. The study compares traditional and mulching technologies. The results show that mulching and combined fertilization accelerate plant development stages and reduce the vegetation period.

Keywords: rainfed agriculture, chickpea, mulching, agrotechnology, fertilization, phenological stages, development.

Annotatsiya. Mazkur maqolada lalmikor maydonlarda turli ekish texnologiyalari va o'g'itlash me'yorlarining no'xat o'simligining o'suv va rivojlanish fazalariga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqotlarda an'anaviy va mulchalash texnologiyalari sharoitida o'simlikning unib chiqish, shoxlanish, gullash, dukkaklash va pishish bosqichlarining muddatlari tahlil qilingan. Olingan natijalarga ko'ra, mulchalash texnologiyasi va kompleks o'g'itlash variantlari no'xatning rivojlanish fazalarini tezlashtirib, vegetatsiya davrini qisqartirishi aniqlangan.

Kalit so'zlar: lalmikor maydonlar, no'xat, mulchalash, agrotexnologiya, o'g'itlash, fenologik bosqichlar, rivojlanish, vegetatsiya.

Аннотация. В статье изучено влияние различных технологий посева и вариантов удобрения на продолжительность фаз развития нута в богарных условиях. Исследования проводились в условиях традиционной и мульчирующей технологий. Установлено, что применение мульчирования и комплексных удобрений способствует ускорению фаз развития растений и сокращению вегетационного периода.

Ключевые слова: богарные земли, нут, мульчирование, агротехнология, удобрения, фенологические фазы, развитие.

Kirish. Hozirgi kunda jahon qishloq xo'jaligida oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash, tuproq resurslaridan samarali foydalanish va iqlim o'zgarishi sharoitida barqaror hosildorlikka erishish ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda joylashgan lalmikor maydonlarda qishloq xo'jalik ekinlarini yetishtirishda agrotexnologik yondashuvlarni takomillashtirish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston sharoitida qishloq xo'jaligi yerlarining katta qismi lalmikor maydonlardan iborat bo'lib, ushbu hududlarda asosiy cheklovchi omil tuproq namligining yetishmasligi hisoblanadi. Iqlim o'zgarishi natijasida yog'ingarchilik miqdorining kamayishi, uning notekis taqsimlanishi va havo haroratining ortishi kabi omillar o'simliklar rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Bu esa, ayniqsa, dukkakli ekinlar, jumladan no'xat yetishtirish samaradorligini pasaytirish xavfini yuzaga keltirmoqda.

Tadqiqot ob'ekti va usullari. Tadqiqot ob'ekti sifatida No'xat (*Cicer arietinum* L.) o'simligi olindi. Dala va laboratoriya sharoitlarda tajribalarda kuzatish, hisoblash va tahlillar Butunittifoq O'simlikshunoslik ilmiy-tadqiqot instituti (Leningrad 1980) Roda CICER L. (Nut) klassifikatori bo'yicha, tajribalarni joylashtirish "Dala tajribalarini o'tkazish uslublari" (O'zPITI, 2007) va Lalmikor dehqonchilik ilmiy-tadqiqot instituti tomonidan tavsiya etilgan (2004) uslubiy ko'rsatmalari asosida bajarildi.

Olingan natijalar va ularning tahlili. No'xat (*Cicer arietinum* L.) dunyoda eng muhim dukkakli oziq-ovqat ekinlaridan biri bo'lib, ayniqsa qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda barqaror hosil berishi bilan ajralib turadi. No'xatning qurg'oqchilikka chidamliligi ko'p jihatdan uning kuchli ildiz tizimi bilan bog'liq. Tadqiqotlarda ildiz uzunligi zichligi, ildiz biomassasi va chuqur qatlamlarga kirib borish xususiyati o'simlikning tuproqdagi namlikdan samarali foydalanishini ta'minlashi hamda qurg'oqchilik sharoitida hosildorlikni oshirishi aniqlangan [1].

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda no'xatning ildiz morfologiyasi qurg'oqchilikka moslashishning asosiy omillaridan biri ekanligi ko'rsatilgan. Xususan, ildiz uzunligi zichligi va maksimal ildiz chuqurligi yuqori bo'lgan genotiplar nam tanqisligi sharoitida yuqori hosildorlikni saqlab qolgan. Mualliflar markerlarga asoslangan seleksiya usullaridan foydalanish orqali qurg'oqchilikka chidamli navlarni yaratish imkoniyatlari mavjudligini ta'kidlaydilar [2].

Dala tajribalarida qurg'oqchilik sharoitida no'xat genotiplarining ildiz tizimi rivojlanishini baholagan. Natijalarga ko'ra, 45 kundan keyingi ildiz uzunligi zichligi, chuqur qatlamlardagi ildiz quruq massasi hamda ildiz va poya massasining nisbati hosildorlik bilan kuchli ijobiy bog'liqlikka ega ekanligi aniqlangan. Ushbu ko'rsatkichlar seleksiyada muhim mezon sifatida tavsiya etilgan [3].

No'xatning qurg'oqchilikka chidamliligini oshirishda ildiz tizimining fiziologik va molekulyar xususiyatlari ham muhim hisoblanadi. Kumar va hammualliflari zamonaviy "root-omics" yondashuvlari yordamida ildiz arxitekturasi, oziqa elementlari o'zlashtirilishi va suvdan foydalanish samaradorligini boshqaruvchi genlar aniqlanayotganini qayd etganlar. Ushbu yondashuvlar kelajakda iqlim o'zgarishi sharoitiga mos navlar yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi [4].

So'nggi yillarda chop etilgan sharh maqolalarda no'xatning iqlim o'zgarishi sharoitidagi ahamiyati yanada ortib borayotgani ta'kidlanmoqda. Yuqori harorat va nam tanqisligi hosildorlikka salbiy ta'sir ko'rsatsada, mos agrotexnologiyalar, qurg'oqchilikka chidamli navlar va ildiz tizimini takomillashtirish orqali ushbu salbiy ta'sirlarni sezilarli darajada kamaytirish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan [5].

No'xat (*Cicer arietinum* L.) dukkakli ekinlar orasida oziq-ovqat va yem-xashak sifatida katta ahamiyatga ega bo'lib, uning doni oqsilga boyligi (20–30%), yuqori oziqaviy qiymati va agrotexnik jihatdan tuproq unumdorligini oshirish xususiyati bilan ajralib turadi. No'xat o'simligi ildiz tizimida azot to'plovchi bakteriyalar bilan simbioz holda yashab, atmosfera azotini o'zlashtirish orqali tuproqda biologik azot zaxirasini oshiradi. Shu jihatdan, u lalmikor dehqonchilik tizimida tuproq unumdorligini tiklash va saqlashda muhim agrobiologik omil hisoblanadi.

Shu bilan birga, no'xat o'simligining o'suv va rivojlanish bosqichlari tashqi muhit omillariga, ayniqsa namlik va harorat sharoitiga juda sezgir hisoblanadi. Uning fenologik bosqichlarining o'z vaqtida va optimal davom etishi hosildorlikni shakllantirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Shu sababli, turli agrotexnologiyalar, jumladan ekish usullari, o'g'itlash tizimlari va zamonaviy agrotadbirlarning no'xatning rivojlanish dinamikasiga ta'sirini o'rganish muhim ilmiy masala hisoblanadi.

So'nggi yillarda qishloq xo'jaligida resurs tejovchi va ekologik barqaror texnologiyalarni joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Shular qatorida mulchalash texnologiyasi muhim o'rin tutadi. Mulchalash tuproq yuzasini organik moddalar (somon, o'simlik qoldiqlari) bilan qoplash orqali tuproq namligini saqlash, bug'lanishni kamaytirish, tuproq haroratini me'yorlashtirish va eroziya jarayonlarini cheklash imkonini beradi. Bu esa lalmikor sharoitda o'simliklarning barqaror o'sishi va rivojlanishini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Ushbu tadqiqot ishida lalmikor sharoitda no'xat yetishtirishda an'anaviy va mulchalash texnologiyalarining turli o'g'itlash variantlari bilan uyg'unlashgan holda o'simlikning fenologik bosqichlari davomiyligiga ta'siri o'rganilishi mavzuning dolzarbligini yanada oshiradi. Chunki fenologik jarayonlarning o'zgarishi orqali o'simlikning tashqi muhit omillariga moslashuv mexanizmini baholash mumkin.

Lalmikor sharoitda no'xat o'simligining o'suv va rivojlanish bosqichlariga turli ekish texnologiyalari hamda o'g'itlash me'yorlarining ta'sirini baholash maqsadida olib borilgan tadqiqotlarda o'simlikning asosiy fenologik fazalari unib chiqish, shoxlanish, gullash, dukkaklash va pishish bosqichlari bo'yicha kuzatuvlar amalga oshirildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, no'xat o'simligining unib chiqish bosqichi barcha variantlarda deyarli bir xil muddatda kuzatildi. Jumladan, barcha variantlarda urug'larning unib chiqishi 3 aprelda boshlanib, 10 aprelga kelib to'liq unib chiqdi. Shoxlanish bosqichi tahlili shuni ko'rsatdiki, an'anaviy texnologiya (A1) sharoitida bu bosqich asosan 25 apreldan 1 maygacha bo'lgan davrda kuzatilgan. Biroq o'g'itlash variantlari

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

qo'llanilgan hollarda (B2, B3, B4 va B5) shoxlanishning boshlanishi 1 kunga ertaroq (24 aprel) kuzatilgan. Bu esa mineral o'g'itlar qo'llanilishi o'simlikning dastlabki o'sish jarayonlarini faollashtirishini ko'rsatadi.

Lalmikor maydonlarda turli ekish texnologiyalarining no'xat o'simligi rivojlanish fazalari (muddatlari)
davomiyligiga ta'siri.

№	Variantlar	O'simliklarning o'suv va rivojlanish bosqichlari aniqlangan muddat, kun, oy, yil sanasi									
		Unib chiqish		Shoxlanish		Gullash		Dukkaklash		Pishish	
		10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %
An'anaviy texnologiya											
1	O'g'itsiz nazorat varianti.	03.04.24	10.04.24	25.04.24	01.05.24	20.05.24	26.05.24	02.06.24	07.06.24	04.07.24	09.07.24
2	P ₄₀ K ₄₀ ekish oldidan + N ₃₀ (3-4 chin barg)	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	19.05.24	25.05.24	01.06.24	06.06.24	03.07.24	08.07.24
3	P ₃₀ K ₃₀ ekish oldidan + N ₃₀ (3-4 chin barg+shoxlanish)	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	19.05.24	25.05.24	01.06.24	06.06.24	03.07.24	08.07.24
4	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ + N ₂₀ (3-4 chin barg-shoxlanish)	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	19.05.24	25.05.24	01.06.24	06.06.24	03.07.24	08.07.24
5	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ + N ₂₀ (3-4 chin barg + RG (rokogumin biopreparat) - 2,5 l/ga + fungisit 0,15 l/ga + insektisit 0,15 l/ga -shoxlanish (suspenziya))	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	18.05.24	24.05.24	30.05.24	05.06.24	01.07.24	06.07.24
“Mulchalash” texnologiya asosida ekish (Somon bilan).											
1	O'g'itsiz nazorat varianti.	03.04.24	10.04.24	25.04.24	01.05.24	18.05.24	24.05.24	31.05.24	05.06.24	02.07.24	07.07.24
2	P ₄₀ K ₄₀ ekish oldidan + N ₃₀ (3-4 chin barg)	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	19.05.24	23.05.24	29.05.24	04.06.24	01.07.24	05.07.24
3	P ₃₀ K ₃₀ ekish oldidan + N ₃₀ (3-4 chin barg+shoxlanish)	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	19.05.24	23.05.24	29.05.24	04.06.24	01.07.24	05.07.24
4	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ + N ₂₀ (3-4 chin barg-shoxlanish)	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	19.05.24	23.05.24	29.05.24	04.06.24	01.07.24	05.07.24
5	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀ + N ₂₀ (3-4 chin barg + RG (rokogumin biopreparat) - 2,5 l/ga + fungisit 0,15 l/ga + insektisit 0,15 l/ga -shoxlanish (suspenziya))	03.04.24	10.04.24	24.04.24	30.04.24	16.05.24	21.05.24	28.05.24	03.06.24	29.06.24	03.07.24

Mulchalash texnologiyasi (A2) sharoitida ham shoxlanish bosqichi deyarli shu muddatlarda kuzatilgan bo'lsa-da, keyingi bosqichlarga o'tish tezligi yuqoriroq bo'lgani aniqlandi. Bu esa mulchalash orqali tuproq namligining saqlanishi va o'simlik uchun qulay mikroiklim sharoiti yaratilishi bilan izohlanadi.

Gullash bosqichi tahlili tadqiqotning eng muhim jihatlaridan biri hisoblanadi. An'anaviy texnologiyada gullash 20–26 may oralig'ida kuzatilgan bo'lsa, mulchalash texnologiyasida bu bosqich 16–24 may kunlariga to'g'ri kelgan. Ayniqsa, B5 variantida (o'g'itlar + biopreparatlar) gullashning ertaroq boshlanishi (16 may) kuzatildi. Bu holat biopreparatlar va kompleks o'g'itlash o'simlik fiziologik jarayonlarini tezlashtirishini ko'rsatadi.

Dukkaklash bosqichi ham yuqori darajada agrotexnologik ta'sirga uchragan. An'anaviy texnologiyada bu bosqich 1–7 iyun kunlari kuzatilgan bo'lsa, mulchalash texnologiyasida 28 may – 4 iyun oralig'ida amalga oshgan. Bu esa dukkak hosil bo'lish jarayonining 2–4 kunga ertaroq boshlanganini ko'rsatadi.

Eng ahamiyatli farqlar pishish bosqichida kuzatildi. An'anaviy texnologiyada no'xatning to'liq pishishi 4–9 iyul kunlariga to'g'ri kelgan bo'lsa, mulchalash texnologiyasida bu jarayon 29 iyun – 5 iyul oralig'ida kuzatildi. Demak, mulchalash texnologiyasi vegetatsiya davrini o'rtacha 3–5 kunga qisqartirgan.

Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, mulchalash texnologiyasi o'simlik rivojlanish bosqichlarini tezlashtirib, uning ertaroq pishib yetilishiga olib keladi. Bu esa lalmikor sharoitda juda muhim ahamiyatga ega, chunki namlik tanqisligi sharoitida o'simlikning vegetatsiya davrini qisqartirish hosilni saqlab qolish imkoniyatini oshiradi.

O'g'itlash variantlari tahlili shuni ko'rsatdiki, mineral o'g'itlarni lokal va so'chma usullarda qo'llash (B3 va B4 variantlari) o'simlik rivojlanish bosqichlarini ma'lum darajada tezlashtirgan. Biroq eng yuqori samara B5 variantida kuzatildi, ya'ni mineral o'g'itlar biopreparat (rokogumin), fungitsid va insektitsidlar bilan birgalikda qo'llanilganda.

B5 variantida gullash, dukkaklash va pishish bosqichlari barcha variantlarga nisbatan ertaroq boshlangani kuzatildi. Bu esa kompleks agrotexnologik ta'sir natijasida o'simlikning fiziologik va bioximik jarayonlari faollashganini ko'rsatadi.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Shu bilan birga, nazorat variantida (o'g'itsiz) barcha bosqichlar nisbatan kechikkan holda kuzatildi. Bu esa tuproqda ozuqa elementlarining yetishmasligi o'simlik rivojlanishini sekinlashtirishini yana bir bor tasdiqlaydi.

Xulosa qilib aytganda lalmikor sharoitda no'xat o'simligining fenologik bosqichlari qo'llanilgan agrotexnologiyalarga bevosita bog'liq holda o'zgarishi va mulchalash texnologiyasi o'simlik rivojlanish bosqichlarini tezlashtirib, vegetatsiya davrini o'rtacha 3–5 kunga qisqartirishi aniqlandi. Mineral o'g'itlar va biopreparatlarni kompleks qo'llash eng yuqori samara berib, barcha fazalarda ertaroq rivojlanish kuzatildi. Shu bilan birga, o'g'itsiz nazorat variantida o'simlik rivojlanishi nisbatan sekin kechib, fenologik bosqichlar kechikdi. Umuman olganda, olingan natijalar lalmikor maydonlarda no'xat yetishtirishda mulchalash va kompleks o'g'itlashni birgalikda qo'llash maqsadga muvofiq ekanligini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Kashiwagi J., Krishnamurthy L., Purushothaman R., Upadhyaya H.D., Gaur P.M., Gowda C.L.L., Ito O., Varshney R.K. Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // *Field Crops Research*. – 2015. – Vol. 170. – P. 47–54. DOI: 10.1016/j.fcr.2014.10.003. 47–50-bet.
2. Gaur P.M., Krishnamurthy L., Kashiwagi J. Improving Drought-Avoidance Root Traits in Chickpea (*Cicer arietinum* L.): Current Status of Research at ICRISAT // *Plant Production Science*. – 2008. – Vol. 11(1). – P. 3–11. DOI: 10.1626/pp.s.11.3. 3–8-bet.
3. Purushothaman R., Krishnamurthy L., Upadhyaya H.D., Vadez V., Varshney R.K. Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.) // *Field Crops Research*. – 2017. – Vol. 201. – P. 146–161. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.11.004. 146–156-bet.
4. Kumar J., Gupta D.S., Djalovic I., Kumar S., Siddique K.H.M. Root-omics for drought tolerance in cool-season grain legumes // *Physiologia Plantarum*. – 2021. – Vol. 172(2). – P. 629–644. 629–637-bet.
5. Devasirvatham V., Tan D.K.Y. Impact of High Temperature and Drought Stresses on Chickpea Production // *Agronomy*. – 2018. – Vol. 8(8). – Article 145. DOI: 10.3390/agronomy8080145. 2–8-bet.

Mualliflar:

Musurmanov Alisher Amirqulovich - Guliston davlat universiteti, q.x.f.f.d.,(PhD), dotsent,

E-mail: musurmanov1975@mail.ru;

Khayitaliyeva Madina Khudoyarovna - Guliston davlat universiteti tayanch doktoranti;

Muratkasimov Alisher Sattarovich - q.x.f.f.d., k.i.x. Lalmikor dehqonchilik ilmiy tadqiqot instituti, E-mail:

alisher.muratkasimov@gmail.com

UDK 581.1:631.8

NON - TRADITIONAL FERTILIZERS OF PREPARATION TECHNOLOGY

NOAN'ANAVIY O'G'IT TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ

Atoev Baxtiyor Qo'ldoshevich

Tuproqshunoslik va agrokimyoviy tadqiqotlar instituti. 100000. Toshkent shaxri, Qamarniso ko'chasi, 3 uy.

E-mail: baxtiyor.atoev@mail.ru

Abstract. Increase of Organic matters in the irrigated lands is the guarantee of clean yield. Organic fertilizers have a special role in the increase of organic, macro and micro elements in the soil. Organic fertilizers improve soil properties. In article it is a question of use of a various waste and emissions as fertilizers in agriculture. For this purpose it is necessary to develop technology of preparation of nonconventional fertilizers from a waste. In this article the technology of preparation of fertilizers from the firm waste of the sewerage which have fallen down sheets in trees and silt of fresh waters is given. Soils are divers in terms of their type and composition. Due to the influence of various factors (treatment, fertilizers, irrigation etc.) soil

properties are subject to change. Soil fertility depends more on the nutrients that applied to soil during management. Demand for organic food production has been increasing while it will require to reintroduce of the practice of the application of organic fertilizers, including nontraditional ones. One of those organic amendments are composts made from wastes and crop residues. In this study, we studied the influence of the proportions and amounts of compost on the physic-chemical properties of the grey-brown meadow and irrigated meadow soils. It was revealed that compost affected those soils in two different ways, which led to improve their organic matter content followed by nutrients. In this study, we studied the influence of the proportions and amounts of compost on the physic-chemical properties. It was revealed that compost affected those, which led to improve their organic matter content followed by nutrients. The soils of the area under study in the article are moderately and weakly saline soils of irrigated brown-grass and irrigated meadow soils, the soils are light and medium sandy, both soils are poor in nutrients. Activity of soil microorganisms depends on organic matter. Change of the amount of soil microorganisms may occur with the addition of organic fertilizers and as well as soil properties.

Keywords: waste, firm waste, nonconventional fertilizers, technology, leaves and fresh waters is given, bacteria and fungus.

Аннотация. Увеличение органических веществ на орошаемых землях является залогом чистого урожая. Особую роль в увеличении органических, макро- и микроэлементов в почве играют органические удобрения. Органические удобрения улучшают свойства почвы. В статье речь идет об использовании различных отходов и выбросов в качестве удобрений в сельском хозяйстве. Для этого необходимо разработать технологию приготовления нетрадиционных удобрений из отходов. Пропорции и количество компоста, приготовленного на фоне различных удобрений, оказывали различное влияние на текстурные свойства почвы, что привело к улучшению текстурных свойств более. Почвы отличаются друг от друга по типу, составу. Из-за влияния различных факторов (агротехники, удобрений, воды, климата и других) на почву изменяются текстурные свойства почвы. Плодородие почвы будет в большей степени зависеть от питательных элементов, которые попадают в почву. Особое значение имеет использование органических удобрений, особенно сегодня. Пропорции и количество компоста, приготовленного на фоне различных удобрений на орошаемых пастбищных и орошаемых пастбищных почвах, оказывали различное влияние на текстурные свойства почвы, что привело к улучшению текстурных свойств более орошаемых пастбищных почв. Почвы исследуемой территории в статье - умеренно и слабозасоленные почвы орошаемых буро травных и орошаемых луговых почв, почвы легкие и сред непесчаные, обе почвы бедны питательными веществами. В данной статье дается технология приготовления удобрений из твердых отходов канализации, опавших листья в деревьев и ила пресных вод. Активность микроорганизмов в почве связано с количеством внесённого в неё органического удобрения. На изменение количества микроорганизмов в почве влияет количество удобрений, а также свойства почв.

Ключевые слова: отходов, выбросов, нетрадиционных удобрений, технология, в деревьев и ила пресных вод, микроорганизмы, бактерии и грибовые.

Kirish. Dehqonlar juda qadim zamonlardan buyon tuproq unumdorligini oshirish uchun turli-tuman vositalardan foydalanib kelganlar. Qadimdan turli halqlar chiqindi va qoldiqlardan samarali foydalanib, bilib-bilmay turli noan'anaviy o'g'itlar turini tayyorlab ekinlarga qo'llaganlar. Yillar, asrlar o'tib, zamon taraqqiy etib, zavodlarda mineral o'g'itlar ishlab chiqarish boshlandi. Hozirda dehqonlar ekin etishtirishda mineral o'g'itlardan keng foydalanmoqdalar. «O'zkimyosanoat AJ» korxonalari (2018 yil ma'lumoti bo'yicha) 100 % oziqa elementi hisobida 908,46 ming tonna azot, 135,15 ming tonna fosfor va 188,4 ming tonna kaliy o'g'itlarni ishlab chiqargan. Ma'lumotlar ko'rsatishicha azotli o'g'itlar hajmi talabga to'liq javob beradi, fosfor o'g'iti esa talabning atigi 20 % ni ya'ni 5 barobar azotga nisbatan kam, kaliy o'g'iti ishlab chiqarilgan hajmining 5 % yoki 20 barobar azotga nisbatan kam miqdorni tashkil qiladi. Mineral o'g'itlarni qo'llash qulay bo'lishi mumkin, lekin ularni tuproqqa ortiqcha qo'llanilishi tuproq strukturasiga, unumdorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bunday holatda, tuproq unumdorligini ko'tarish esa oson bo'lmaydi. Bugungi kunda respublikamiz sug'oriladigan tuproqlar asosiy (fosfor va kaliy) oziqa elementlarga kambag'alashib qolgan. Statistik ma'lumotlarga qaraganda qishloq xo'jaligini azotli o'g'itlarga bo'lgan talabi 70-80 %, fosforli o'g'itlar bo'lgan talabi 30-40 % ga, kaliyli o'g'itlarga bo'lgan talabi esa undan ham kamroq qondirilmoqda. Shuning uchun tuproqqa berish mumkin bo'ladigan organik massa va oziq elementlarning qo'shimcha manbalarini topishni

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

talab etadi. Mana shunday manbalarga sanoat va qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishning chiqindilari, qishloq xo'jalik mahsulotlarini qayta ishlash korxonalarining qoldiqlari, maishiy xizmat, oziq-ovqat shahobchalari, xonadon chiqindilari, chuchuk suv loyqasi, kuzda to'kilgan daraxt barglari, bakterial preparatlar va h.k.kiradi. Bularning tarkibida ko'p miqdorda, ya'ni 50 % gacha organik moddalar, makro- va mikro- elementlar va o'simlik o'sishi uchun zarur bo'lgan boshqa moddalar bo'ladi, bu moddalarning tuproqda tanqisligi esa dehqonchilikda asosiy muammo hisoblanadi. Shu bilan bir qatorda noan'anaviy o'g'itlar ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish, uni qo'lashning amaliy, ilmiy echimlarini topish taqozo etadi.

Rivojlangan mamlakatlarda ham (Angliya, Germaniya, Rossiya, Koreya, Xitoy va boshqalar) chiqindi va qoldiqlardan o'g'it sifatida foydalanadilar. Bu esa mamlakatning o'g'itga talabini 20-30 % ini tashkil qiladi. Bizning respublikamizda chiqindi va qoldiqlardan foydalanishga alohida e'tibor qaratilgan va ko'plab ilmiy-amaliy izlanishlar olib borilgan. Bu borada Tuproqunoslik va agrokimyo ITI, O'zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti, Paxta selektsiyasi, urug'chiligi va etishtirish agroteknologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti (O'zPITI), O'zbekiston Davlat tabiatni muhofaza qilish qo'mitasining "Vodgeo" instituti, Samarqand veterinariya va meditsina instituti (Samarqand qishloq xo'jaligi instituti) va boshqa ko'plab tashkilotlar qishloq xo'jaligida turli chiqindi, qoldiqlardan noan'anaviy o'g'itlar tayyorlash borasida bir qator olimlar jumladan, akademik Sh.S.Namazov, I.T.Shamshidinov, G.E.Melikulova, R.Q.Qo'ziyev, J.S.Sattorov, M.M.Toshko'ziyev, A.A.Karimberdiyeva, A.Ergashov, J.Ikromov, U.Qosimov, N.Urazmatov, G.O'rinboyevlar, B.Niyazaliyev, L.Mirzayev, Sh.M.Bobomurodov, Sh.Ch.Mamiyev, B.Izbosarov, F.Xamroyev, X.Toshev, S.A.Azimboyev, B.S.Zokirov, B.S.Musayev, N.M.Ibragimov va boshqalar tomonidan olib borilgan va hozirda ham ilmiy izlanishlar davom etmoqda.

Bugungi kun qishloq xo'jaligida foydalanilishga yaroqli, mavjud chiqindi, qoldiqlardan noan'anaviy o'g'itlar tayyorlashni albatta yo'lga qo'yish zarur. Noan'anaviy o'g'itning afzalligi shundaki, birinchidan, ular arzon xom-ayosh hisobiga olinadi, ikkinchidan, joyning o'zida tayyorlangani sabab transport harajatlari kam, uchinchidan atrof-muhit toza holatda tutiladi, to'rtinchidan noan'anaviy o'g'it tarkibida mineral o'g'itlarda yo'q oziq moddalar bo'lgani uchun va ta'sir kuchi uzoq davom etishi bilan farqlanib, noan'anaviy o'g'itlar tuproq xossalarini yaxshilab, qishloq xo'jalik ekinlari hosildorligini oshiradi, sifatini yaxshilaydi. Noan'anaviy o'g'itlar bilan tuproqqa o'simlik uchun zarur bo'lgan barcha oziq elementlar bilan bir vaqtda ancha miqdorda mikroorganizmlar ham tushadi va mikroorganizmlar tuproq mikroflorasini boyitib, uning tarkibida kechadigan mikrobiologik jarayonlar (chirish, mineralizatsiya, ammonifikatsiya) ni faollashtiradi, organik birikmalarni chiritadi, tuproqdagi suvda erimaydigan mineralarni ham parchalaydi, fosfor, kaliy va boshqa kul elementlarni ham harakatchan shaklga o'tkazadi va o'simlikning ular bilan ta'minlanganligini yaxshilaydi. Noan'anaviy o'g'itlarning yana bir ahamiyati shundaki, tuproqni SO₂ bilan boyitadi, bu esa o'simlik o'sib, rivojlanishi, hosiliga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Masalan, bizni ma'lumotlarimiz bo'yicha, kuzgi bug'doy 1 gektardan o'rtacha 50-55 tsG'ga don hosili shakllantirishi uchun o'simlik tomonidan gektariga 200 kg SO₂ ni ta'lab qiladi, buning uchun esa tuproqqa gektariga 20-30 tonna tayyorlangan noan'anaviy o'g'it qo'llanilishi kerak deganidir. SO₂ gazining kontsentratsiyasini oshishi o'simlikdagi fotosintez mahsuldorligini o'simlik tomonidan oziq elementlarni noan'anaviy o'g'itlar hisobidan olishga qiyinchilik tug'ilmaydi, chunki o'simlik kerakli vaqtga foydalana olishga sharoit yaratadi. Shuning uchun noan'anaviy o'g'itni turli me'yor va nisbatda tayyorlash mumkin, bo'lib tayyorlanadigan chiqindi va qoldiqlar tarkibiga bog'liq bo'ladi.

Hozirgi etapda qishloq xo'jaligida ekinlar tuproqda ekilsa ham hosilni ko'tarish funksiyasini o'g'it bajaradi. Er sharida ko'payib borayotgan aholining Qishloq xo'jalik va oziq-ovqat maxsulotlari havfsizligini bir gektardan olinadigan hosildorlikni oshiribgina ta'minlash mumkin. Bunday vazifani xolos o'g'it yordamida amalga oshirsa bo'ladi. Shu tufayli er sharida juda ko'p mamlakatlarda, jumladan O'zbekistonda ham o'g'it ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan va rivojlanib bormoqda. Dunyoda 2014 yili 180 mln.t. o'g'it ishlab chiqarilgan bo'lsa, 2022 yili 220 mln.t o'g'it ishlab chiqarish rejalashtirilmoqda. O'g'it ko'paytirish bilan hosil o'z-o'zidan oshmaydi. Yildan-yilga ko'payib borayotgan o'g'itni aql bilan ilmiy asosda qo'llashni o'rganish lozim bo'lmoqda.

Bugungi kunda er osti suvi yaqin, sho'rlangan, eroziyaga uchragan, mexanik tarkibi engil bo'lgan tuproqlar uchun alohida o'g'it qo'llash tizimini ishlab chiqish o'g'it samarasini oshiradi. Hozirga paytda ishlab chiqariladigan o'g'itlarning ko'pchiligini tarkibida 2-3 ta oziq elementi mavjud va ular kompleks o'g'itlar hisoblanadi. Bu o'g'itlarni har xil tuproqlarda jiddiy sinovlardan o'tkazib ishlab chiqarishga tavsiya qilinsa yaxshi bo'ladi, chunki bu o'g'itlar tuproqqa tushgandan keyin har xil o'zgarishlar, jarayonlar borib ijobiy yoki salbiy oziq muhiti yuzaga kelishi noma'lum. Ko'payib barayotgan o'g'itning maxsulotlar sifatiga va atrof

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

muhitga ta'sirini ham doimo o'rganib borish kerak. O'g'itlar ta'sirini xujayra, molekula, atom darajasiga o'rganmasdan turib o'g'itni to'g'ri qo'llash muammosini echib bo'lmaydi.

O'g'itni qo'llash bo'yicha o'rganilishi va echilishi kerak bo'lgan ilmiy va amaliy muammolarni juda ko'p sanash mumkin. Har yili ko'plab o'g'itlar ishlab chiqarilaversa, biz uni to'g'ri qo'llay bilmasak, hosildorlikni oshiraolmay qolamiz va jiddiy qiyinchiliklar paydo bo'ladi. Buning uchun yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashni ko'paytirish ayni muddao buladi [1].

Tadqiqot ob'ekti va qo'llanilgan metodlar

Tajriba o'tkazish, biometrik kuzatuvlar olib borish, tuproq, o'simlik namunalari olish ularning tarkibida azot, fosfor, kaliyning har xil birikmalari miqdorini aniqlash "Metodo" agroximicheskix analizov pochv i rasteniy Sredney Aziy" qo'llanmasida berilgan usullar bilan amalga oshirildi [2]. Tajriba natijalarini ishonchlilik darajasi B.A.Dospexovning "Metodika polevo'x opo'tov" kitobida berilgan matematik usul bilan aniqlandi [3].

Olingan natijalari va ularning tahlili

Dunyoda bebaho narsalardan biri – bu azotli, fosforli va kaliyli o'g'itlardir. Bu degani hosili mavj urib turgan g'o'za, g'alla, sabzavot va poliz ekinlari dalalaridir.

Biroq respublikada hozircha qishloq xo'jaligining barcha oziqa elementlariga talabi to'liq qondirilayotgani yo'q. Azotli o'g'itlar (ammiak selitrasi, karbamid, suyuq ammiak, ammiak suvi, ammoniy sulfat) mamlakatni o'zida etarli darajada ishlab chiqariladi. Fosforli (ammofos, superfos va h.k.zo) o'g'it ham O'zbekistonda ishlab chiqariladi. Biroq etarli miqdorda emas. Kaliyli o'g'itlar (KCI, KCI·NaCI va h.k.zo) Dehqonobod zavodida ishlab chiqarilmoqda. Qolgan mikro – (S, Ca, Mg, Fe) va mikroelementlarni (B, Mu, Mo, Zn, Cu, Co va h.k.zo) o'simliklar tuproq va beriladigan mahalliy o'g'itlardan oladilar. Etishmaydigan oziqa elementlarni etkazib berishning boshqa imkoniyatlari ham bor.

Sanoat, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi atrofida aholi yashaydigan joylarda doimo chiqindi va qoldiqlar mavjud. Bu qoldiqlar o'z tarkibida organik moddalar va barcha biofil elementlarni saqlaydi hamda ular albatta zararli va zaharli narsalardan tozalanishi shart. Demak, shu qoldiq va chiqindilarni o'g'itga yoki o'g'itsimon massaga aylantirilsa, ularni qishloq xo'jaligida foydalanish mumkin bo'ladi.

Bunday o'g'itlar birinchidan organik qism va ko'proq makro va mikroelementlar saqlasa, ikkinchidan juda arzon turadi va fermer uchun xarajatni kamaytiradi. Bunday o'g'itlarni tayyorlash uchun alohida texnologiyalar zarur bo'ladi. Kanalizatsiya massasining qattiq qismi, daraxtlarning kuzda to'kilgan barglari, chuchuk suv loyqasi va hokozo qoldiqlar go'ng yordamida organomineral noan'anaviy o'g'itlarga aylantirilgan. Qoldiqlar tarkibidagi organika, azot, fosfor va kaliy miqdorlari 1- jadvalda berilgan.

1-jadval

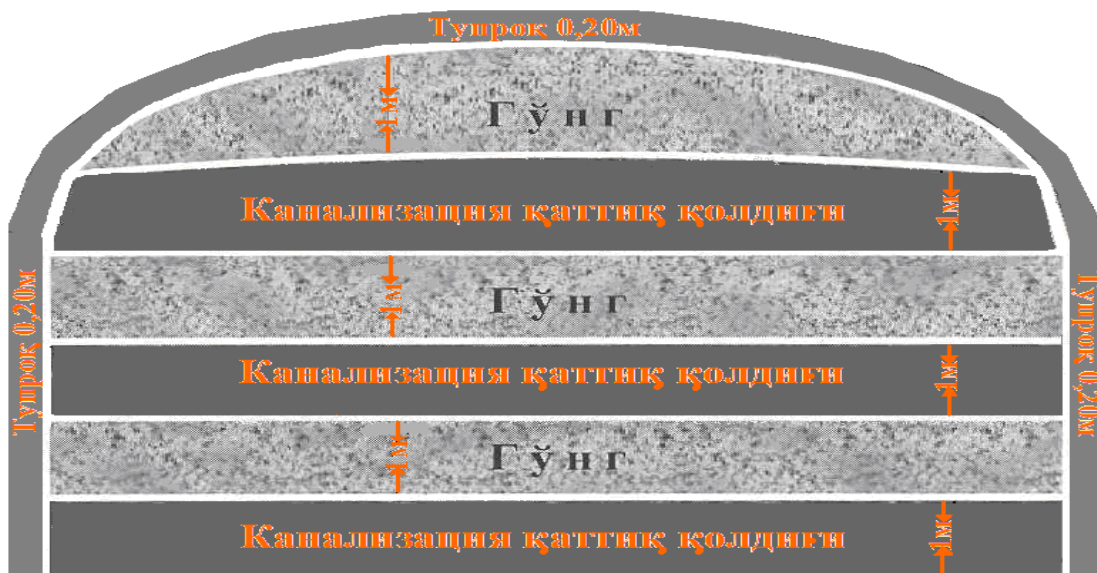
Qoldiq va chiqindilarda oziqa elementlar miqdori, %

Qoldiqlar nomlari	Umumiy miqdori , %			
	C	N	P	K
Kanalizatsiya chiqindisining qattiq qobig'i (30 %)	5,91	0,46	0,26	0,25
Daraxtning to'kilgan barglari (15 % namligi bilan	38,3	0,68	0,19	0,28
Chuchuk suv loyqasi (40 % namligi bilan)	7,51	0,45	0,23	0,60

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Qoramol go'ngi (65 % namligi bilan)	6,83	0,48	0,21	0,55
---	------	------	------	------

Ko'rinib turibdiki yuqorida keltirilgan qoldiqlar organika va oziqa moddalarni foydali darajada ko'p saqlaydi. Bu qoldiqlarni o'g'itga aylantirish uchun ularni go'ng bilan qat-qat qilib aralashtiriladi (1- rasm).



1- rasm. Chiqindi va qoldiqlardan noan'anaviy o'g'itlar olish texnologiyasi.

Aralashgan massa go'ng ta'sirida chiriy boshlaydi. Natijada barcha oziqa moddalar ajraladigan suyuqliklar tarkibiga o'tadi va ular butun massa tomonidan shimib olinadi. Go'ng va har qanday qoldiq hidsiz va zararsiz bir xil massaga aylanadi. Massani yarim chirigan holatini topib uni qishloq xo'jaligida o'g'it sifatida foydalanish mumkin.

Yuqorida aytilgan qoldiq va chiqindilardan olingan noan'anaviy o'g'itlarning kimyoviy tarkibi 2 – jadvalda berilgan.

2-jadval

Noan'anaviy o'g'itlar tarkibi, %

Noan'anaviy o'g'itlar	N	P	K
Go'ng-kanalizatsiya qoldiqlari	0,51	0,29	0,44
Go'ng-daraxt barglari	0,60	0,22	0,46
Go'ng-chuchuk suv loyqasi	0,49	0,29	0,61

Jadval ko'rsatishicha tayyorlash jarayonida hosil bo'lgan noan'anaviy o'g'it qoldiqlarga nisbatan ham oziqa elementlarga boyroq bo'ladi. Ikkinchidan, qoldiqlar hisobida organik o'g'it miqdori ko'payadi. Bunday o'g'itlar respublikamiz sug'oriladigan tuproqlari uchun suvdek zarur. Jadvalda keltirilgan noan'anaviy o'g'itlarni har qanday tuproqqa shudgordan oldin, ekishdan avval va qator orasiga qo'llasa ham bo'ladi. Tuproqda makro va mikro elementlar ko'payib boradi [4].

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

Xulosa.

1. O'g'itlar tarkibida harakatchan shakldagi oziqa birikmalar ko'p bo'ladi. Organik tarkibidagi oziqa elementlar ham sekin-asta harakatchan shaklga o'tib o'simlik oladigan zahirani to'ldirib boradi.

2. Tuproqda makro va mikro elementlar ko'payib boradi. Tuproqda tabiiy oziqa elementlarni ko'payishi esa tuproq unumdorligini oshiradi.

3. Noananaviy o'g'itlar tuprok xossalarini yaxshilaydi. Shudgordan oldin noananaviy o'g'itlarni qo'llash ahamiyatli xisoblanadi. Noananaviy o'g'itlar oson o'zlashtiriladigan moddaga aylanadi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Sattorov J. Qoldiq va chiqindilarning har xil turlarini o'g'it sifatida ishlatish // Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami.- Buxoro, 2006. – 5 -b.

2. Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии Издание 5-е. -Т.: 1977. -12-18 -б.

3. Доспехов Б.А.Методика полевого опыта. -М.: 1985. – С. 248-255.

4. Atoev B.Q., Qaypnazarov J.J. Tuproqda organika, makro va mikro elementlarni ko'paytirish agrotexnologiyasi // O'zbekiston qishloq xo'jaligi jurnalining "Agroilm" ilmiy ilovasi jurnali. -Toshkent, 2022. №4. - 76 b.

Muallif:

Atoev Baxtiyor Qo'ldoshevich, qishloq xo'jaligi fanlari doktori, katta ilmiy xodim. **E-mail:**

baxtiyor.atoev@mail.ru

UDK 595.71:504.5(575.14)

**COLLEMBOLA AS BIOINDICATORS OF ANTHROPOGENIC IMPACT: EFFECTS OF SOIL pH,
HEAVY METALS AND TEMPERATURE IN INDUSTRIAL ZONES (A CASE STUDY OF NAVOI
MINING AND METALLURGICAL COMPLEX)**

KOLLEMBOLA TURLARIGA ANTROPOGEN TA'SIRIDA BIOINDIKATSIYALASHDAGI O'RNI:
TUPROQNING pH, OG'IR METALLAR VA HARORATNING TA'SIRI (NAVOIY KON-
METALLURGIYA KOMBINATI MISOLIDA)

КОЛЛЕМБОЛЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: ВЛИЯНИЕ pH
ПОЧВЫ, ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ (НА ПРИМЕРЕ
НАВОЙСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА)

Hamidullayev Fatxulla Lutfulla o'g'li, Xalilova Umida Abduxalil qizi,

Olimjonova Sevinch Odiljonovna

O'zbekiston Milliy Universiteti, 100174, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: hamidullayevfatxulla@gmail.com, E-mail: umidahalilova217@gmail.com

Abstract. Collembola (springtails) are among the most sensitive soil mesofauna organisms and serve as reliable bioindicators of environmental pollution. This review investigates the combined effects of soil pH, heavy metal contamination, and temperature fluctuations on Collembola communities in industrial zones, with a focus on the area surrounding the Navoi Mining and Metallurgical Complex (NMMC) in Uzbekistan. Field studies were conducted at 27 sampling stations located at distances of 0.5 to 25 km from the complex, with a total of 243 soil samples collected during two seasonal expeditions (September 2025 and April 2026). The results demonstrate that proximity to NMMC correlates with significantly reduced Collembola density, species richness, and Shannon-Wiener diversity index (H'). Soil pH values near the complex ranged from 4.5 to 5.5, substantially lower than the optimal range of 6.5–7.5 observed at reference sites. Elevated concentrations of Cd, Pb, Zn, and Cu were detected within a 2 km radius, coinciding with minimal faunal diversity. Temperature analysis revealed that anthropogenic heat emissions further stress Collembola populations beyond natural seasonal variation. The transition from euedaphic to atmobiont ecomorphs was observed as a consistent

response to increasing pollution gradients. These findings confirm the value of Collembola as sensitive bioindicators for assessing the ecological state of soils in industrially impacted zones.

Keywords: Collembola, bioindicators, soil pollution, heavy metals, soil pH, Navoi Mining and Metallurgical Complex, ecomorphs, Shannon-Wiener index, anthropogenic impact, soil temperature.

Annotatsiya. Kollembola (bahorqanotlilar) tuproq mezofaunasining eng sezgir vakillari bo'lib, atrof-muhit ifloslanishining ishonchli bioindikatorlari hisoblanadi. Ushbu adabiyotlar tahlili maqolasida Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) atrofida sanoat zonasini misol sifatida olgan holda tuproq pH, og'ir metallar va harorat o'zgarishlarining Kollembola jamoalariga kompleks ta'siri o'rganilgan. Dala tadqiqotlari NKMK dan 0.5 dan 25 km gacha bo'lgan masofada joylashgan 27 ta stansiyada o'tkazildi; jami 243 ta tuproq namunasi 2025-yil sentabr va 2026-yil aprel oyidagi ikki mavsumiy ekspeditsiya davomida to'plandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, NKMK ga yaqinlik Kollembola zichligi, tur xilma-xilligi va Shannon-Wiener indeksining (H') sezilarli darajada kamayishi bilan bog'liqdir. Kombinat yaqinidagi tuproq pH qiymatlari 4.5–5.5 oralig'ida bo'lib, nazorat stansiyalaridagi optimal 6.5–7.5 qiymatidan ancha past. 2 km radiusda Cd, Pb, Zn va Cu ning yuqori konsentratsiyalari aniqlandi. Harorat tahlili shuni ko'rsatdiki, antropogen issiqlik emissiyalari Kollembola populyatsiyalariga tabiiy mavsumiy o'zgarishlardan tashqari qo'shimcha stress yaratadi. Ifloslanish gradiyenti ortishi bilan euedafik ekoformadan atmobiont ekoformaga o'tish kuzatildi.

Tayanch so'zlar: Kollembola, bioindikatorlar, tuproq ifloslanishi, og'ir metallar, tuproq pH, NKMK, ekoformalar, Shannon-Wiener indeksi, antropogen ta'sir, tuproq harorati.

Аннотация. Коллемболы (хвосточки) являются одними из наиболее чувствительных представителей почвенной мезофауны и служат надёжными биоиндикаторами загрязнения окружающей среды. Данный обзор посвящён комплексному воздействию pH почвы, тяжёлых металлов и температуры на сообщества коллембол в промышленных зонах на примере зоны влияния Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК). Полевые исследования проводились на 27 станциях, расположенных на расстоянии 0.5–25 км от НГМК, в ходе двух сезонных экспедиций (сентябрь 2025 и апрель 2026) было отобрано 243 образца почвы. Результаты показывают, что близость к НГМК связана со значительным снижением численности и видового разнообразия коллембол. Значения pH почвы в критической зоне составляли 4.5–5.5, что значительно ниже оптимального диапазона 6.5–7.5. Повышенные концентрации Cd, Pb, Zn и Cu выявлены в радиусе 2 км. Антропогенный нагрев усиливал стресс для популяций коллембол сверх естественной сезонной изменчивости. Переход от эуэдафичных к атмобийонтным экоморфам зафиксирован как характерная реакция на усиление градиента загрязнения. Полученные данные подтверждают высокую ценность коллембол как чувствительных биоиндикаторов для оценки экологического состояния почв в зонах промышленного воздействия.

Ключевые слова: коллемболы, биоиндикаторы, загрязнение почвы, тяжёлые металлы, pH почвы, НГМК, экоморфы, индекс Шеннона-Уинера, антропогенное воздействие, температура почвы.

Introduction.

Soil contamination from industrial activities represents one of the most critical environmental challenges of the 21st century, particularly in regions with intensive mining and metallurgical operations [1]. The Navoi Mining and Metallurgical Complex (NMMC) in Uzbekistan is one of Central Asia's largest industrial enterprises, and its operations have generated significant concerns regarding the ecological integrity of surrounding soils [2]. Assessing the ecological condition of soils requires sensitive, reliable biological indicators that can reflect cumulative pollution effects rather than single-point chemical measurements.

Collembola (springtails, Order Collembola) are hexapods belonging to the class Entognatha and represent one of the most abundant and diverse groups of soil mesofauna, with densities often exceeding 10,000–100,000 individuals per square meter in undisturbed ecosystems [3]. Their direct contact with soil particles, dependence on soil moisture and temperature, feeding on fungi and decaying organic matter, and rapid reproductive response to environmental changes make them exceptionally responsive bioindicators [4]. According to Hopkin (1997), Collembola are among the most suitable organisms for evaluating soil quality in industrially impacted zones [5].

Despite decades of international research on Collembola ecology, relatively few studies have examined these organisms in the context of Central Asian industrial zones, particularly in the arid and semi-arid

environments of Uzbekistan. The NMMC zone, characterized by uranium ore processing, gold extraction, and chemical production, represents a unique multi-pollutant environment where the interactive effects of pH depression, heavy metal accumulation, and elevated temperatures require comprehensive investigation.

The present review synthesizes existing literature on the effects of soil pH, heavy metal contamination, and temperature on Collembola communities, and integrates original field data collected from 27 stations in the NMMC influence zone. The aim of this study is to evaluate Collembola fauna as bioindicators of anthropogenic soil pollution, to characterize the ecomorphological response patterns under industrial stress, and to establish ecological gradient zones based on combined physico-chemical parameters.

Materials and Methods. Field investigations were conducted during two seasonal expeditions: September 2025 (post-summer, early autumn) and April 2026 (early spring), in the territory surrounding the Navoi Mining and Metallurgical Complex (NMMC/NKMK), Navoi region, Uzbekistan (latitude 40.09°N, longitude 65.37°E). This two-season design allowed comparison of Collembola community structure under contrasting thermal conditions. A total of 27 sampling stations were established along radial transects extending from 0.5 km to 25 km from the industrial complex perimeter, representing a pollution gradient from highly impacted to near-natural reference conditions [6].

At each station, soil samples (n = 243 total; 9 samples per station) were collected from the upper 0–15 cm horizon using standard soil zoological methods. Collembola were extracted using high-gradient Berlese-Tullgren funnels over a 72-hour period. Specimens were preserved in 70% ethanol, identified to species level using keys of Gisin (1960) [7], Fjellberg (1998, 2007) [8], and Potapov (2001) [9], and classified into ecomorphs (atmobiont, hemiedaphic, euedaphic) following the system of Dunger (1983) [10]. Soil pH was determined in 1:2.5 water suspension using a pH-meter (HANNA HI9813-6). Soil and air temperatures were recorded using calibrated digital thermometers at each sampling event. Heavy metal concentrations (Cd, Pb, Zn, Cu) were analyzed by atomic absorption spectrophotometry (AAS) at the laboratory of the Institute of General and Inorganic Chemistry, Uzbekistan Academy of Sciences. The bioavailability of heavy metals was assessed in relation to soil pH according to Kabata-Pendias (2011) [11].

Species diversity was calculated using the Shannon-Wiener index ($H' = -\sum p_i \times \log_2 p_i$) and Margalef species richness index. Spearman rank correlation coefficients were computed between Collembola density, diversity indices, and abiotic parameters (pH, temperature, heavy metal concentrations). Principal Component Analysis (PCA) was performed to identify major environmental gradients driving community composition. Statistical analyses were conducted using STATISTICA 10.0 and R software [12].

Results and Discussion.

3.1. Effects of Soil pH on Collembola Communities

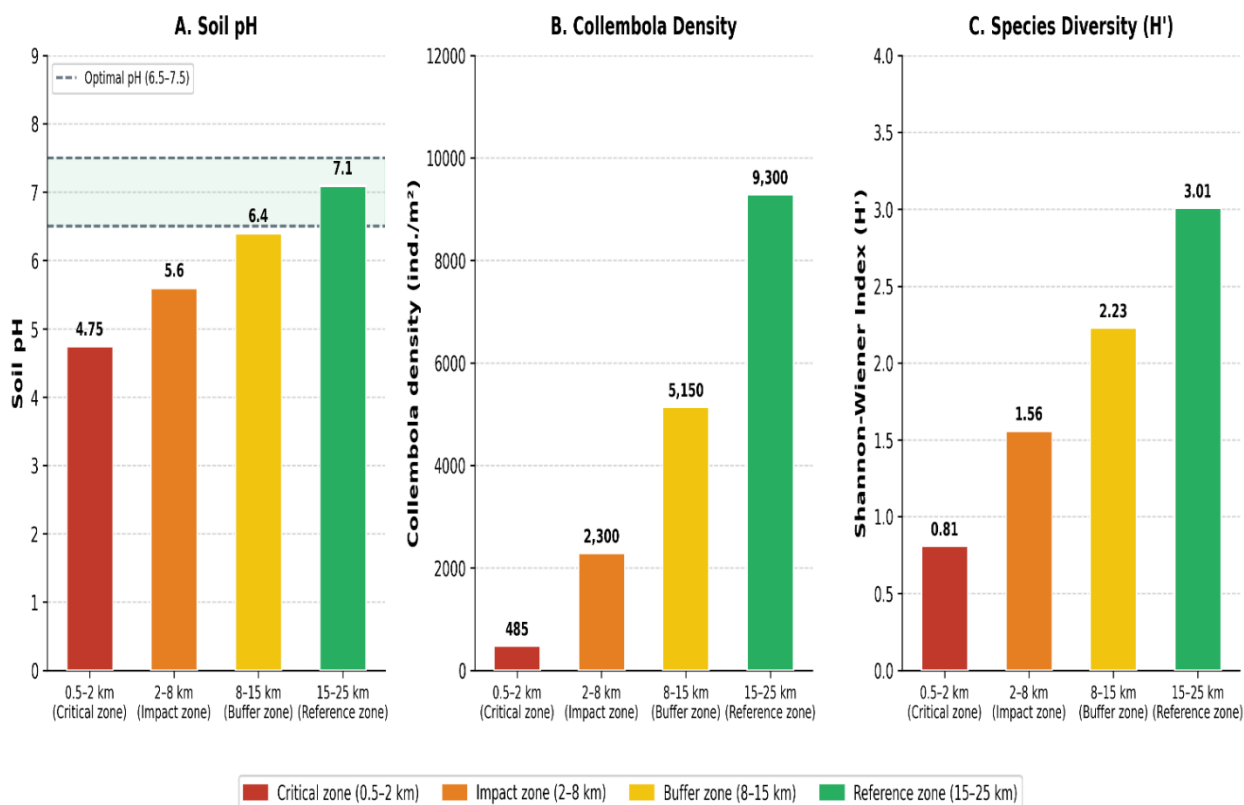
Soil pH emerged as one of the most significant determinants of Collembola distribution across the NMMC gradient. At stations within 0.5–2 km of the complex, pH values ranged from 4.3 to 5.6, while at reference stations (15–25 km), pH averaged 6.8–7.4 (Table 1). This acidification pattern is consistent with the deposition of sulfur dioxide and other acidifying compounds generated by metallurgical processes [13].

Collembola density showed a strong positive correlation with soil pH ($r_s = 0.84$, $p < 0.001$). In stations with $pH < 5.0$, mean density was 487 ± 92 ind./m², compared to $9,840 \pm 1,120$ ind./m² at near-neutral reference stations. Shannon-Wiener diversity index followed a similar pattern, ranging from $H' = 0.72$ in the critical zone to $H' = 3.18$ at reference sites. These findings align with Van Straalen and Verhoef (1997), who reported optimal Collembola diversity at pH 6.0–7.5 and severe decline below pH 5.0 [14].

The mechanisms underlying pH sensitivity include direct physiological stress through disruption of cuticle integrity, impaired osmoregulation at extreme pH values, and indirect effects through reduction of fungal food resources. Furthermore, acidic conditions enhance the mobility and bioavailability of toxic heavy metals, creating a synergistic stress effect [11].

Table 1. Soil pH, Collembola density, and Shannon-Wiener diversity index across distance gradient from NMMC

**Figure 1. Collembola community parameters along the NMMC pollution gradient
(Navoi Mining and Metallurgical Complex, Uzbekistan)**



3.2. Heavy Metal Contamination and Collembola Response

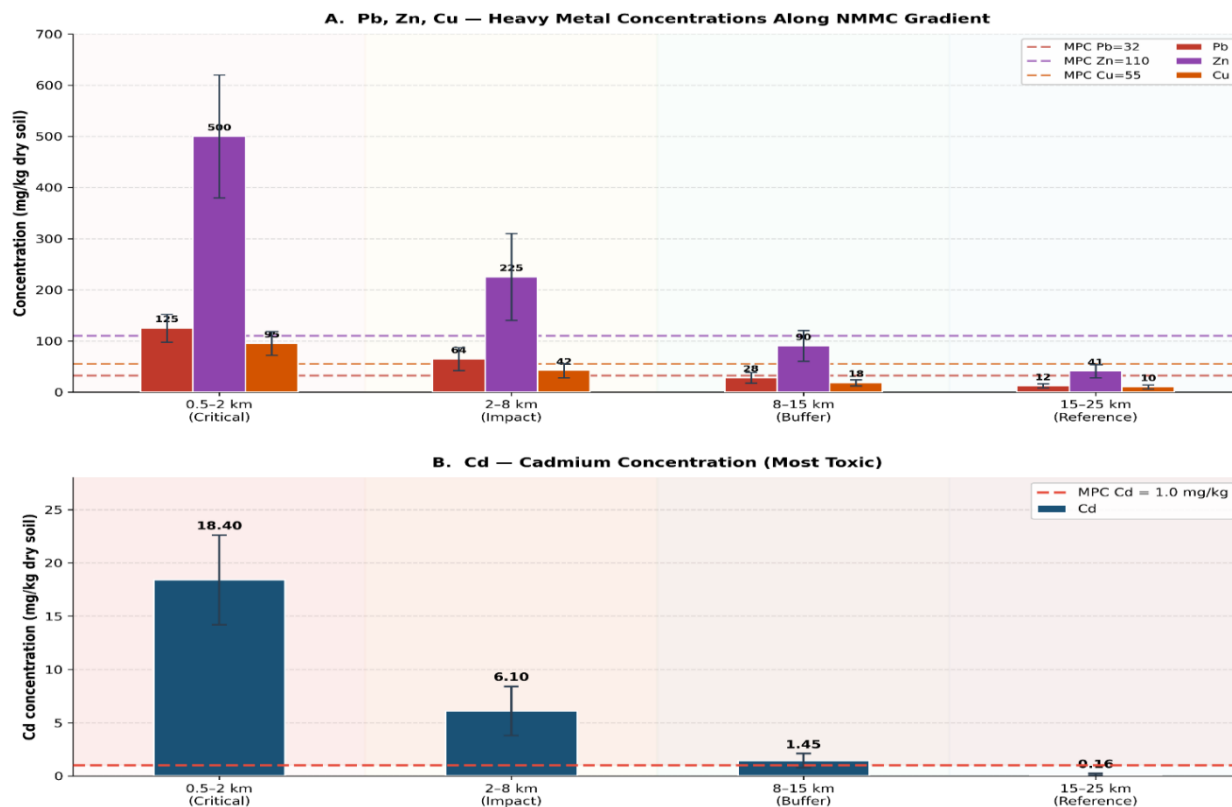
Analysis of heavy metal concentrations revealed a pronounced gradient from NMMC outward. Cadmium (Cd), lead (Pb), zinc (Zn), and copper (Cu) concentrations all decreased significantly with increasing distance (Table 2). Within 2 km of the complex, Cd concentrations reached 18.4 mg/kg dry weight, exceeding Uzbekistan's maximum permissible levels (1.0 mg/kg) by more than 18-fold. Pb concentrations averaged 124 mg/kg in the critical zone, compared to 12 mg/kg at reference stations.

The relationship between heavy metal contamination and Collembola was strongly negative. Cd showed the highest correlation with reduced diversity ($r_s = -0.91$, $p < 0.001$), consistent with its recognized status as the most ecotoxicologically relevant metal for soil organisms [15]. The combined toxic effect index, calculated as the sum of metal concentrations normalized to their respective threshold values, showed near-perfect inverse correlation with Shannon-Wiener diversity ($r_s = -0.88$).

The pH-metal interaction is particularly critical: as soil acidification progresses near NMMC, metal bioavailability increases nonlinearly. At pH 5.0, Cd solubility increases approximately 10-fold compared to pH 7.0 [11]. This synergistic effect explains why the most severely impacted stations show Collembola community collapse even when individual metal concentrations are below acute toxicity thresholds. Among the observed tolerance mechanisms, metal-tolerant ecotypes of *Folsomia candida* and *Isotoma viridis* were identified at intermediate distance stations (2–8 km), suggesting local adaptation through metallothionein-based detoxification [16]. These findings are consistent with Fountain and Hopkin (2005), who documented genetic differentiation in Collembola populations from contaminated sites [17].

Table 2. Heavy metal concentrations (mg/kg dry soil) at selected NMMC gradient stations

Figure 2. Heavy Metal Concentrations (mg/kg) in Soils Along the NMMC Pollution Gradient (Navoi Mining and Metallurgical Complex, Uzbekistan)



3.3. Temperature Effects and Natural vs. Anthropogenic Variation

Both soil and air temperatures showed significant anthropogenic modification near NMMC. At stations within 1 km, mean soil temperature (0–5 cm depth) was 3.2–4.8°C higher than at reference stations, attributable to industrial heat emissions, reduced vegetation cover, and altered soil albedo from deposited industrial dust [2]. Seasonal temperature amplitude was also greater near the complex. Collembola activity is known to be optimal between +5°C and +25°C, with populations undergoing vertical migration to deeper soil horizons when surface temperatures exceed this range [5]. In polluted zones near NMMC, the combined thermal and chemical stress created double-barrier conditions: high surface temperatures discouraged surface-active atmobiont species, while toxic soil conditions prevented euedaphic species from persisting at depth.

Natural temperature variation in the study area is characterized by a continental semi-arid climate, with summer air temperatures reaching 38–42°C and winter minima of –15°C. Anthropogenic heating compressed the vertical activity zones for soil fauna and extended the period of heat stress. Our field expeditions conducted in September 2025 (post-summer, early autumn) and April 2026 (early spring) captured two contrasting thermal states of the soil system. In the September 2025 campaign, residual heat stress was still evident at stations within 5 km of NMMC, where hemiedaphic Collembola abundance was reduced by more than 78% compared to reference stations. By contrast, the April 2026 sampling revealed partial recovery of Collembola populations at intermediate distances (5–15 km), while critical zone stations (less than 2 km) remained suppressed, indicating that thermal and chemical stressors jointly prevent seasonal recovery in the most impacted areas.

3.4. Ecomorphological Shifts as Pollution Indicators

The ecomorph composition of Collembola communities proved to be a highly informative indicator of pollution gradient. In natural reference conditions, euedaphic species (deep-dwelling, unpigmented, blind, with reduced appendages) comprised 45–55% of total Collembola abundance, reflecting well-structured soil with rich organic matter and stable microbial activity. Hemiedaphic species comprised 30–40%, and atmobiont forms (surface-active, pigmented, long appendages) 10–15%. Across the NMMC gradient, a systematic replacement of euedaphic by atmobiont ecomorphs was observed. At critical zone stations (0.5–2 km), atmobiont species constituted up to 72% of total abundance, with euedaphic forms reduced to less than 8%.

This shift reflects the destruction of deep soil microhabitats by chemical contamination, compaction, and loss of organic substrate. Atmobiont species, being more mobile and capable of escaping adverse soil conditions, persist longer in disturbed environments.

This ecomorphological shift represents a diagnostic bioindication signal: the atmobiont:euedaphic ratio increased from 0.3 in reference conditions to 9.0 in critical zones (30-fold increase), providing a quantitative pollution index independent of species-level identification, which requires specialist expertise [10].

Conclusion. This review and field study demonstrate that Collembola fauna serve as highly sensitive, multi-parameter bioindicators of anthropogenic soil pollution in the NMMC industrial zone. The combination of soil pH depression, elevated heavy metal concentrations (particularly Cd and Pb), and anthropogenic temperature increases creates synergistic stress that results in quantifiable, progressive degradation of Collembola communities along a distance gradient from 0.5 to 25 km.

Key findings include: (1) soil pH values below 5.5 near NMMC are associated with more than 90% reduction in Collembola density; (2) Cd concentrations exceeding MPC by 18-fold in critical zones are strongly correlated with community collapse ($r_s = -0.91$); (3) ecomorphological shift from euedaphic to atmobiont ecomorphs provides a robust, early-warning pollution signal; and (4) the Shannon-Wiener index successfully differentiates four ecological gradient zones (critical, impact, buffer, reference).

The study recommends the adoption of Collembola bioindication protocols in routine monitoring of industrial zones in Uzbekistan, including standardized 27-station transect designs aligned with existing chemical monitoring networks. Future research should focus on molecular ecotoxicology of metal-tolerant Collembola ecotypes and integration of Collembola data into regional soil quality indices.

References:

1. Hamidullayev F.L., Rakhimov M.Sh. Navoiy kon-metallurgiya kombinati atrofidagi tuproq faunasi. // O'zMU Xabarlari. – 2026.
2. Abdullayev S.A. Ecological state of soils in the Navoiy industrial region. – Tashkent: Fan, 2020. – 186 p.
3. Hopkin S.P. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). – Oxford: Oxford University Press, 1997. – 330 p.
4. Rusek J. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. // Biodiversity and Conservation. – 1998. – No. 7(9). – P. 1207–1219.
5. Hopkin S.P. Collembola // Encyclopedia of Soil Science. CRC Press. – 2006. – P. 263–266.
6. Hamidullayev F.L., Rakhimov M.Sh. Spatial distribution of Collembola ecomorphs near NMMC industrial zone. // Bulletin of Kokand State Pedagogical Institute. – 2026.
7. Gisin H. Collembolenfauna Europas. – Genève: Museum d'Histoire Naturelle, 1960. – 312 p. (in French)
8. Fjellberg A. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I. Poduromorpha. Fauna Entomologica Scandinavica. – 1998. – Vol. 35. – 184 p.
9. Potapov M.B. Isotomidae. Fauna of Russia and Neighboring Countries. – St. Petersburg: Nauka, 2001. – 543 p. (in Russian)
10. Dunger W. Tiere im Boden. – Wittenberg: Ziemsen Verlag, 1983. – 280 p. (in German)
11. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. – Boca Raton: CRC Press, 2011. – 534 p.
12. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. – Vienna, 2023.
13. Santorufu L. et al. Soil invertebrates as tools for monitoring urban soil quality. // Applied Soil Ecology. – 2012. – Vol. 60. – P. 88–98.
14. Van Straalen N.M., Verhoef H.A. The development of a bioindicator system for soil acidity. // Journal of Applied Ecology. – 1997. – Vol. 34. – P. 217–232.
15. Filser J. The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling. // Pedobiologia. – 2002. – Vol. 46. – P. 234–245.
16. Fountain M.T., Hopkin S.P. Folsomia candida (Collembola). // Annual Review of Entomology. – 2005. – Vol. 50. – P. 201–222.
17. Ponge J.F. et al. Collembolan communities as bioindicators. // Soil Biology and Biochemistry. – 2003. – Vol. 35. – P. 813–826.

Mualliflar:

Hamidullayev Fatxulla Lutfulla o'g'li – O'zbekiston Milliy universiteti, Biologiya va ekologiya fakulteti, Zoologiya kafedrasi magistranti. ORCID: 0009-0000-5423-7891. E-mail: hamidullayevfatxulla@gmail.com

Xalilova Umida Abduxalil qizi – O'zbekiston Milliy universiteti, Biologiya va ekologiya fakulteti, Zoologiya kafedrasi magistranti. ORCID: 0009-0005-3076-5703

E-mail: umidahalilova217@gmail.com |

Olimjonova Sevinch Odiljonovna – O'zbekiston Milliy universiteti, Biologiya va ekologiya fakulteti, 24-03 guruh bakalavr talabasi.

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

CONTENTS

PHYSICS-MATHEMATICS

Tursunmakhatov Kakhramon Irisbayevich, Ikromkhonov Erkinjon Shokirjon o'g'li, Khusenov Fazliddin Sulaymon o'g'li, Saydullayev Abduhalim Abdusalim o'g'li. ASYMPTOTIC NORMALIZATION COEFFICIENT FOR $^{11}\text{B}+\text{p}\rightarrow^{12}\text{C}$ FROM THE $^{11}\text{B}(^3\text{He},\text{d})^{12}\text{C}$ REACTION.....	3
Kabulov Rustam Rashidovich, Xajiyev Mardonbek Ulug'bekovich, Istamov Damir Botirovich, Gaymnazarov Kurban Gulmuratovich, Xajiyeva Sevich Mardonbek qizi, Xojabaev Bolat Kaldibaevich. TECHNOLOGY FOR PRODUCING INORGANIC HOLE TRANSPORT LAYERS FOR PHOTOVOLTAIC DEVICES BASED ON PEROVSKITES.....	9
Mamatov Jurabek Saydullayevich. PURSUIT-EVASION GAME ON A GRAPH WITH EDGES OF VARYING LENGTHS.....	14
Kalandarov Abdukayum, Anorbayev Madamin Mahmud o'g'li, Berdiqulova Vazira Hasan qizi. MIXED PROBLEM FOR A QUASILINEAR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION WITH A DELAYED ARGUMENT OF NEUTRAL TYPE.....	17

BIOLOGY

Karshibaev Hazratkul Kilichievich. ABOUT THE QUALITY AND GERMINATION OF SEEDS OF UZBEK MEDICINAL ASTRAGALUS.....	21
Bo'riboyeva Sohiba. SHTOKROZA (<i>ALCEA ROSAE</i> L) ORNAMENTAL AND MEDICINAL PLANT.....	25

CHEMISTRY

Yettibayeva Lolaxon Abdumalikovna, Toychiyev Elbek Juraboy ugli. DETERMINATION OF FLAVONOIDS IN <i>PUNICA GRANATUM</i> L. BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY.....	29
Tojikulov Abdukhalil Abdujalil o'g'li, Mamatkulova Moxira Bosimovna, Usmonov Fozil Dilmurod o'g'li. DETERMINATION OF AMYGDALIN IN <i>Prunus dulcis</i> var. <i>Amara</i> . FRUITS BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY.....	33

TECHNICAL SCIENCES

Xodjiyev Muksin Tadjiyevich, Eshmurodov Dilmurod Dismurod o'g'li, Kuziyev Bekzod Nasriddinovich, Toshqulov Iskandar Isroil o'g'li. EXISTING SEPARATORS USED IN COTTON PROCESSING PROCESSES AND RESEARCH RELATED TO THEIR ANALYSIS.....	38
Xudayberdiyev Ikram Akramovich. EFFECT OF ROLLER WEDGE-SECTION HEIGHT ON THE PERFORMANCE OF A WEDGE-SHAPED ROLLER-LEVELER.....	45
Babaxanova Xalima Abishevna, Ataxanova Nodira Habibullo qizi, Tursunboyeva Nozima Habibullo qizi, Sadriddinova Nigora Jumadulla qizi. APPLICATION OF BASALT FIBERS IN PAPER PRODUCTION.....	48

AGRICULTURE

Musurmanov Alisher Amirqulovich Khayitalieva Madina Khudoyarovna Muratkasimov Alisher Sattarovich. INFLUENCE OF DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE DURATION OF PHENOLOGICAL DEVELOPMENT STAGES OF CHICKPEA UNDER RAINFED AGRICULTURAL.....	55
Atoyev Baxtiyor Qo'ldoshevich. NON - TRADITIONAL FERTILIZERS OF PREPARATION TECHNOLOGY.....	58
Hamidullayev Fatxulla Lutfulla o'g'li, Xalilova Umida Abduxalil qizi, Olimjonova Sevinch Odiljonovna. COLLEMBOLA AS BIOINDICATORS OF ANTHROPOGENIC IMPACT: EFFECTS OF SOIL pH, HEAVY METALS AND TEMPERATURE IN INDUSTRIAL ZONES (A CASE STUDY OF NAVOI MINING AND METALLURGICAL COMPLEX).....	63

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,**
Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2

MUNDARIJA

FIZIKA-MATEMATIKA

Tursunmakhatov Kakhramon Irisbayevich, Ikromkhonov Erkinjon Shokirjon o'g'li, Khusenov Fazliddin Sulaymon o'g'li, Saydullayev Abduhalim Abdusalim o'g'li. $^{11}\text{B}(\text{}^3\text{He}, \text{d})^{12}\text{C}$ REAKSIYASIDAN $^{11}\text{B} + \text{p} \rightarrow ^{12}\text{C}$ UCHUN ASIMPTOTIK NORMALLASH KOEFFITSIYENTI.....	3
Kabulov Rustam Rashidovich, Xajiyev Mardonbek Ulug'bekovich, Istamov Damir Botirovich, Gaymnazarov Kurban Gulmuratovich, Xajiyeva Sevil Mardonbek qizi, Xojabaev Bolat Kaldibaevich. PEROVSKIT FOTOVOLTAIK QURULMALARI UCHUN NOORGANIK KOVAKLI TRANSPORT QATLAMLARINI OLISH TEXNOLOGIYASI.....	9
Mamatov Jurabek Saydullayevich. QIRRALAR UZUNLIKLARI TURLI BO'LGAN GRAFDA QUVISH-QOCHISH O'YINI.....	14
Kalandarov Abdukayum, Anorbayev Madamin Mahmud o'g'li, Berdiqulova Vazira Hasan qizi. KECHIKUVCHI ARGUMENTLI NEYTRAL TURDAGI XUSUSIY HOSILALI KVAZICHIZIQLI TENGLAMA UCHUN ARALASH MASALA.....	17

BIOLOGIYA

Karshibayev Hazratkul Kilichiyevich. UZBEKISTON DORIVOR ASTRAGALLARINING URUG' SIFATI VA UNUVCHANLIGI TO'G'RSIDA.....	21
Bo'riboeva Sohiba. PUSHTI BAXMALGUL (<i>ALCEA ROSAE</i> L) XUSHMANZARA VA DORIVOR O'SIMLIK.....	25

KIMYO

Yettibayeva Lolaxon Abdumalikovna, Toychiyev Elbek Juraboy ugli. <i>PUNICA GRANATUM</i> L. TARKIBIDAGI FLAVONOIDLARNI YUQORI SAMARALI SUYUQLIK XROMATOGRAFIYASI USULI YORDAMIDA ANIQLASH.....	29
Tojikulov Abdukhalil Abdujalil o'g'li, Mamatkulova Moxira Bosimovna, Usmonov Fozil Dilmurod o'g'li. <i>Prunus dulcis</i> var. <i>amara</i> . MEVALARIDAGI AMIGDALINNI YUQORI SAMARALI SUYUQ XROMATOGRAFIYA YORDAMIDA ANIQLASH.....	33

TEXNIKA FANLARI

Xodjiyev Muksin Tadjiyevich, Eshmurodov Dilmurod Dismurod o'g'li, Kuziyev Bekzod Nasriddinovich, Toshqulov Iskandar Isroil o'g'li. PAXTANI QAYTA ISHLASH JARAYONLARIDA FOYDALANILAYOTGAN MAVJUD SEPARATORLAR VA ULARNI TAHLILIGA OID TADQIQOTLAR.....	38
Xudayberdiyev Ikram Akramovich. PONASIMON G'ALTAKMOLALI MOLA-TEKISLAGICH G'ALTAKMOLA PONASIMON QISMINING BALANDLIGINI MOLA-TEKISLAGICHNING ISH KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRI.....	45
Babaxanova Xalima Abishevna, Ataxanova Nodira Habibullo qizi, Tursunboyeva Nozima Habibullo qizi, Sadriddinova Nigora Jumadulla qizi. QOG'OZ ISHLAB CHIQRISHDA BAZALT TOLALARIDAN FOYDALANISH.....	48

QISHLOQ XO'JALIGI

Musurmanov Alisher Amirqulovich Khayitalieva Madina Khudoyarovna Muratkasimov Alisher Sattarovich. LALMIKOR MAYDONLARDAGI TURLI EKISH TEXNOLOGIYALARINING NO'XAT O'SIMLIGI RIVOJLANISH FAZALARI DAVOMIYLIGIGA TA'SIRI.....	55
Atoyev Baxtiyor Qo'ldoshevich. NOAN'ANAVIY O'G'IT TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI.....	58
Hamidullayev Fatxulla Lutfulla o'g'li, Xalilova Umida Abduxalil qizi, Olimjonova Sevinch Odiljonovna. KOLLEMBOLA TURLARIGA ANTROPOGEN TA'SIRIDA BIOINDIKATSIYALASHDAGI O'RNI: TUPROQNING pH, OG'IR METALLAR VA HARORATNING TA'SIRI (NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI MISOLIDA).....	63

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА

Турсунмахатов Кахрамон Ирисбаевич, Икромхонов Эркинжон Шокиржон угли, Хусенов Фазлиддин Сулаймон угли, Сайдуллаев Абдухалим Абдусалим угли. АСИМПТОТИЧЕСКИЕ НОРМИРОВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ $^{11}\text{B} + p \rightarrow ^{12}\text{C}$ ИЗ РЕАКЦИИ $^{11}\text{B} (^3\text{He}, d) ^{12}\text{C}$	3
Кабулов Рустам Рашидович, Хажиев Мардонбек Улугбекович, Истамов Дамир Ботирович, Гаймназаров Курбан Гулмуратович, Хажиева Севич Мардонбек кизи, Хожабаев Болат Калдибаевич. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ДЫРОЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОВ.....	9
Маматов Журабек Сайдуллаевич. ИГРА ПРЕСЛЕДОВАНИЯ–УКЛОНЕНИЯ НА ГРАФЕ С РЕБРАМИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ.....	14
Каландаров Абдукаюм, Анорбаев Мадамин Махмуд угли, Бердикулова Вазира Хасан кизи. СМЕШАННАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ КВАЗИЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ НЕЙТРАЛЬНОГО ТИПА	17

БИОЛОГИЯ

Каршибаев Хазраткул Киличиевич. О КАЧЕСТВЕ И ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ЛЕКАРСТВЕННЫХ АСТРАГАЛОВ УЗБЕКИСТАНА.....	21
Бурибоева Сохиба. ШТОКРОЗА (<i>ALCEA ROSAE</i> L) ДЕКОРАТИВНЫЕ И ЛЕКАРСТВЕННОЕ РАСТЕНИЕ.....	25

ХИМИЯ

Еттибаева Лолахон Абдумаликовна, Тойчиев Элбек Журабой угли. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В <i>PUNICA GRANATUM</i> L. МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	29
Тожикулов Абдухалил Абдужалил угли, Маматкулова Мохира Босимовна, Усмонов Фозил Дилмурод угли. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИГДАЛИНА В ПЛОДАХ <i>Prunus dulcis</i> var. <i>amara</i> МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ.....	33

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ходжиев Муксин Таджиевич, Эшмуродов Дилмурод Дусмурод угли, Кузиев Бекзод Насриддинович, Тошкулов Искандар Исроил угли. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СУЩЕСТВУЮЩИЕ СЕПАРАТОРЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОСВЯЩЁННЫЕ ИХ АНАЛИЗУ.....	38
Худайбердиев Икрам Акрамович. ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ КЛИНОВИДНОЙ ЧАСТИ КАТКА НА РАБОЧИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛИНОВИДНОГО КАТКОВО-ВЫРАВНИВАТЕЛЯ.....	45
Бабаханова Халима Абишевна, Атаханова Нодира Хабибулло кизи, Турсунбоева Нозима Хабибулло кизи, Садриддинова Нигора Жумадулла кизи. ПРИМЕНЕНИЕ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ.....	48

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Мусурманов Алишер Амиркулович, Хайталиева Мадина Худояровна, Мураткасимов Алишер Саттарович. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ РАЗВИТИЯ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ БОГАРНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	55
Атоев Бахтиёр Кулдошев. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ.....	58
Хамидуллаев Фатхулло Лутфулло угли, Халилова Умида Абдухалил кизи, Олимжоновна Севинч Одилжоновна. КОЛЛЕМБОЛЫ КАК БИОИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: ВЛИЯНИЕ pH ПОЧВЫ, ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ (НА ПРИМЕРЕ НАВОЙСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА).....	63

*** GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI AXBOROTNOMASI,** **Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari seriyasi. 2026. № 2**

«Guliston davlat universiteti axborotnomasi» ilmiy jurnali mualliflari diqqatiga!

1. «Guliston davlat universiteti axborotnomasi» ilmiy jurnali quyidagi sohalar bo'yicha ilmiy maqolalarni o'zbek, rus va ingliz tillarida chop etadi:
 - Tabiiy, qishloq xo'jaligi, texnika fanlari (fizika-matematika, biologiya, kimyo, texnika fanlari, qishloq xo'jaligi).
 - Gumanitar - ijtimoiy fanlar (pedagogika, filologiya, ijtimoiy fanlar).
2. E'lon qilinadigan maqolalarga bo'lgan asosiy talablar: ishning dolzarbligi va ilmiy yangiligi; maqolaning hajmi: adabiyotlar ro'yxati, chizma va jadvallar inobatga olingan holatda 9-10 betgacha; maqola nomi, annotatsiya (180-200 ta so'z) va tayanch so'zlar (8-10 ta) ingliz, o'zbek va rus tillarida keltiriladi.
3. Maqola boshida UDK, mavzu, muallifning F.I.O.(to'liq yozilishi kerak), tashkilot, shahar, mamlakat, muallifning E-mail, annotatsiya (namunaga qarang) berilib, keyin matn keltiriladi. Matnda kirish qismi, tadqiqot ob'yekti va qo'llanilgan metodlar, olingan natijalar va ularning tahlili, xulosa, adabiyotlar ro'yxati (kirill va lotin imlosida, namunaga qarang) albatta keltiriladi. Maqolada keyingi 10-15 yilda e'lon qilingan adabiyotlarga havola qilinishi tavsiya etiladi.
4. Matn uchun: Microsoft Word; Times New Roman, 12 shrift, maqola nomi bosh harflarda, interval 1,5; abzas 1,0 sm, yuqori va pastki tomon 2 sm, chap tomon 3 sm, o'ng tomon 1,5 sm.

Namuna:

UDK 581.14

REPRODUCTION CHARACTERISTICS OF *GOBELIA PACHYCARPA* (FABACEAE) IN THE ARID ZONES OF UZBEKISTAN **O'ZBEKISTONNING QURG'OQCHIL MINTAQASIDA *GOBELIA PACHYCARPA* (FABACEAE)NING REPRODUKTSIYASI** **РЕПРОДУКЦИЯ *GOBELIA PACHYCARPA* (FABACEAE) В АРИДНОЙ ЗОНЕ УЗБЕКИСТАНА**

Botirova Laziza Axmadjon qizi¹, Karimova Inobatxon²

¹Guliston davlat universiteti, 120100. Sirdaryo viloyati, Guliston shahri, IV mikrorayon.

²Andijon qishloq xo'jaligi instituti, 150100. Andijon shahri, Uvaysiy ko'chasi 12-uy.

E-mail: liliya_15@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the reproduction processes of 3 populations of *Goebelia pachycarpa* (C.A.Mey.) Bunge in the arid zones of Uzbekistan. While studying the reproductive biology of plants the works of Sasyperova I.F. (1993), Ashurmetov A.A. and Karshibaev H.K. (2002) were used. Seed production of plants was defined according to the methods of Ashurmetov A.A. (1982) and Zlobin Yu.A. (2002). Reproduction strategies of species were determined by Ramenskiy –Grime system.(Abstract 180-200 ta so'zdan kam bo'lmashligi kerak).

Keywords: *Goebelia pachycarpa*, reproduction, reproduction strategy, seed productivity, dissemination, seed and vegetative reproduction, diaspore, seed renewal (8-10 ta).

Annotatsiya. Ushbu maqola *Goebelia pachycarpa* (C.A.Mey.) turining 2 ta populyatsiyasida.....(180-200 ta so'zdan kam bo'lmashligi kerak)

Tayanch so'zlar: *Goebelia pachycarpa*, reproduksiya, (8-10 ta).

Аннотация. Данная статья посвящена к двум популяциям *Goebelia pachycarpa* (C.A.Mey.).....(180-200 шт.)

Ключевые слова: *Goebelia pachycarpa*, репродукция, 8-10 шт.

Matn keltiriladi:

Kirish. Muammoning dorzarbligi asoslanadi va maqsad ko'rsatiladi (maqolaning maqsadi ... aniqlash, ishlab chiqish, tavsiya berish, tasdiqlash, baholash, yechimini topish, ...).

Tadqiqot ob'yekti va qo'llanilgan metodlar...

Olingan natijalar va ularning tahlili...

Xulosa, rahmatnoma (*majburiy emas*) ketma-ketlikda keltiriladi.

5. Foydalanilgan adabiyotlarga havola to'rtburchak qavsda [1], jadval va rasmlarga havolalar esa dumaloq qavslarda keltiriladi (1-jadval), (2-rasm). Jadval va rasmlar matndan keyin berilishi lozim. Ularning umumiy soni 5 tadan oshmasligi kerak.

6. Adabiyotlar ro'yxati matnda kelishi bo'yicha keltiriladi, masalan [1], [2],

Adabiyotlar ro'yxati: (adabiyotlar nomi asl (original) holda keltiriladi)

Kitoblar: Muallif, nomi, shahar, nashriyot, yil va betlar keltiriladi (*Namuna:* 1. Иванов И.И. Лекарственные средства. - М.: Медицина, 1997. - 328 с.)

Maqolalar: Muallif, maqola nomi // Jurnal nomi, yil, №, betlar. (2. Каримова С.К. Адир минтақасининг лола турлари. // О'зб. биол. журн., 2009. - № 2. - Б. 10-18.)

Avtoferatlar: Muallif, nomi: doktorlik. diss. avtoferati, shahar, yil, betlar. (3. Ходжаев Д.Х. Влияние микроэлементов на урожайность хлопчатника: Автореф. дисс... д-ра биол.наук. - Москва, 1995. - 35 с.)

Tezislari: Mualliflar, nomi // To'plam nomi, shahar, yil va betlar. (4. Каршибаев Х.К., Ахмедов Г.А. Биоэкологические исследования видов янтaka // Материалы Респуб. науч. конф. «Кормовые растения Узбекистана». - Гулистан, 2006. - С. 15-17.)

7. Adabiyotlar ro'yxati qo'shimcha lotin imlosida takror keltiriladi:

References:

1. Ivanov I.I. Lekarstvennie sredstva. - M.: Medisina, 1997. - 328 s. (in Russian)

2. Karimova S.K. Adir mintaqasi lola turlari // O'zb. biol. jurn., 2009. - № 2. - B. 10-18.

3. Xodjaev D.X. Vliyaniye mikroelementov na uroжайnost' xlopchatnika: Avtoref. diss... d-ra biol. nauk. - Moskva, 1995. - 35 s. (in Russian)

4. Karshibaev X.K., Ahmedov G.A. Bioekologicheskie issledovaniya vidov yantaka // Materiali Respub. nauch. konf. «Kormovie rasteniya Uzbekistana». - Gulistan, 2006. - S. 15-17. (in Russian)

8. Tahririyat fizik o'lchovlarni keltirishda xalqaro tizim (SI), biologik ob'yektlarni nomlashda xalqaro Kodeks nomenklaturasidan foydalanishni tavsiya etadi. Butun sondan keyingi sonlar nuqta bilan ajratiladi (0.2).

9. Tahririyatga maqolaning elektron varianti topshiriladi. Maqolaning so'ngi betida hamma mualliflarning imzosi bo'lishi shart. Qo'lyozmaga ish bajarilgan tashkilotning yo'llanma xati, tasdiqlangan ekspertiza akti, taqrizlar ilova qilinadi. Maqolaning oxirgi betida mualliflar to'g'risidagi ma'lumotlar keltiriladi. Masalan:

Mualliflar:

Botirova Laziza Axmadjon qizi – Guliston davlat universiteti Dorivor o'simliklar va botanika kafedrasini mudiri, b.f.n., dotsenti. E-mail: liliya_15@mail.ru

Karimova Inobatxon - Andijon qishloq xo'jaligi instituti tadqiqotchisi. E-mail: inobat_90@inbox.ru

10. Tahririyat maqolani taqrizga yuboradi, taqriz ijobiy bo'lsa maqola jurnalda chop etish uchun qabul qilinadi. Maqola jurnalda maxsus hisobga (Guliston davlat universiteti Moliya vazirligi G'aznachiligi x/r. 23402000300100001010, INN 201122919, MFO 00014. Markaziy bank XKKM Toshkent sh. BB STIR 200322757, ShXR 400110860244017094100350002 axborotnoma uchun) mehnatga haq to'lashning bazaviy hisoblash miqdorida (412 000 so'm) to'lov amalga oshirilgandan keyin chop etiladi. Jurnalda anjuman tezislari va ma'ruzalari chop etilmaydi. E'lon qilingan materiallarning haqqoniligi va ko'chirilmaganligiga shaxsan muallif javobgardir.

11. Tahririyat maqolaga ayrim kichik o'zgartirishlarni kiritishi mumkin. Yuqoridagi talablarga javob bermaydigan maqolalar tahririyat tomonidan ko'rib chiqilmaydi va muallifga qaytarilmaydi.

Manzil: O'zbekiston Respublikasi, 120100, Guliston shahri, 4-mavze, Guliston davlat universiteti, Asosiy bino, 4-qavat, 423-xona.

Web site: www.guldu.uz

E-mail: guldu-vestnik@umail.uz

Muharrirlar: U.Mavlyanov, R.Axmedov

Terishga berildi: 2026-yil 15-iyun. Bosishga ruxsat etildi: 2026-yil 30-iyun.

Qog'oz bichimi: 60x84, 1/8. F. A4. Shartli bosma tabog'i 4,5. Adadi 100.

Buyurtma № _____. Bahosi kelishilgan narxda.

«Universitet» bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: 120100, Guliston shahri, 4-mavze, Guliston davlat universiteti,

Asosiy bino, 4-qavat, 423-xona. Tel.: (67) 225-41-76