

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЪ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№1 (82)

Алматы
«Қазақ университеті»
2025



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №1 (82) наурыз



04. 05. 2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Күәлік № 16501-Ж

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады
(наурыз, маусым, қыркүйек, желтоқсан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР

Какимова А.Б., PhD, аға оқытушы (Қазақстан)
e-mail: ardak.kakimova1@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі,
(ғылыми редактор) (Қазақстан)
Колумбаева С.Ж., б.ғ.д., профессор (ғылыми редактордың
орынбасары) (Қазақстан)
Қурманбаева М.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Шалахметова Т.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кенжебаева С.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Атабаева С.Дж., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Садырова Г.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Абилев С.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Тажиева Т.Л., б.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

Бияшева З.М., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Мамитов Н.Ш., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Инелова З.А., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Қушнаренко С.В., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)
Маторин Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)
Рахман Е., PhD, профессор (Қытай)
Тамо Тацуя, PhD, профессор (Жапония)
Аллахвердиев Сулейман, б.ғ.д., профессор (Ресей)
Каримов Б., б.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

ТЕХНИКАЛЫҚ РЕДАКТОР

Омирбекова А.А., PhD, аға оқытушы (Қазақстан)

Экология сериясы қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері,
қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау, биологиялық
алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері бағыттарын қамтиды.



Жоба менеджері

Гүлмира Шаккозова

Телефон: +7 701 724 2911

e-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

ИБ №15692

Пішімі 60x84/8. Көлемі 15,0 б.т. Тапсырыс № 270.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университетінің «Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

Баспа журналдың ішкі мазмұнына жауап бермейді.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2025

1-бөлім

**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ
ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА
АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

Section 1

**ENVIRONMENTAL IMPACT
OF ANTHROPOGENIC FACTORS
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Раздел 1

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

FTAMP 87.19.03

<https://doi.org/10.26577/EJE202582101>

**Б.Б. Алиева¹, Ф.Н. Кочеров¹,
Л.И. Раматуллаева¹, Қ.Қ. Құлымбет^{2*}**

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²Ө.О. Оспанов атындағы қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты,
Алматы, Қазақстан

*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

БЕТТІК АҒЫНДЫ СУЛАРДАҒЫ ЛАСТАУШЫ ЗАТТАРДЫ СОРБЦИЯЛЫҚ ТАЗАЛАУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ

Қалалардың даму тұрғысынан жағымсыз салдары су өткізбейтін беттіктердің үлестік ұлғаюы, техногендік қоспалар түрлерінің көбейуі және беттік ағынды сулардағы олардың шоғырының артып кетуі есебінен ағынды су көлемінің артуы және шектен тыс ластануы болып табылады. Бұл мәселелер қалаларда түзілген беттік ағынды суларды тазартудың өзектілігін айқындай түседі. Беттік ағынды сулар құрамындағы ластанушы заттардың негізгі үлесі судың жиналу алаңдарының беттігінен шайылып келеді. Осындай жолмен минералды және органикалық тектегі таразыланған заттардың, мұнай өнімдерінің және ауыр металдардың негізгі бөлігі беттік ағынды суларға түседі. Ұсынылған зерттеу жұмысының мақсаты табиғи сорбенттер перлит және вермикулиттің қалалық беттік ағынды сулардағы мұнай өнімдері мен ауыр металдарды сіңіру үрдісін кинетикалық зерттеуге негізделген. Өсімдіктер мен топырақ микроағзаларының белсенділігінің төмен шарттарында биосүзгі жұмысының жоғары тиімділігін сақтау, сүзгілеу ортасында сорбциялық және ионаламасу қасиеттеріне ие компоненттерді мазмұндайтын перлит пен вермикулиттің болуымен қамтамасыз етіледі. Әдіснамалық тәсілді сорбенттердің ластанушы заттарды адсорбциялау изотермаларын Фрейндлих модельімен толық сипаттауға мүмкіндік берді және жоғары корреляция коэффициентін ($R^2 > 93-98$ аралығында) көрсетті. Мұнан бөлек, алынған тәжірибелік мәліметтерді өңдеу және сорбенттердің сорбциялық көрсеткіштерін анықтау L-типті изотермаларды толыққанды сипаттайтын Ленгмюрдің мономолекулалық сорбция теориясын қолдану арқылы жүзеге асырылды. Табиғи перлит, вермикулит және құрылыстық құм негізінде поликомпонентті сорбенттер кешені беттік ағынды сулардағы ластанушы заттарды тұрақты және экологиялық таза жолмен тазартуға мүмкіндік береді. Зерттеулер барысында алынған нәтижелер және олардың негізінде тұжырымдалған ғылыми қорытындылар Түркістан облысы Кентау қаласының беттік ағынды суларын сорбциялық тазалау жолымен Қосқорған су қоймасының ластану қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған алдағы зерттеу жұмыстарына негіз бола алады.

Түйін сөздер: беттік ағынды сулар, ластанушы заттар, мұнай өнімдері, ауыр металдар, сорбциялық тазалау.

B.B. Alieva¹, Ye.N. Kocherov¹, L.I. Ramatullayeva¹, K.K. Kulymbet^{2*}

¹South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

«U.U. Usanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry», Almaty, Kazakhstan

*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

Study of sorption treatment of pollutants in surface wastewater

The negative consequences of cities in terms of development are the increase in wastewater volumes and excessive pollution due to the increase in the proportion of impermeable surfaces, the increase in the types of technogenic impurities and their concentration in surface wastewater. These problems emphasize the relevance of surface wastewater treatment in cities. The main part of pollutants contained in surface wastewater is washed off the surface of catchment basins. Thus, the main part of suspended substances of mineral and organic origin, oil products and heavy metals gets into surface wastewater. The objective of the proposed research work is based on the kinetic study of the absorption of oil products and heavy metals of urban surface wastewater by natural sorbents perlite and vermiculite. Maintaining high efficiency of the biofilter under conditions of low activity of plants and soil microorganisms is ensured by the presence in the filter medium of components with sorption and ion-exchange properties such as perlite and vermiculite. The methodical approach allowed to fully describe the adsorption isotherms of pollutants by the Freundlich model and showed a high correlation coefficient ($R^2 > 93-98$). In addition, the processing of the obtained experimental data and the determination of the sorption indices

of the sorbents were carried out using the Langmuir monomolecular sorption theory, which fully describes the L-type isotherms. A complex of polycomponent sorbents based on natural perlite, vermiculite and construction sand allows for the purification of surface wastewater from pollutants in a sustainable and environmentally friendly way. The results obtained during the research and the scientific conclusions based on them can form the basis for future research aimed at ensuring the safety of pollution of the Koskorgan Reservoir by sorption purification of surface wastewater in the city of Kentau, Turkestan region.

Key words: surface wastewater, pollutants, petroleum products, heavy metals, sorption purification.

Б.Б. Алиева¹, Е.Н. Кочеров¹, А.И. Раматуллаева¹, Қ.Қ. Құлымбет^{2*}

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, Алматы, Казахстан

*e-mail: qulymbet.qanat@gmail.com

Изучение сорбционной очистки загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах

Негативными последствиями городов с точки зрения развития являются увеличение объемов сточных вод и чрезмерное загрязнение из-за увеличения доли непроницаемых поверхностей, увеличения видов техногенных примесей и их концентрации в поверхностных сточных водах. Эти проблемы подчеркивают актуальность очистки поверхностных сточных вод в городах. Основная часть загрязняющих веществ, содержащихся в поверхностных сточных водах, смывается с поверхности водосборных бассейнов. Таким образом, в поверхностные сточные воды попадает основная часть взвешенных веществ минерального и органического происхождения, нефтепродуктов и тяжелых металлов. Цель предлагаемой научно-исследовательской работы основана на кинетическом исследовании поглощения нефтепродуктов и тяжелых металлов городских поверхностных сточных вод природными сорбентами перлитом и вермикулитом. Сохранение высокой эффективности биофильтра в условиях низкой активности растений и почвенных микроорганизмов обеспечивается наличием в фильтрующей среде, содержащих компоненты, обладающие сорбционными и ионообменными свойствами таких как перлит и вермикулит. Методический подход позволил полностью описать изотермы адсорбции загрязняющих веществ моделью Фрейндлиха и показал высокий коэффициент корреляции ($R^2 > 93-98$). Кроме того, обработка полученных экспериментальных данных и определение показателей сорбции сорбентов проводилась с использованием теории мономолекулярной сорбции Ленгмюра, полностью описывающей изотермы L-типа. Комплекс поликомпонентных сорбентов на основе природного перлита, вермикулита и строительного песка позволяет очищать поверхностные сточные воды от загрязнений устойчивым и экологически чистым способом. Результаты, полученные в ходе исследований, и основанные на них научные выводы могут стать основой для будущих исследований, направленных на обеспечение безопасности загрязнения Коскорганского водохранилища путем сорбционной очистки поверхностных сточных вод города Кентау Туркестанской области.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, загрязняющие вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы, сорбционная очистка.

Кіріспе

Халық санының өсуі, әсіресе дамушы елдерде қатты тұрмыстық қалдықтардың және қалалық ағынды сулардың түзілу көлемін арттыруда. Бұл өз кезегінде беттік ағынды суларды қайта пайдалану үшін қыруар инвестициялық қаражатты талап етеді.

Ағынды суларды тазалау үрдісінің камбат болуына байланысты, кейбір жағдайларда тазалау үймереттерінен төгілетін ағынды сулар қоршаған ортаға төгуге рұқсат беретін талаптардың ерекшеліктеріне сәйкес келмейді. Осыған орай, тіршіліктің көптеген түрлеріне қауіп төндіре отырып, өткір аурулардан бастап созылмалы ау-

рулардың таралуына, қоршаған ортаның ластауына алып келеді [1,2].

Қалалық беттік ағынды сулар әдетте патогенді және азот, фосфор мазмұндайтын заттарды, таразыланған қатты заттар мен органикалық ластаушыларды мазмұндайды. Қоршаған ортаға келетін ауыртпалық әсерлерін төмендету үшін, аталған ластаушы заттардың мөлшерін мүмкін шектік шоғырына дейін төмендетіп, ағынды суларды қауіпсіз қажетке жарату қажет [3,4].

Беттік ағынды сулардағы ластаушы заттардың шоғырын, оттегінің химиялық қажеттілігін (ОХҚ), оттегінің биологиялық қажеттілігін (ОБҚ), таразыланған қатты бөлшектердің жалпы мөлшерін, азот және фосфордың жалпы

мазмұнын төмендету экожүйеге келетін зиянды әсерлерді азайтады. Беттік ағынды суларды тазалаудың тәстүрлі технологияларының құрылысы, қызметі мен даму саталары, әсіресе орталықтандырылмаған қауымдастықтар үшін аса қымбат. Ағынды суларды тазалаудың еі тиімді әдістерінің бірі адсорбциялық үрдіс болып табылады, ол жобалауда және эксплуатациялауда қарапайым, қолдануда ыңғайлы және ерекше күтім үшін қарапайым талаптарды қажет етеді [5].

Бұл технология органикалық және бейорганикалық ластаушы заттардың шоғырын төмендетуге, олардың ішінде судағы нитраттардың [6], перхлораттардың [7], фосфаттардың [8] және фторидтердің [9] шоғырын сәйкесінше адсорбциялық материалдарды қолданып төмендетуге мүмкіндік береді. Сондықтан экономикалық тиімді және экологиялық таза адсорбциялаушы материалдарды қолдана отырып, қалалық беттік ағынды суларды қоршаған ортаға тастаудан алдын тазалау тіршілік қауіпсіздігін қамтамасыз етуші шешім бола алады.

Теймури және т.б. [3] майда дөңді керамзитті толықтырғыш, пемза, перлит және цеолиттен тұратын кеуекті бетонның қалалық беттік ағынды сулардың сапасын жақсартуда қолдану мүмкіндіктерін зерттеген. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, майда дөңді бөлшектер мен адсорбенттерді қосу кеуекті бетонның сығуға беріктігін жоғарылатқанымен, бір мезгілде өткізгіштігі мен кеуектілігінің төмендеуіне алып келді. Цеолит кеуекті бетонның жақсы беріктік сипаттамаларын көрсетсе, пемза тиімді өткізгіштігін қамтамасыз еткен. Перлит секілді адсорбенттің болуы органикалық ластаушы заттардың мөлшерін 40%, ОХҚ 48% және ОБҚ 30,5% төмендетуге мүмкіндік берген.

Қалалық беттік ағынды суларды басқару қазіргі уақытта күрделене түсіп, түрлі ластаушы заттар мен қоспалар үшін креативті шешімдерді қажет етуде [10]. Ағынды суларды тазалауды дамытудағы маңызды өзгерістерді талап ететін шешімдер, тазалау үймереттерінің энергия тиімділігін жоғарылатуды [11], беттік ағынды сулардан таразыланған заттарды аластатуды [12] және бағалы қосымша өнімдерді бөліп алуды [13,14] қарастырады. Қалалық ағынды суларды инновациялық алдыңғы қатарлы конфигурациялы біріншілей тазалау жолымен қатты бөлшектерді максималды бөліп алуды ұсынады. Зерттеушілердің бағалауы бойынша, қатты бөлшектерді

максималды бөліп алу энергияға деген тұтынушылықты 45 кВт·сағ 28 кВт·сағ дейін төмендетуге мүмкіндік берген [15].

Сонымен қатар беттік ағынды сулардағы ауыр металдардың иондарын аластату үшін жүгері целлюлозасынан модификацияланған лиганданы қолдануды ұсынған. Адсорбциялау үрдісі ортаның рН көрсеткішіне тәуелді болатыны анықталған және зерттеу шарттарында рН – 6 мәнін қолданған. Бұл жағдайда мыс иондары жақсы адсорбциялық қабілетін көрсеткен, одан кейін темір, кобальт, хром және никельдің сәйкесінше адсорбциялық қабілеті 280, 240, 220 және 205 мг/г орнатылған [16].

Перлит, цеолит, лигнит, темір қожы, пемза, метакаолин, ұшқыш күл, кремнезем және көмір секілді адсорбенттерді кеуекті өткізгіш бетонның құрамында қолдану судан, еріген судан және беттік ағынды сулардан органикалық ластаушылар мен ауыр металдарды жобға арналған. Аталған адсорбенттер келесі авторлар зерттеулерінде сулы ерітінділерден түрлі қоспаларды аластату үшін қолданылған [17].

Жоғары иондық алмасу қабілетін көрсететін мезакеуектердің көптеген мөлшері цеолит пен перлиттің бағалы қасиеттерінің бірі болып табылады [18-21]. Олар бұрынғы уақытта бетонның құрамында толықтырғыш материал ретінде қолданылған және зерттеулермен дәлелденгендей кеуектілігін 40% және өткізгіштігін 20% төмендете отырып, сығуға беріктігін 20% жоғарылатқан. Сонымен қатар ОХҚ (81%), ОБҚ (80%) және ағынды судың лайлылығын (81%) төмендету қабілеті өте қолайлы болып табылды [22,23].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Перлит және вермикулиттің мұнай өнімдері мен ауыр металдарға қатысты сорбциялық қасиеттерін анықтау кинетикалық қисықтар мен адсорбция изотермасын талдау негізінде жүргізілді. Зерттеу материалдары ретінде Тұрбат кен орнының перлитті шикізаты және Құлантау кен орнының вермикулиті таңдалды. Зерттелудегі материалдардың негізгі сипаттамалары 1 және 2 кестелерде келтірілген.

Сүзгілеу ортасының негізіне аллювиалды құрылыс құмы алынды. Құрылыстық құмның сорбциялық қабілеті төмен болатыны анық, осыған орай оның сорбциялық сыйымдылығын анықтау талап етілмеді.

1-кесте – Тұрбат кен орны перлитінің негізгі қасиеттері

Тотықтардың мазмұны, % масса бойынша									
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	к.к.қ
64,28	0,33	16,02	2,66	2,73	0,67	2,94	4,67	1,86	3,84
Физика-механикалық қасиеттері									
Кеуктенудің температуралық аралығы, °C					1360-1380				
Көлемдік салмағы, кг/м ³					1700-2290				
Орташа тығыздығы, г/см ³					0,64				
Себілу тығыздығы, г/см ³					0,31				
Кеукетену коэффициенті					3,5-4,5				
Гидравликалық белсенділігі, мг					68,7				

2-кесте – Құлантау кен орны вермикулитінің негізгі қасиеттері

Тотықтардың мазмұны, % масса бойынша										
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O+ K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
44,57	1,92	13,34	11,46	3,57	10,51	6,95	0,19	2,45	1,55	3,49
Минералогиялық құрамы, %										
Дала шпаты							37,2			
Амфибол минералдар тобы							28,8			
Гидрослюдалар							24,8			
Карбонаттар							4,1			
Кварцит							2,7			
Апатит							0,8			
Сфен							0,6			
Гранат							0,4			
Эпидот							0,4			
Цоизит							0,2			
Физика-механикалық қасиеттері										
Ылғал сіңірімділігі, %							334-635			
Кеукетену коэффициенті							9-17			
Себілу тығыздығы, кг/м³							80-200			
Көлемдік салмағы, г/см³							0,08-0,2			
Сынғыштығы, %							2,1-5,0			
Деформациялануы, %							4,9-6,0			

Кинетикалық қисық сызығын тұрғызу үшін зерттелетін ауыр металдардың бірін немесе мұнай өнімдерін мазмұндайтын 500 мл ерітіндіге 10 г сорбент қосылды. Дайындалған ерітінді магнитті араластырғыштың көмегімен 5, 10, 20, 40, 80, 160 және 320 минут араластырылып, ластаушы заттардың қалдық шоғырын анықтау үшін үлгілер алынды. Вермикулит қатты

ісінетін сорбент болуына байланысты, 1 тәулік бойында алдын ала дистильденген сумен ылғалдандырылғаннан кейін мұнай өнімдері мен ауыр металдардың сорбциялану көрсеткіштері зерттелді.

Бастапқы ерітіндідегі мұнай өнімдері мен ауыр металдардың шоғыры 3 кестеде келтірілген.

3-кесте – Перлит және вермикулиттегі сорбциялану кинетикасын анықтау барысындағы ерітіндідегі мұнай өнімдері мен ауыр металдардың шоғыры

Көрсетіш	Шоғыр, мг/л
Мұнай өнімдері	50
Темір	50
Мыс	50
Қорғасын	50
Мырыш	50
Алюминий	50
Кадмий	50

Сорбциялау үрдісіне дейінгі және үрдістен кейінгі мұнай өнімдерінің мазмұнын бақылау гравиметриялық әдіспен мұнай өнімдерін төрт хлорлы көміртегімен экстракциялай отырып, ары қарай полярлық көміртектерді алюминий тотығымен воронка арқылы аластату жолымен

бақыланды [24]. Ауыр металдардың мазмұны Spectroquant аспабының көмегімен фотометриялық әдіспен анықталды [25].

Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар

Сорбенттің сорбциялық сыйымдылығы A төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m} \quad (1)$$

мұндағы:

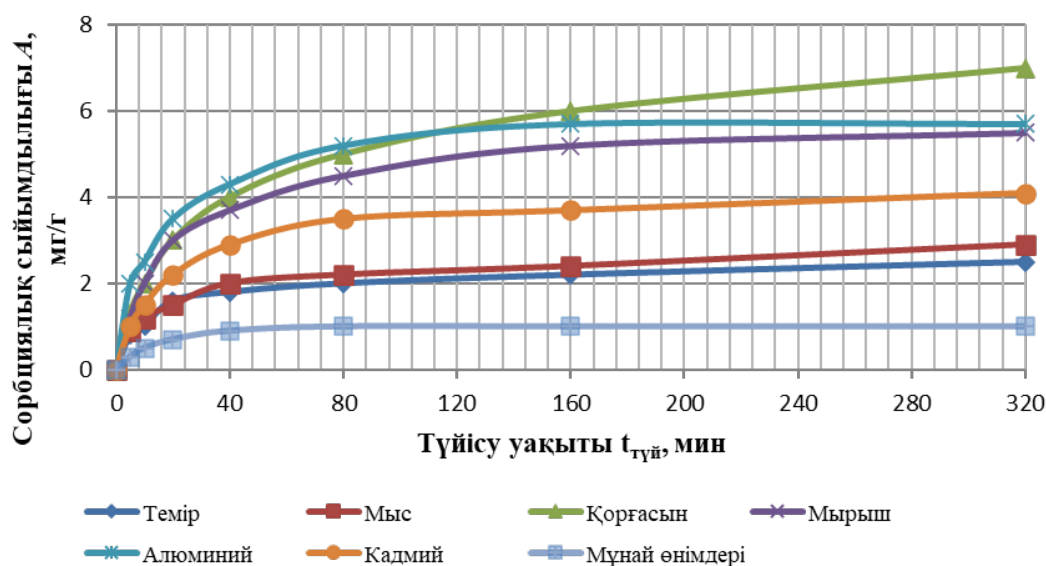
C_0 – ерітіндідегі бастапқы шоғыр, мг/л;

C_p – тепе-теңдік шоғыры, мг/л;

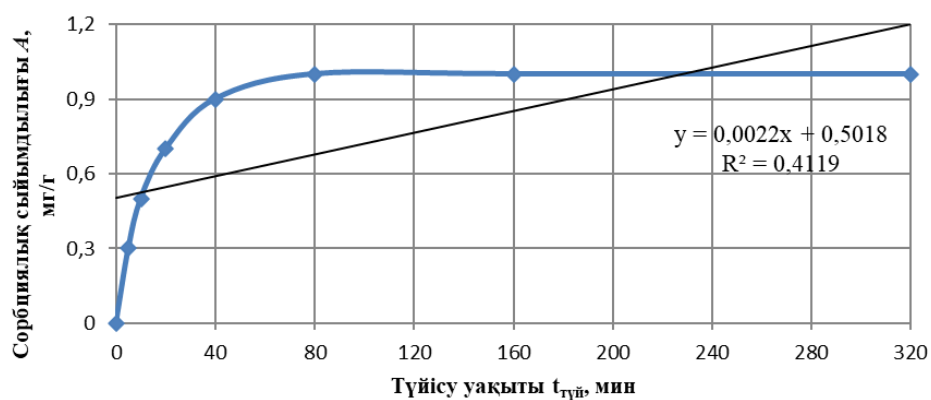
V – ерітіндінің көлемі, л;

m – сорбент үлгісінің салмағы, г.

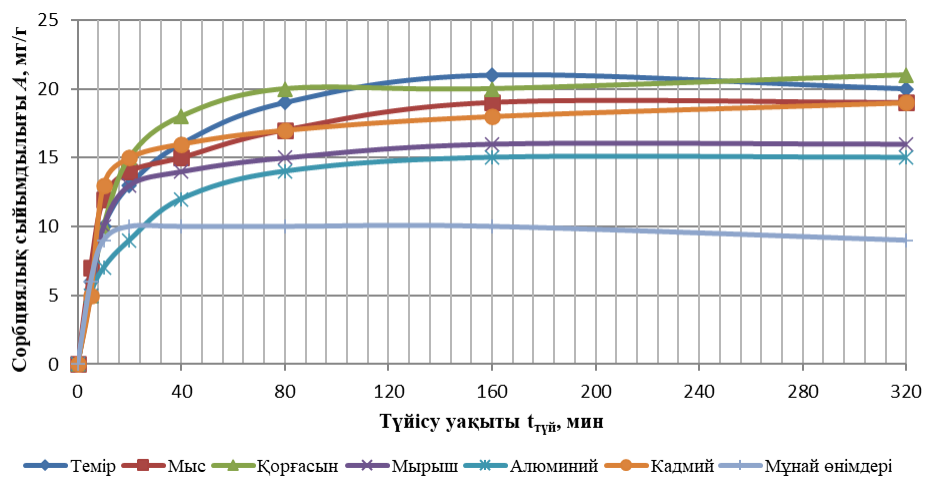
Статикалық шарттарда перлит пен вермикулиттегі ауыр металдардың сорбциялану үрдістерінің кинетикалық қисықтары 1 – 4 суреттерде келтірілген.



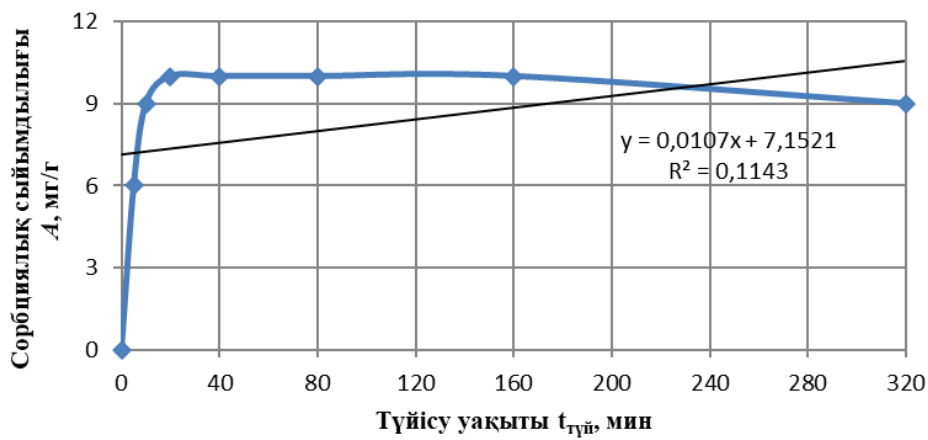
1-сурет – Перлиттегі ауыр металдардың және мұнай өнімдерінің сорбциялану кинетикасының қисықтары



2-сурет – Перлиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялану кинетикасының қисықтары



3-сурет – Вермикулиттегі ауыр металдардың және мұнай өнімдерінің сорбциялану кинетикасының қисықтары



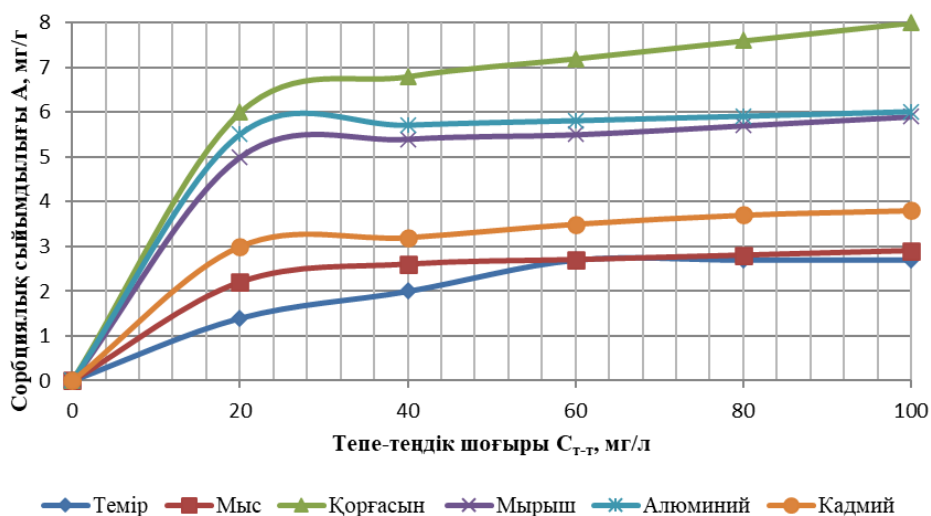
4-сурет – Вермикулиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялану кинетикасының қисықтары

Кинетикалық қисықтарды талдау нәтижелері көрсеткендей, ауыр металдардың және мұнай өнімдерінің перлиттегі және вермикулиттегі тепе-теңдік шоғырлары 40-60 минуттан кейін орын алады.

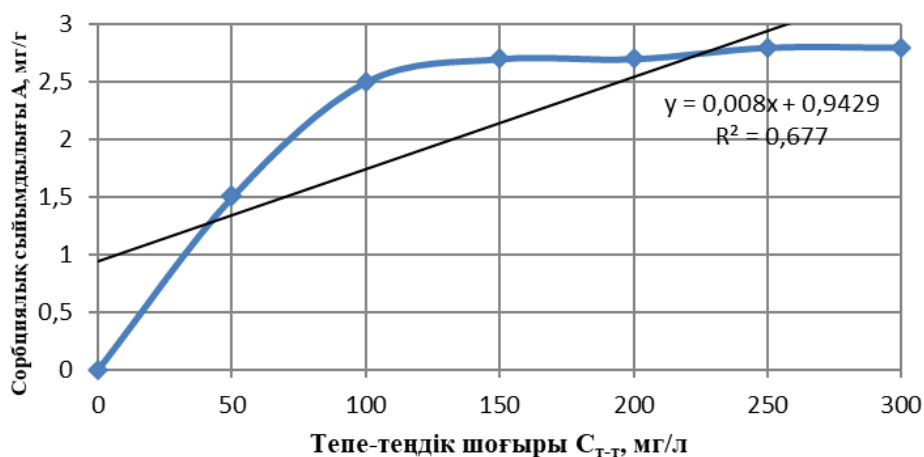
Перлиттегі және вермикулиттегі ауыр металдар мен мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасын құру үшін тұрақты үлгілер мен айнымалы шоғырлар әдісі қолданылды. Адсорбент (перлит немесе вермикулит) үлгісінің салмағы тұрақты түрде 10 г, ал ауыр металдардың шоғыры 50-

150 мг/л аралығында, мұнай өнімдерінің шоғыры 50-250 мг/л аралығында қабылданды. Қатты фазаның сұйық фазаға қатынасы 10:500 құрады. Сорбция үрдісінің кинетикалық қисықтары негізінде орнатылған сорбциялық тепе-теңдік уақыты 60 минут кезінде, ауыр металдар мен мұнай өнімдерінің қалдық шоғырының тұрақтануы орын алады.

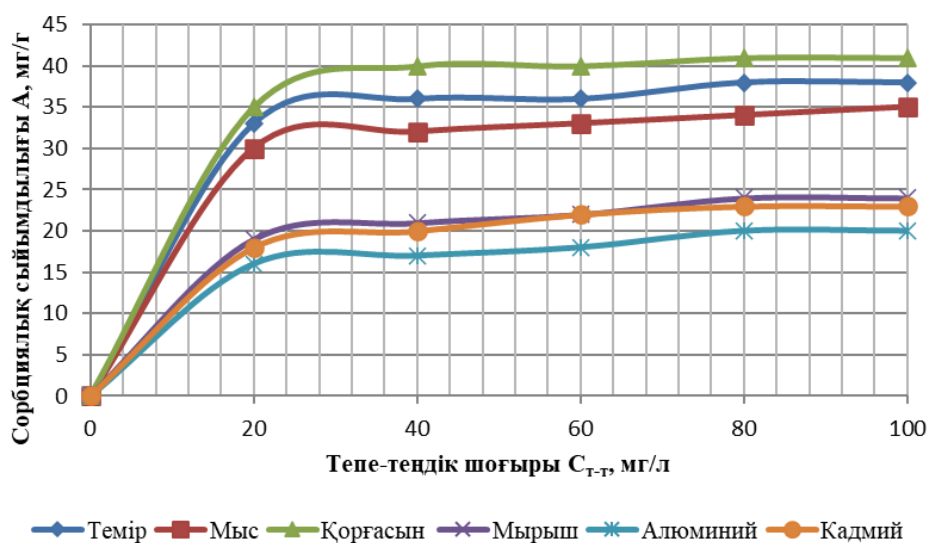
Перлиттегі және вермикулиттегі ауыр металдар мен мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермалары 5 – 8 суреттерде келтірілген.



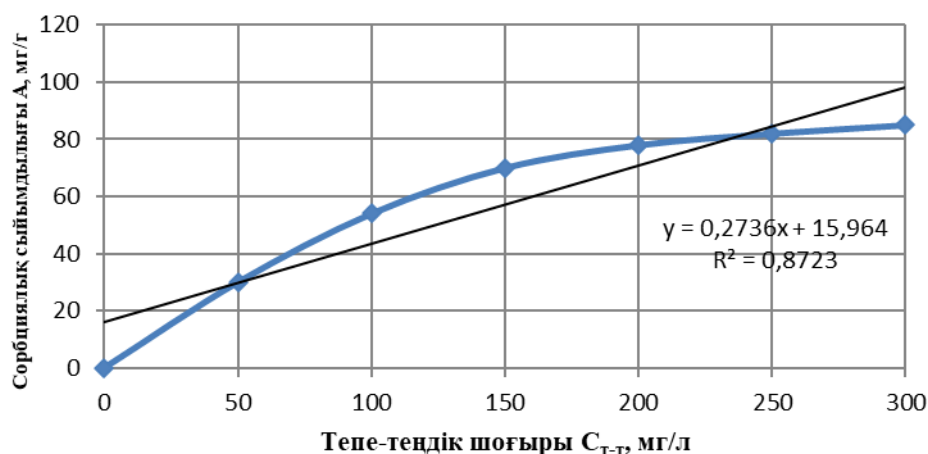
5-сурет – Перлиттегі ауыр металдардың сорбциялық изотермасы



6-сурет – Перлиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасы



7-сурет – Вермикулиттегі ауыр металдардың сорбциялық изотермасы



8-сурет – Вермикулиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасы

Тәжірибелік мәліметтерді өңдеу және сорбенттердің сорбциялық көрсеткіштерін анықтау L-типті изотермаларды толыққанды сипаттайтын Фрейндлих пен Ленгмюрдің мономолекулярлық сорбция теориясын қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Ленгмюр теңдеуі келесі сипатқа ие:

$$A = A_{\infty} \frac{K_L \cdot C}{1 + K_L \cdot C} \quad (2)$$

мұндағы:

A – салыстырмалы адсорбция, мг/г;

A_{∞} – шектік адсорбция, мг/г;

K_L – адсорбциялық тепе-теңдік константасы;

C – адсорбтивтің тепе-теңдік шоғыры, мг/л.

Шектік адсорбция A_{∞} және адсорбциялық тепе-теңдік константасы K_L мәндерін есептеу үшін (2) өрнек келесі түрдегі сызықтық теңдеумен ұсынылды:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\infty}} + \frac{1}{A_{\infty} \cdot K_L} \cdot \frac{1}{C} \quad (3)$$

Ленгмюр теңдеуінің сызықтық формасы (3) C/A – C координаталарындағы сорбция изотермасы бойынша графикалық және аналитикалық жолмен A_{∞} және K_L теңдеулерінің константаларын анықтауға мүмкіндік береді.

Фрейндлих теңдеуі келесі сипатқа ие болады:

$$A = \beta \cdot C^n \quad (4)$$

(4) теңдеудің сызықтық формасы $\lg A$ -ның $\lg C$ -дан сызықтық тәуелділігін көрсетеді және β мен n көрсеткіштерін графикалық және аналитикалық анықтауға мүмкіндік береді:

$$\lg A = \lg \beta + \frac{1}{n} \lg C \quad (5)$$

мұндағы:

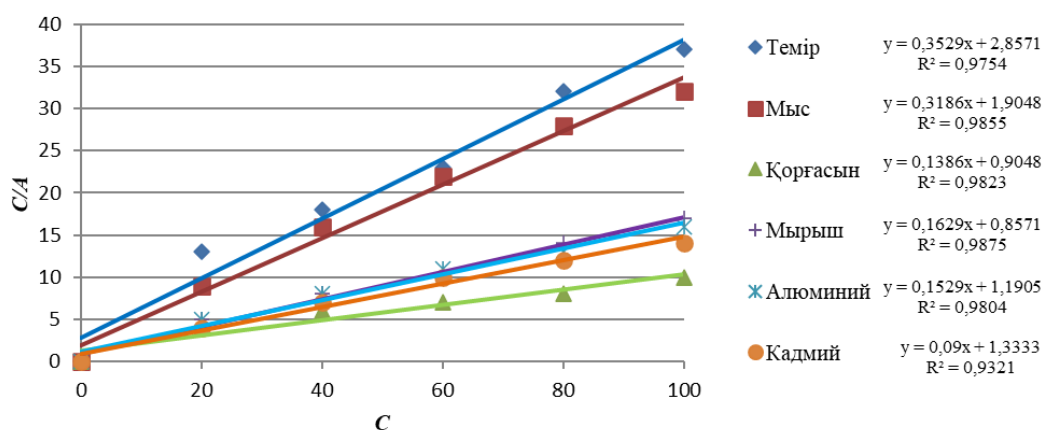
A – салыстырмалы адсорбция, мг/г;

β, n – адсорбциялар константасы;

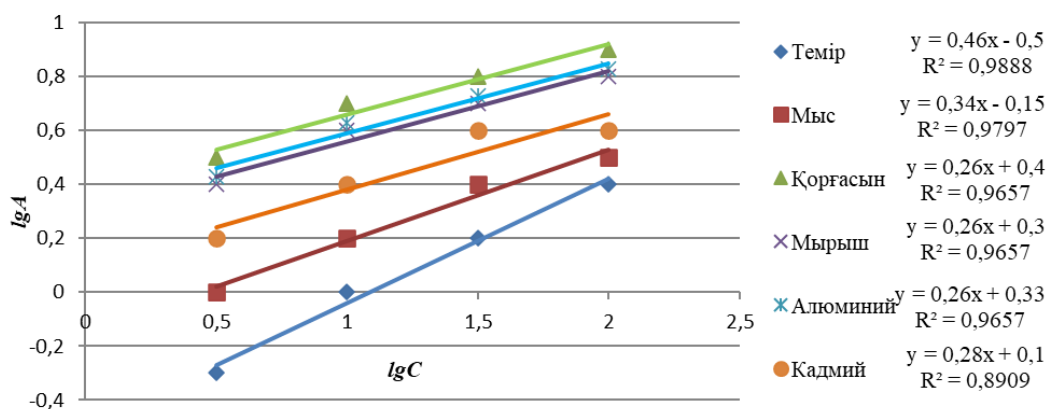
C – адсорбтивтің тепе-теңдік шоғыры, мг/л.

Ленгмюр және Фрейндлих теңдеулерінің сызықтық формаларының координаталарында тұрғызылған перлиттегі және вермикулиттегі мұнай өнімдері мен ауыр металдардың сорбциялық изотермалары 9 – 16 суреттерде келтірілген.

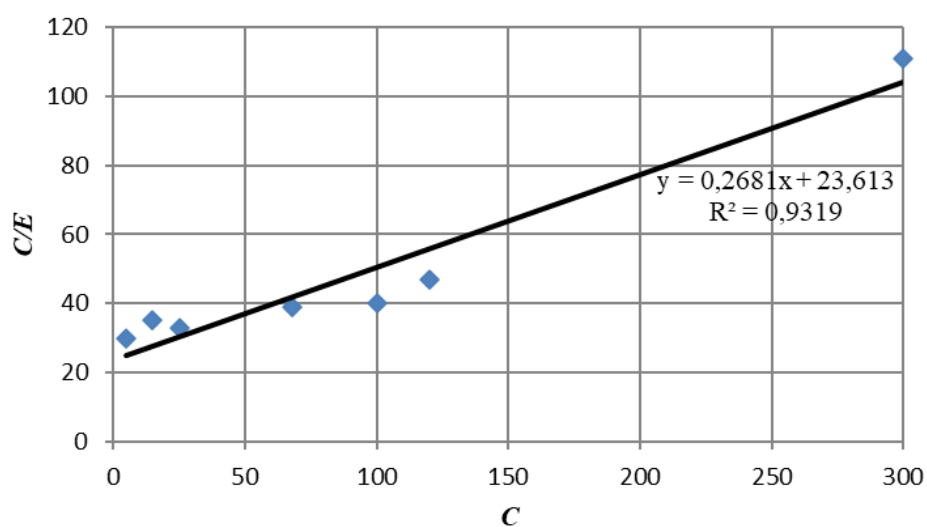
Алынған сорбциялық изотермалар бойынша анықталған Ленгмюр және Фрейндлих теңдеулеріндегі коэффициенттердің мәндері 4 және 5 кестелерде келтірілген.



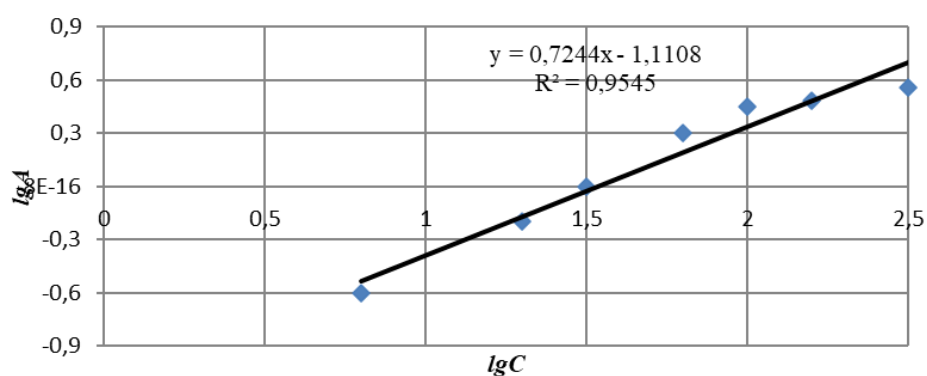
9-сурет – Ленгмюр теңдеуінің координаталарында перлиттегі ауыр металдардың сорбциялық изотермасы



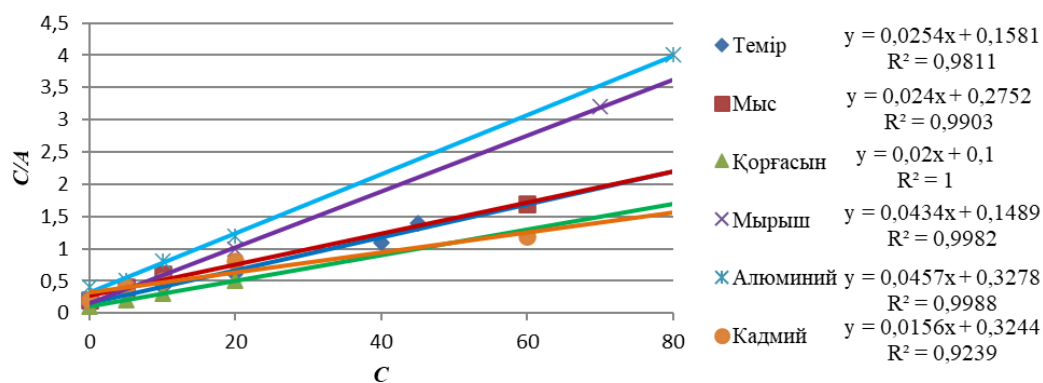
10-сурет – Фрейндлих теңдеуінің координаталарында перлиттегі ауыр металдардың сорбциялық изотермасы



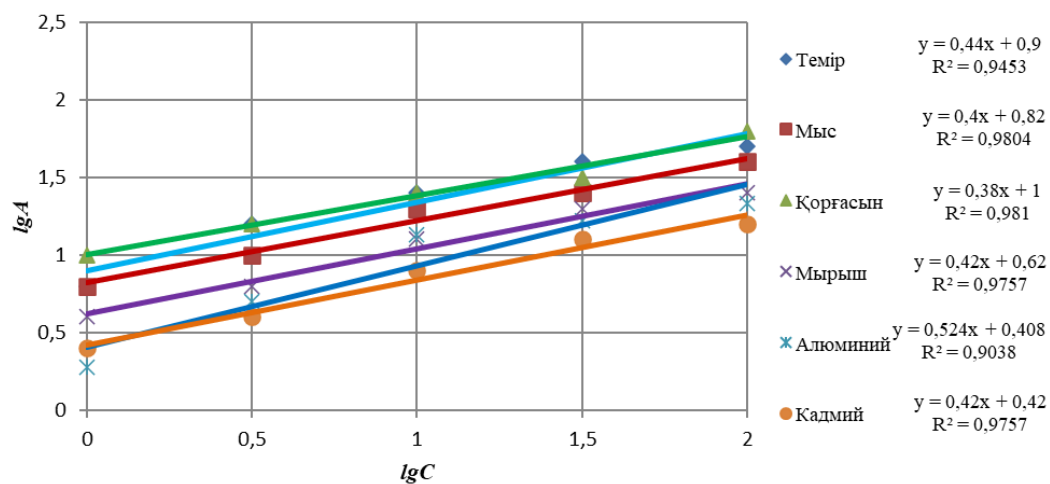
11-сурет – Ленгмюр теңдеуінің координаталарында перлиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасы



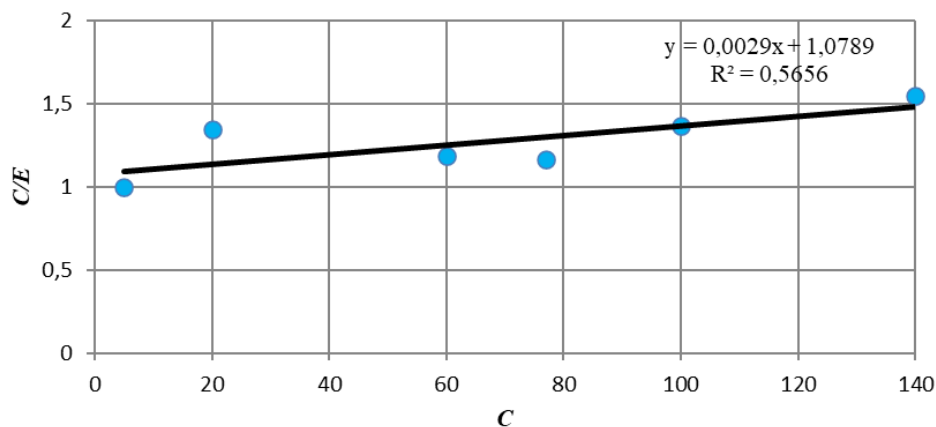
12-сурет – Фрейндлих теңдеуінің координаталарында перлиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасы



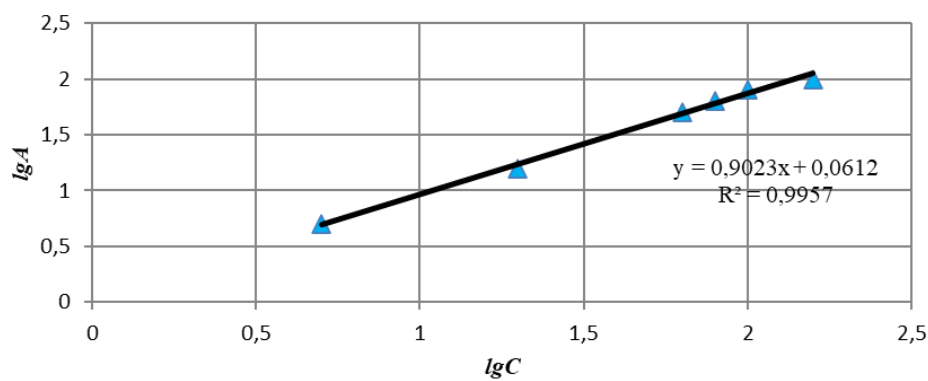
13-сурет – Ленгмюр теңдеуінің координаталарында вермикулиттегі ауыр металдардың сорбциялық изотермасы



14-сурет – Фрейндлих тендеуінің координаталарында вермикулиттегі ауыр металдардың сорбциялық изотермасы



15-сурет – Ленгмюр тендеуінің координаталарында вермикулиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасы



16-сурет – Фрейндлих тендеуінің координаталарында вермикулиттегі мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермасы

4-кесте – Перлитпен мұнай өнімдері мен ауыр металдарды сорбциялау кезіндегі Ленгмюр және Фрейндлих теңдеулеріндегі коэффициенттердің мәндері

Ластаушы заттар	Мұнай өнімдері	Қорғасын	Мыс	Мырыш	Темір	Алюминий	Кадмий
Ленгмюр моделі							
A_{∞}	3,77	8,89	3,17	6,07	3,21	6,19	13,68
K_L	0,01	0,11	0,13	0,20	0,07	0,29	0,18
Фрейндлих моделі							
β	0,09	1,94	0,78	2,06	0,27	2,39	1,67
n	1,37	3,02	3,14	3,86	1,79	4,25	3,52

5-кесте – Вермикулитпен мұнай өнімдері мен ауыр металдарды сорбциялау кезіндегі Ленгмюр және Фрейндлих теңдеулеріндегі коэффициенттердің мәндері

Ластаушы заттар	Мұнай өнімдері	Қорғасын	Мыс	Мырыш	Темір	Алюминий	Кадмий
Ленгмюр моделі							
A_{∞}	377,14	47,11	39,67	25,84	43,02	23,07	21,03
K_L	0,01	0,17	0,14	0,16	0,12	0,11	0,09
Фрейндлих моделі							
β	0,91	4,87	6,51	4,81	6,37	2,93	1,96
n	1,06	2,28	2,15	2,16	1,89	1,90	1,76

Қорытынды

Алынған заңдылықтармен перлит және вермикулиттің ауыр металдар мен мұнай өнімдерін сорбциялау қабілетін көрсететіні анықталды. Бұл жағдайда вермикулиттің барлық зерттелудегі ластаушы заттарға қатысты сорбциялық сыйымдылығы перлиттен жоғары екені орнатылды.

Перлит және вермикулитте ауыр металдар мен мұнай өнімдерінің сорбциялық изотермалары және кинетикалық қисықтары тұрғызылды. Тәжірибелік мәліметтер Ленгмюр және Фрейндлих теңдеулері шеңберінде аппроксимацияланды. Аталған теңдеулердің сызықтық формаларын қолдана отырып, перлит және вермикулиттің сорбциялау заңдылықтары орнатылды.

Әдебиеттер

1. Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., Gupta, R. (2011) Heavy metals and living systems: an overview, Indian J. Pharm. 43 (3), 246, <https://doi.org/10.4103/0253-7613.81505>.
2. Krishnan, C.R., Santhanam, M., Kumar, M., Rangarajan, M. (2022) Iron oxide-modified pervious concrete filter for lead removal from wastewater, Environ. Technol. Innov. 28, 102681, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102681>
3. Teymouri, E., Mousavi, S.F., Karami, H., Farzin, S., Kheirabad, M.H. (2020) Municipal wastewater pretreatment using porous concrete containing fine-grained mineral adsorbents, J. Water Process Eng. 36, 101346, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101346>
4. Zhang, L., Liu, X., Zhang, M., Wang, T., Tang, H., Jia, Y. (2023) The effect of pH/PAC on the coagulation of anionic surfactant wastewater generated in the cosmetic production, J. Environ. Chem. Eng. 11 (2), 109312, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109312>
5. Liu, R., Chi, L., Wang, X., Sui, Y., Wang, Y., Arandiyani, H. (2018) Review of metal (hydr) oxide and other adsorptive materials for phosphate removal from water, J. Environ. Chem. Eng. 6 (4), 5269–5286, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.08.008>
6. Öztürk, N., Bektas, T.E. (2004) Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials, J. Hazard. Mater. 112 (1–2), 155–162, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.05.001>
7. Mahmudov, R., Huang, C.P. (2010) Perchlorate removal by activated carbon adsorption, Sep. Purif. Technol. 70 (3), 329–337 <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.10.016>

8. He, Q., Zhao, H., Teng, Z., Wang, Y., Li, M., Hoffmann, M.R. (2022) Phosphate removal and recovery by lanthanum-based adsorbents: a review for current advances, *Chemosphere* 303, 134987, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134987>
9. Gómez-Hortigüela, L., Pérez-Pariente, J., García, R., Chebude, Y., Díaz, I. (2013) Natural zeolites from Ethiopia for elimination of fluoride from drinking water, *Sep. Purif. Technol.* 120, 224–229, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.10.006>
10. van Dijk, J., Dekker, S.C., Kools, S.A., Van Wezel, A.P. (2023) European-wide spatial analysis of sewage treatment plants and the possible benefits to nature of advanced treatment to reduce pharmaceutical emissions, *Water Res.* 241, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120157>
11. Taboada-Santos, A., Rivadulla, E., Paredes, L., Carballa, M., Romalde, J., Lema, J.M. (2020) Comprehensive comparison of chemically enhanced primary treatment and high-rate activated sludge in novel wastewater treatment plant configuration, *Water Res.* 169, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115258>
12. Maizel, A.C., Remucal, C.K. (2017) The effect of advanced secondary municipal wastewater treatment on the molecular composition of dissolved organic matter, *Water Res.* 122, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.055>
13. Moretto, G. Russo, I., Bolzonella, D., Pavan, P., Majone, M., Valentino, F. (2020) An urban biorefinery for food waste and biological sludge conversion into polyhydroxyalkanoates and biogas, *Water Res.* 170, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115371>
14. Matassa, S., Boon, N., Verstraete, W. (2015) Resource recovery from used water: The manufacturing abilities of hydrogen-oxidizing bacteria, *Water Res.* 68, 467–478, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.10.028>
15. Romero-Güiza, M.S., Flotats, X., Asiain-Mira, R., Palatsi, J. (2022) Enhancement of sewage sludge thickening and energy self-sufficiency with advanced process control tools in a full-scale wastewater treatment plant, *Water Res.* 222, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118924>
16. Md Lutfor Rahmana, Siti Aisyah Shamriha, Nurul Affah Azlyzana, Mohd Sani Sarjadia, Sazmal Effendi Arsada, Shaheen M. Sarkarb, Sandeep Kumarc. Removal of heavy metal ions from wastewater using modified cornstalk cellulose-derived poly(amidoxime) ligand. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* 9 (2025) 100633, <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100633>
17. Singh, S., Wasewar, K.L., Kansal, S.K. (2020) Low-cost adsorbents for removal of inorganic impurities from wastewater, *Inorg. Pollut. Water*, 173–203, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818965-8.00010-X>
18. Guha, P., Singh, S.P., Choudhury, S., Kumar, A. (2024) Enhancing Precision in Gastric Cancer Detection: A Synergistic Approach with Convolutional Neural Networks and Metrological Integration. 2024 4th URSI Atlantic Radio Science Meeting, AT-RASC 2024.
19. Pasha, T.N., Farooq, M.U., Khattak, F.M., Jabbar, M.A., Khan, A.D. (2007) Effectiveness of sodium bentonite and two commercial products as aflatoxin adsorbents in diets for broiler chickens, *Anim. Feed Sci. Technol.* 132 (1-2), 103–110, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.03.014>
20. Collins, K.A., Hunt, W.F., Hathaway, J.M. (2010) Side-by-side comparison of nitrogen species removal for four types of permeable pavement and standard asphalt in eastern North Carolina, *J. Hydrol. Eng.* 15 (6), 512–521, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.000013](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.000013)
21. Meng, Q., Chen, H., Lin, J., Lin, Z., Sun, Z. (2017) A synthesized from alkaline assisted pre-activated halloysite for efficient heavy metal removal in polluted river water and industrial wastewater, *J. Environ. Sci.* 56, 254–262, <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.10.010>
22. Teymouri, E., Mousavi, S.F., Karami, H., Farzin, S., Kheirabad, M.H. (2020) Reducing urban runoff pollution using porous concrete containing mineral adsorbents, *J. Environ. Treat. Tech.* 8 (1), 429–436.
23. Teymouri, E., Wong, K.S., Tan, Y.Y., Pauzi, N.N. Post-treatment of municipal wastewater using zeolite pervious concrete. *Journal of Water Process Engineering*, (2024), 68, 106408.
24. PND F 14.1:2.116-97 Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj koncentracii nefteproduktov v probah prirodnih i stochnyh vod metodom kolonochnoj hromatografii s gravimetricheskim okonchaniem. –M: 1997. -18 p.
25. Chakchir B. A., Alekseeva G. M. Fotometricheskie metody analiza: Metodicheskie ukazaniya. – SPb; Izd-vo SPHFA 2002.- 44 p.

Авторлар туралы мәлімет:

Алиева Багила Бердуақасовна – КЕАҚ «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының PhD докторанты (Шымкент, Қазақстан, электрондық пошта: alieva.bagila@mail.ru)

Кочеров Еркебулан Нурғалиевич – Техника ғылымдарының кандидаты, КЕАҚ М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының доценті (Шымкент, Қазақстан, электрондық пошта: Erkebulan083@mail.ru)

Раматуллаева Ләззат Имамадиновна – Техника ғылымдарының кандидаты, КЕАҚ М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті», «Тіршілік қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Шымкент, Қазақстан, электрондық пошта: ramatullaeva_l@mail.ru)

Құлымбет Қанат Қайратұлы (корреспондент-автор) – PhD, Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Топырақ экологиясы бөлімінің ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: qulymbet.qanat@gmail.com)

Information about authors:

Alieva Bagila Berduakasovna – PhD student of the Department of “Life Safety and Environmental Protection” of the M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: alieva.bagila@mail.ru)

Kocherov Yerkebulan Nurgalievich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Life Safety and Environmental Protection” of the M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: Erkebulan083@mail.ru)

Ramatullayeva Lyazzat Imamadinovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Life Safety and Environmental Protection” of the M. Auezov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ramatullaeva_l@mail.ru)

Kulymbet Kanat Kairatuly (corresponding author) – PhD, Researcher at the Department of soil ecology, U.U. Usmanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, (Almaty, Kazakhstan, email: qulymbet.qanat@gmail.com)

*Келіп түсті: 23 қазан 2024 жыл
Қабылданды: 10 наурыз 2025 жыл*

Е. Баделгажы^{1*}, Б.А. Капсалимов¹, Г. Өнерхан²

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

² Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: Erbahit.tourism@gmail.com

АЛТАЙ ЖОТАСЫНДАҒЫ ТУРИЗМ ӘСЕРІНЕН АУЫР МЕТАЛМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚТЫҢ ТАБИҒИ ЖОЛМЕН ТАЗАРУЫ

Әлемді жаулаған пандемия кезінде Қазақстандық Алтайға 32-40 мың, Моңғол Алтайда 13 мыңға жуық көлік саяхаттаған. Алтай жотасында жолдар асфальтталмаған, туристік даяшылық қызметі жеткілікті дамымағандықтан бей-берекетсіз туризм белең алып, тарам жолдар пайда болдыру, жер қыртысын зақымдау, саз батпақтарды кешіп өту арқылы топырақ жамылғысы ауыр металмен ластанғанын анықтаған. Зерттеу нәтижесінде ондағы бүлінген топырақтарда таза топырақпен салыстырғанда қорғасын, никель, мырыш қатарлы ауыр металдың мөлшері 2-4 есе артқаны, жөнеде Қазақстандық Алтайда туризм әсерінен 705.7 га, Моңғол Алтайда 182.7 га алаңның топырағы зақымдалғаны туралы жазған. Бұл зерттеу нәтижесі бойынша Моңғолияның Қоршаған Орта, Туризм министрлігіне қарасты Моңғол Алтай жотасынындағы Ерекше қорғалатын аумақтар Басқармасының 2023 жылдың 28-нші Шілдедегі А/14 бұйрығы бойынша көлік қозғалысын шектеген. Ластанған топырақты тазарту, экологияны қалпына келтіру қатарлы басқадай жұмыстар атқарылмағандықтан авторлар мұнда ластанған топырақ тек табиғи жолмен тазарған болуы мүмкін деген ғылыми болжам жасады.

Бұрынғы координаттан сынама алып, лабораторияда атом спектрометрін сіңіру амалдары бойынша топырақтың құрамындағы 6 ауыр металдың деңгейі анықталды. Топырақтағы хромның мөлшері жолдың үстінде 3.8-6.3 мг/кг-ға азайып, ал жолдың төменгі жағында кейбір координаттарда азайып, кейбірінде көбейген. Қорғасын мөлшері жол үстінде 2.7-6.8 мг/кг-ға азайып, жолдың төменгі жағында 5.5-8.8 мг/кг-ға дейін көбейіп, жинақтала бастағаны анықталды. Мырыштың көлемі әр координатта айтарлықтай өзгергенімен қандай бір тұрақтылық байқалмады. Зерттеу нәтижесінде ауыр металмен ластанған топырақ әр түрлі эрозия арқылы табиғи жолмен тазаруға болатыны нақты дәлелденді.

Түйін сөздер: Алтай жотасы, топырақтың ластануы, ауыр металдар, табиғи жолмен тазару.

Y. Badyelgajy^{1*}, B.A. Kapsalyamov¹, G. Onerkhan²

¹ Eurasian National University named after L. N. Gumilev, Astana, Kazakhstan

² Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

*e-mail: Erbahit.tourism@gmail.com

Natural remediation of soil contaminated with heavy metals due to tourism in the Altai mountains

This article examines the natural remediation rate of soil contaminated with heavy metals from uncontrolled tourism in the Mongolian Altai Range. During the pandemic, domestic tourism surged in Kazakhstan and Mongolia, with the Altai Range becoming a popular destination. This led to an influx of 32-40 thousand vehicles to the Kazakhstani Altai and about 13 thousand to the Mongolian Altai. Due to limited infrastructure, tourists often traveled on unpaved roads, created new paths, crossed swamps to access the mountains, and caused significant environmental impact. The contamination analysis revealed that the levels of heavy metals like lead, nickel, and zinc were 2-4 times higher in affected soils compared to uncontaminated areas. In total, tourism impacted 705.7 hectares of soil in the Kazakh Altai and 182.7 hectares in the Mongolian Altai. Following the publication of this study, the authors presented their findings to the Mongolian Ministry of Environment and Tourism. Subsequently, the Mongolian Altai Specially Protected Areas Administration issued Order A/14 on July 28, 2023, which limited vehicle access in the area.

In the absence of any active remediation efforts to clean the contaminated soil or restore the environment, the authors hypothesized that the observed reduction in contamination levels may be attributed solely to natural processes. Soil samples were collected from previously recorded coordinates, and the concentrations of six heavy metals were analyzed using atomic absorption spectrometry. The results revealed that chromium levels in the soil decreased by 3.8-6.3 mg/kg above the road surface. Below the road, chromium concentrations varied, with decreases observed in some locations and increases

in others. Lead concentrations showed a reduction of 2.7–6.8 mg/kg above the road, whereas below the road, lead levels increased by 5.5–8.8 mg/kg, indicating a tendency to accumulate in these areas. Zinc concentrations exhibited significant variation across different locations, but no consistent trend or stability was identified. These findings provide evidence that soil contaminated with heavy metals can undergo natural remediation through processes such as erosion and other environmental mechanisms.

Key words: Altai mountains soil pollution, heavy metals, natural remediation.

Е. Баделгажы^{1*}, Б.А. Капсалямов¹, Г. Өнерхан²

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан

*e-mail: Erbahit.tourism@gmail.com

Природное очищение почв, загрязнённых тяжёлыми металлами под влиянием туризма в Алтайских хребтах

В данной статье рассматривается скорость естественного восстановления почвы, загрязненной тяжелыми металлами вследствие неконтролируемого туризма в Монгольском Алтае. В период пандемии внутренний туризм в Казахстане и Монголии значительно возрос, и Алтайский регион стал популярным направлением, что привело к притоку 32–40 тысяч транспортных средств в Казахский Алтай и около 13 тысяч в Монгольский Алтай. Из-за недостатка инфраструктуры туристы часто передвигались по грунтовым дорогам, прокладывали новые пути, пересекали болота для доступа к горам, что привело к значительному воздействию на окружающую среду.

Анализ загрязнения показал, что уровни тяжелых металлов, таких как свинец, никель и цинк, были в 2–4 раза выше в загрязненных почвах по сравнению с незагрязненными участками. В целом, туризм затронул 705,7 гектара почвы в Казахском Алтае и 182,7 гектара в Монгольском Алтае. После публикации данного исследования авторы представили результаты Министерству окружающей среды и туризма Монголии. Впоследствии Управление специально охраняемых территорий Монгольского Алтая издало приказ А/14 от 28 июля 2023 года, ограничивающий доступ транспортных средств в этот район.

В течение последнего года было проведено исследование, направленное на изучение естественных процессов очистки почв. В ходе работы зафиксировано снижение содержания тяжелых металлов в почвах на ряде обследованных участков. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии был проведен анализ проб почвы, собранных на прежних координатах, для определения концентрации шести тяжелых металлов. Результаты исследования показали, что концентрация хрома на поверхности дорог снизилась на 3,8–6,3 мг/кг, тогда как под дорогой наблюдались как уменьшение, так и увеличение содержания в зависимости от участка. Концентрация свинца уменьшилась на 2,7–6,8 мг/кг на поверхности дорог, но увеличилась до 5,5–8,8 мг/кг в нижних слоях, где металл начал накапливаться. Концентрация цинка, напротив, существенно варьировалась и не продемонстрировала стабильных тенденций. Таким образом, исследование подтвердило возможность естественной очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами, за счет процессов эрозии и других природных факторов.

Ключевые слова: Хребет Алтая, загрязнение почв, тяжелые металлы, естественная реабилитация.

Кіріспе

Жүргізілген зерттеу қорытындысына шолу: Төрт елдің шекарасын бөліп тұрған Алтай жотасы Орта Азияның климатына ерекше әсер етеді. (Aizen E.M., et all, 2001). Алтай жотасындағы туризм потенциалы (Braden K.A, Prudnikova N.B, 2008), ондағы туризмді дамыту жоспарлары туралы (Ердаuletov.C.P, 2015, p. 27), (Government of Mongolia, 1996), (Great Khural of Mongolia, 2016), (Great Khural of Mongolia, 2020), туризм дамытудағы мәселелер (UNDP & GEF, 2011, p. 14), (Chlachula J.A, et all, 2021), (JICA, 1999), (Jennifer Castner, 2019) туралы алдыңғы мақалада кеңірек баяндалған.

Сондықтан бұл мақалада әдеби шолу қысқаша түрде жасалды. Қазіргі таңда Scopus ғылыми базасында Алтай жотасы туралы 900-дей мақала жарияланғанымен тақырыпқа тікелей байланысты мақала табылмады.

Моңғол Алтай және қазақстандық Алтайда туризм көліктерінен топырақтың ауыр металмен ластанып жатқаны туралы авторлардың мақаласы 2023 жылы жарық көрген. Бұл мақалада Моңғол Алтай жотасында 5 координат, Қазақстандық Алтайда 3 координаттан сынама алып, зерттеу жәтижесін салыстырғанда ондағы ауыр металдың мөлшері 2-4 есе артқанын, дәлірек айтқанда қорғасын мөлшері 12,5-15,8 мг/кг-ға, никель мөлшері 16,1-33,7 мг/кг-ға,

мырыш мөлшері 15,6-17,1 мг/кг-ға артқан (Е.Б. Баделгажы, et all, 2023). Мұндай зерттеуді Ресей территориясындағы Алтай жотасы, Белуха маңында жүргізген. Белуха маңындағы 2023 жылы тамыздағы экспедицияда кадмий анықталмаған, қорғасын мөлшері қалыпты нормада, ал хром мөлшері кей кординатта қалыпты, кей кординатта 2 есе көп, мырыш, мыс, никелдің көлемі Моңғолия стандарты бойынша қауыпты деңгейге жетпегенмен Ресей және Қазақстан стандарты бойынша қалыпты нормадан 2-4 есе көп екені анықталған.

Және қазақстандық Алтайда туризм әсерінен 55 км ұзаққа созылған 705.7 га, Моңғол Алтайдың батыс бөлігінде 24.7 км ұзаққа созылған, 182.7 га алаңның топырағы зақымдалып, бұл аумақтың 56%-ы толық талқандалғанын анықтаған (Badyelgajy.Y., et all, 2022.). Бұл зерттеуге жанама байланысы бар келесі бір зерттеуде жанар, жағармаймен ластанған топырақты құрамында *Acinetobacter calcoaceticus* 2A, *Microbacterium lacticum* 41-3, *Arthrobacter terregens* III және *Micrococcus roseus* 49 штамдары бар микробиологиялық препараттар арқылы тазалау тәжірибесін жүргізіп, преператтар арқылы биоремедиациялап тазартуға болатынын дәлелдеген (Г.Өнерхан, et all, 2023). Және де Алтай жотасында саяхаттаған бір туристен Қазақстандық Алтайда 612 гр қоқыс, Моңғол Алтайда 441 гр қоқыс қалатынын анықтаған (Yerbakhyt, 2023).

Зерттеу нәтижелері 2023 жылдың Қаңтар айында Моңғолияның Қоршаған Орта, Туризм министрлігіне таныстырылды. Көп кешікпей Министерліктің нұсқауымен Моңғол Алтай жотасынындағы Ерекше қорғалатын аумақтар Басқару әкімшілігінің 2023 жылдың 28-нші Шілдедегі А/14 бұйрығы бойынша көлік қозғалысын шектеу қаулысы шықты. Осы қаулы күшіне енгеннен кейін бір жыл ішінде мұнда ешқандай көлік қатынамады. Мұнда 2 жыл бойы жауын шашын мол, эрозия процессі мол болғаны зерттеу барысында анықталды. Және де сазды батпақтағы талқандалған жолдар қалпына келе бастаған. Сондықтан мұндағы ауыр металмен ластанған топырақ тазару процессі жүрілу бар жоғын екенін анықтау өзекті мәселе болып табылады.

Әдістеме

Мақсаты: Алтай жотасындағы туристік көліктер арқылы ластанған топырақтың құрамындағы ауыр металдың өзгеруін бақылай отырып, табиғи жолмен тазару процессін анықтау

Зерттеу нысаны: Төмендегі картада көрсетілген Моңғол Алтай жотасындағы “Алтай Бес Боғда” ұлттық паркі, ондағы Президент обасына көтерілетін ең көп тарамдалған 13 км созылған жол бойынан 5 кординаттан сынама алынды. Алғашқы зерттеу кезінде базаға тіркелген кординатты GPS құралы бойынша анықтай отырып дәл алғашқы кординаттан алынды.



1-сурет – Сынама алынған маршрут және кординаттар
(Ескерту: автордың өз сызбасы)

Мұнда экспедициялық зерттеу Моңғолия Республикасында жүрілді. Қазақстан аумағында зерттеу жүргізу мүмкін болмады. Бұған басты себеп, Қазақстандық Алтайға саяхаттаған машиналар саны азаймаған және көліктер қозғалысын шектеу, басқадай іс шара жүргізбеген. Сондықтан авторлар экспедиция ұйымдастырғанмен, нәтижесінде айтарлықтай өзгеріс болмауы мүмкін деп көрді.

Зерттеу әдістемесі

Төмендегі зерттеу әдістемелері пайдаланылды.

- *Экспедиция ұйымдастыру:* Таңдалған маршрут бойынша 2024 жылдың тамыздың 5-9 күндері Өлгий қаласынан “Алтай Бес Боғда” ұлттық парк бағытында арнайы экспедиция ұйымдастырып, арнайы сынама алынды.

- *Топырақтан сынама алу:* Топырақ сынама-сын “конверт” амалы бойынша жолдан, жолдың екі жағында 2 метр және 5 метр қашықтықтан, яғни бір координаттан 5, барлығы 25 сынама алынды. Салыстыратын таза сынаманы жолдың бас жағынан 10 метрден алынды. Барлығы 30 сынама анализге кірді.

- *Лабораториялық зерттеулер:* Барлық сынама Моңғолия астанасы Улаанбаатардағы “Нарт” атты топырақ лабораториясында тексерілді. Атом спектрометрін сіңіру амалы (Царская водка-Aqua-regia digestion (open beaker)) бойынша топырақтың құрамындағы 6 ауыр элемент көлемі анықталды. Лабораториялық зерттеуді арнайы мамандар жүргізді.

Стандарттық салыстыру: Топырақтағы ауыр металдардың стандартық мөлшері Моңғолия Республикасының “MNS 5546:2005 “Топырақты ластаушы металдар, элементтердің рұқсат етілген жоғарғы мөлшері” стандарты

(Mongolian Agency for Standart Metrology, 2008) және Қазақстан Республикасының Денсаулық министрінің 2021 жылы сәуірдің 21-күні бекітілген, ДСМ-32 номерлі “Қоршаған ортаның гигиеналық нормативы”, Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау, Қоршаған ортаны қорғау министрінің бірлескен бұйрығы бойынша 2004 жылғы 30 қаңтарда бекітілген, N99/N21 номерлі “Топырақты ластайтын зиянды микроорганизмдер және басқадай биологиялық қалдықтардың рұқсат етілген концентрация норматив, стандарт”-ы бойынша (Министра Здравоохранения Республики Казахстан, 2004), (Министра Здравоохранения Республики Казахстан, 2021). Ресейдің «2.1.7. Топырақ, елді мекендерді таза-лау, өндіріс және тұтыну қалдықтары, топырақты санитарлық қорғау» GN 2.1.7.2041-06, GN 2.1.7.2042-06 Гигиеналық стандарттары бойынша салыстырылды (Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006).

Нәтижелер

Таңдалған маршрут бойымен Өлгий қаласынан “Алтай Бес Боғда” ұлттық паркі бағытында 2024 жылы тамыз айында экспедиция ұйымдастырып, топырақтан сынама алынды. Жәнеде туристік көліктер әсерінен бүлінген, талқандалған алаңдардың қалпына келу, басқадай эрозия процессіне зерттеулер жүргізіліп, экспедициялық белгілеу жазып алынды. Бұл авторлардың осы аумақтағы 6 экспедициясы болды.

Зерттеу нәтижесін түсінікті болдыру үшін әр координаттан таза топырақ, жолдың үсті, жолдың аяқ жағынан 5 метрден алған топырақты салыстырдық. Бұдан бұрынғы зерттеуде әр координаттан 3 нүктені салыстырылған. Төмендегі кесте әр координаттағы ауыр металдың көрсеткіші 2022 және 2024 жыл бойынша көрсетілді.

1-кесте – Топырақтағы ауыр металдардың көлемі, мг/кг

Металдар		Хром		Қорғасын		Кадмий		Мырыш		Мыс		Никель	
Жылы		2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024
Корд.т-1	Жолдың жоғарғы жағынан-дағы таза топырақ (10 метр)	19,0	18,1	16,7	18,7	0,0	0,0	42,0	40,7	30,2	31,0	10,4	11,3
	Жол үстінен	17,3	13,5	13,9	9,5	0,0	0,0	42,7	33,4	31,0	30,9	9,1	10,2
	Жолдың төменгі жағынан 5 метр	29,3	35,0	20,5	17,1	0,0	0,0	59,1	31,2	28,5	29,1	43,3	46,7

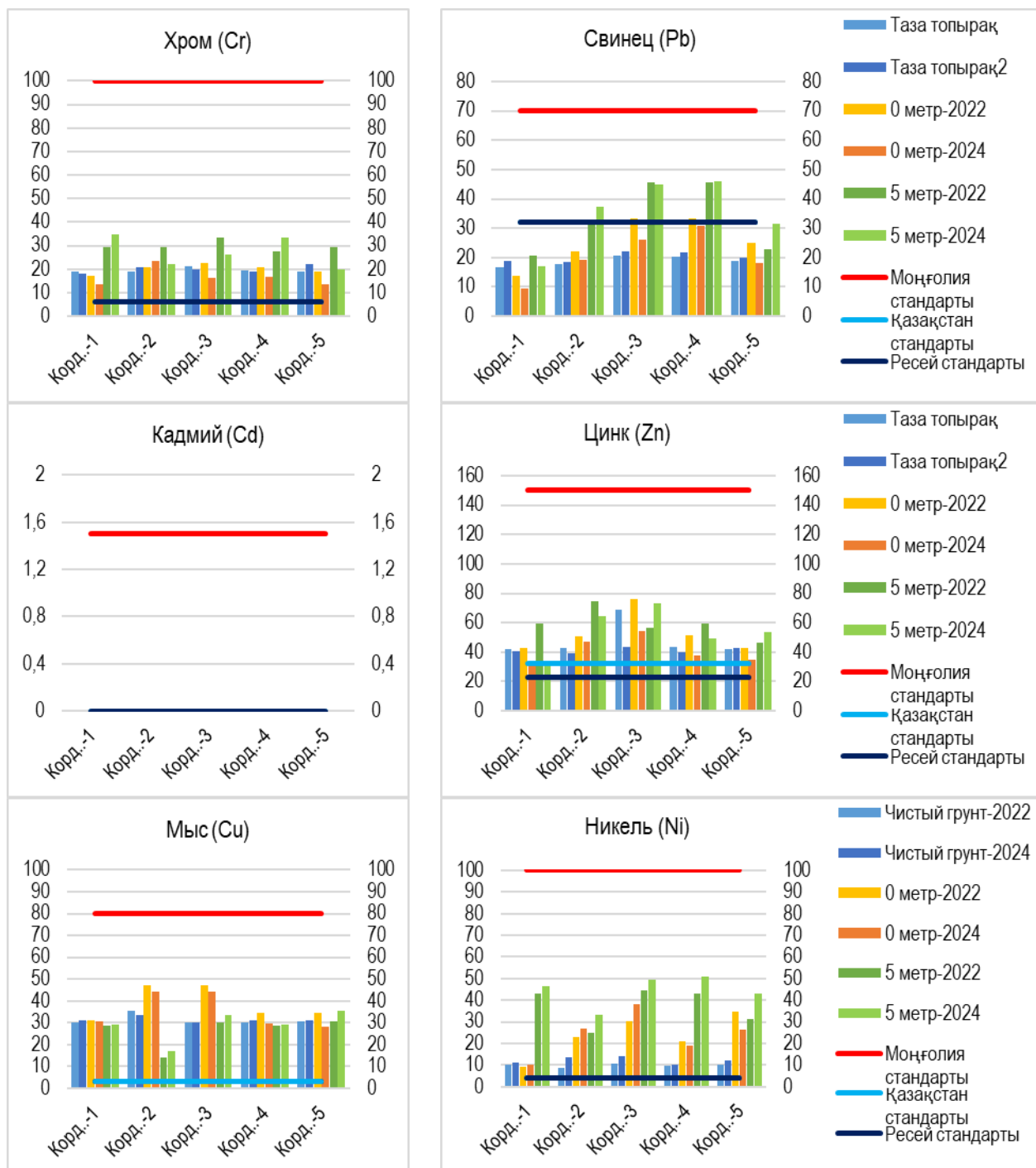
Металдар		Хром		Қорғасын		Кадмий		Мырыш		Мыс		Никель	
Жылы		2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024	2022	2024
Корд.-т-2	Жолдың жоғарғы жағынан-дағы таза топырақ (10 метр)	19,2	20,6	17,7	18,3	0,0	0,0	42,8	38,9	35,5	33,7	8,6	13,5
	Жол үстінен	20,7	23,4	22,2	19,2	0,0	0,0	50,6	47,3	47,0	44,5	22,9	26,7
	Жолдың төменгі жағынан 5 метр	29,3	35,6	31,8	37,3	0,0	0,0	74,4	64,7	14,0	16,8	25,0	33,1
Корд.-т-3	Жолдың жоғарғы жағынан-дағы таза топырақ (10 метр)	21,2	20,1	20,6	22,0	0,0	0,0	69,1	43,7	30,2	30,0	10,5	14,0
	Жол үстінен	22,4	16,1	33,4	26,1	0,0	0,0	76,2	54,0	47,0	44,2	30,2	38,1
	Жолдың төменгі жағынан 5 метр	27,6	39,8	45,5	45,0	0,0	0,0	56,7	73,2	30,0	33,7	44,3	49,2
Корд.-т-4	Жолдың жоғарғы жағынан-дағы таза топырақ (10 метр)	19,6	19,0	20,2	21,8	0,0	0,0	43,5	40,0	30,2	31,2	9,6	10,2
	Жол үстінен	20,7	16,7	33,4	30,7	0,0	0,0	51,1	37,9	34,5	29,7	21,1	19,0
	Жолдың төменгі жағынан 5 метр	27,6	38,3	45,5	46,1	0,0	0,0	59,1	48,9	28,5	29,1	43,3	50,7
Корд.-т-5	Жолдың жоғарғы жағынан-дағы таза топырақ (10 метр)	19,0	22,0	18,7	20,1	0,0	0,0	42,0	43,0	30,9	31,0	10,0	12,1
	Жол үстінен	19,0	13,7	25,0	18,2	0,0	0,0	42,7	35,0	34,5	28,1	34,9	26,5
	Жолдың төменгі жағынан 5 метр	29,3	20,0	22,8	31,6	0,0	0,0	46,0	53,5	30,5	35,7	31,4	43,2
Ескерту – Зерттеу қортындысы бойынша құрастырылды													

Ресеймен Қазақстанның стандартында көп айырмашылық жоқ, алайда Моңғолия стандартындағы топырақтың қауыпсыз көрсеткіші өте жоғары. Төмендегі графикта алғашқы екі көк өнді жолақпен “таза топырақ”-тағы 2022, 2024 жылғы көрсеткіші, ортадағы қызылсары өнді екі жолақпен “жолдың үсті”-нен алынған сынамадағы ауыр металл деңгейі, соңғы жасыл өнді екі жолақта “жолдың аяқ жағынан 5 метр”-ден алған сынамадағы мәлімет көрсетілді.

Моңғол Алтайдың таза топырағындағы хромның мөлшері барлық координатта шамамен 18.1-22 мг/кг-ға көп. 2022 жылғы мен 2024 жылдық көрсеткішінде көп айырмашылық жоқ. Ал жолдың үстіндегі хромның мөлшері 2022 жылы 17.3-22.4 мг/кг болса 2024 жылы 13.5-23.4 мг/кг болып азайған. Тек екінші координаттан басқа барлық координатта “жол үстіндегі” хромның мөлшері азайған. Жәнеде жолдың “төменгі жағы”-ндағы хромның мөлшеріде -7,1-9,3мг/кг-ға азайған. Ал кор-1, кор-4-те 5.7-5.8-7.1-9.3мг/кг-мен көбейген. Моңғолияның стандартына сүйенсек бұл көрсеткіш ластану деңгейіне жетпегені-

мен, Қазақстан және Ресей стандарты бойынша таза топырақтағы мөлшері 3 есе, жолдың үстінде 3-3.5 есе болса жолдың төмен жағында 4-4.8 есе көбейіп аса қауіпті деңгейге жеткен. Жәнеде барлық координаттар топырақ қабаты шайылу процессі арқылы хром жолдың төменгі жағына жиналғаны байқалады. Кейбір координатта тіптен шайылып басқа жаққа ағып кеткен болуы мүмкін. Себебі кейбір координатта жолдың аяқ жағында да хромның мөлшері азайған.

Ал қорғасынның мөлшері таза топырақта (барлық координатта) сәл артқаны байқалады. Жолдың үстіндегі топырақтағы қорғасын мөлшері 2022 жылы 13.9-33.4 мг/кг-ға арасында, әр координатта әр түрлі болды. Кор-3 және кор-4-тегі қорғасын мөлшері басқа координаттан 1-2 есе көп болған. 2024 жылғы сынамада барлық координатта қорғасын мөлшері -3.0-7.3 мг/кг-мен азайған. Ал кор-3, кор-4-те жолдың аяқ жағында қорғасын мөлшерінде көп өзгеріс жоқ, 2022 жылғы көрсеткішпен бірдей. Ал кор-2, кор-5-тегі жолдың төмен жағындағы топырақтағы қорғасын 5.5-8.8 мг/кг-мен артқан.



2-сурет – Топырақтағы ауыр металдың деңгейінің 2022 және 2024 жылғы мөлшері, мг/кг
Ескерту – Зерттеу қортындысы бойынша автор құрастырған

Кадмий элементін анықтау үшін алғашқы сынамада құрылғының толқын ұзындығы 600 nm-ға қойып сараптама жасалынды. Одан кейін құрылғының толқын ұзындығын 228.8nm-ға дейін азайтып, толқын ұзындығының нақтылығын 0.10 nm-ға дейін, анықтау шегін -0.004 мг/кг-ға

дейін қосқанымен ешқандай кадмий элементі анықталмады.

Мырыштың көрсеткіші 2022 жылы таза топырақта 42.0-42.8 мг/кг болған болса 2024 жылғы сынамада барлық координатта азайған. Әсіресе Кор-3-те 25,4 мг/кг-мен азайған. Және жолдың

үстіндегі мырыштың мөлшеріде 3.3-22.2 мг/кг-мен азайған. Әсіресе Кор-3,4-те көбірек азайғаны байқалады. Ал Кор-3-та жолдың төменгі жағындағы топырақта мырыштың көлемі 16.5 мг/кг-мен артқан, ал басқа координаттарда азайған.

Таза топырақтағы мыстың мөлшері 2024 жылғы сынамадан көп айырмашылық жоқ, ең көп айырмашылық не бәрі -1.8 мг/кг. Жолдың үстіндегі алынған сынамадағы мыстың көлемі сәл азайғанмен айтарлықтай айырмашылық аз. Тек кор-4-те, -4.8 мг/кг-ға, кор-5-те 6.4 мг/кг-ға азайған. Ал жолдың төмен жағындағы сынамада мыстың мөлшері сәл артқанымен айтарлықтай мол деп айтуға келмейді. Тек кор-5-те 5.2 мг/кг-ға арытқаны болмаса, кор-1 мен кор-3-тегі айырмашылық 1 мг/кг-ға да жетпейді.

Никелдің мөлшері таза топырақта біраз өскені байқалады. Кор-2,3,5-те 2.1-4.9 мг/кг-ға дейін артқан. Ал “жолдың үсті”-ндегі сынамада алғашқы 3 координатта артып, соңғы 2 координатта азайған. Жолдың “төменгі жағы”-ндағы сынамада барлық координатта никелдің мөлшері артқан.

Зерттеу нәтижесін талқылау

Ұлттық парктерге туристердің көптеп баруынан топырақ жамылғысы ауыр металмен ластануға болатын Италияның Везуви ұлттық паркі (Valeria Memoli, et all, 2019), Қытайдың экотуризм курорттар маңында (Qifa Sun, et all, 2022) жүргізілген зерттеу барысында анықтаған. Туризм экологиялық факторларға жанама түрде әсер ету сол арқылы топырақтағы кейбір ауыр металдарының (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb) концентрациясына арқылы ластайтынын Қытайдың Пояанг көлінде жүргізген зерттеу нәтижесінде анықтаған (Jinying Xu, et all, 2021). Туризм топырақ температурасының өсуінде әсер етеді (St Fatimah Azzahra, et all, 2019). Мұндағы топырақтағы қорғасын көліктердің бензинді өртеуінен түскендеуге болады. Себебі қорғасын металы

Моңғолия көп керектенетін арзан, экологиялық таза емес бензиндер құрамында бар. А80 бензиннің құрамында 0.17г/л, А93- 0.37г/л қорғасын болады (Сабралиев.Н.С, et all, 2021, р. 36).

Зерттеу жүрілген шекаралық зонаға 2016-2023 жылдары арнайы рұқсат алған 41,168 машинаның 21719-ы А80 бензинін тұтынатын УАЗ маркалы көліктер. Ауыр арамен баяу жүру жүрген көлік бензинді шала өртеп, молырақ улы газ бөліп шығарады. Сағатына 31.7 км жылдамдықпен жүрген көлік сағатына 1.11г немесе әр км-де 0.035г қорғасын бөліп шығарады. Осылай мұндағы қорғасын көлемі артқан.

Ал мырыш электр батареяларында көптеп кездеседі (Оразбаев.Ә.Е, 2017, р. 64). Моңғолияда машиналарды бояуда никельді қоспаларды көп қолданады. Соңғы жылдары мұнда келген көліктердің арасында батереялы гибрид машиналар саны артып, жалпы көлік санының 3.2%-н құрайтын болған. Жол кедір-бұдырлығы орасан зор болғандықтан мұнда келген жеңіл көліктер көптеп бұзылады. Осындай себептермен мұндағы мырыштың көлемі өзгерген болу мүмкін. Ал хромның мөлшері металы антропогендік әсерінен ауыр металдар концентрациясы арқылы өзгерген деп жоғарыдағы ғылыми зерттеулерге негіздей отырып пайымдау жасауға болады. Демек мұндағы ауыр элементтер тікелей автокөліктер арқылы топыраққа түскен.

Координаттағы ауыр металдың өзгеруі түсінікті болу үшін төмендегі кестеде өңмен белгілеп көрсетілді. Азайған болса қызыл өңмен минус, өскен бол жасыл өңді плюс белгімен, көп өзгеріс жоқ болса “қызыл сары” өңмен белгіледік. Жәнеде экспедиция барысында белгілеп алынған материалдар, 2022 жылғы алған суреттерге негіздей отырып, сынама алынған координаттың эрозияға қаншалықты ұшырағанын анықтадық. Кестеде 1 санымен жолдың үстіндегі, 2 санымен жолдың төмен жағындағы 5 метрден алынған сынамадағы көрсеткіші көрсетілді.

2-кесте – Ауыр металл көлемінің өзгеруін салыстыру көлемі, мг/кг

Кор	Эрозия деңгейі	Хром (Cr)		Қорғасын (Pb)		Мырыш (Zn)		Мыс (Cu)		Никель (Ni)	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кор-1	Аз	-3.8	+5.7	-4.4	-3.4	-9.3	-27.9	-0.1	+0.6	+1.1	+3.4
Кор-2	Орташа	+2.7	-7.1	-3	+5.5	-3.3	-9.7	-2.5	+2.8	+3.8	+8.1
Кор-3	Жоғары	-6.3	-7.3	-7.3	-0.5	-22.2	+16.5	-2.8	+3.7	+7.9	+4.9
Кор-4	Орташа	-4	+5.8	-2.7	+0.6	-13.2	-10.2	-4.8	+0.6	-2.1	+7.4
Кор-5	Аз	-5.3	-9.3	-6.8	+8.8	-7.7	+7.5	-6.4	+5.2	-8.4	+11.8
Ескерту – Жүйелі талдау нәтижесінде автор құрастырған											

Мұндағы сынама алынған кординат-1 Президенттік оба маңындағы жазық алаң, ал кординат 5 машина тұрағы болған тегіс, жазық алаң. Ал қалған 3 кординат жол бойындағы ерекше талқандалған қия беткейлеу келген алаңдар. Әсіресе кординат-3 өзенге жақын, жоғары жағы өр, дөңестеу келген алқап. Сондықтанда мұнда жауын шашын, еріген қар

суынан жолдың үстіндегі топырақ қабаты толық ағып кеткен.

Хром, қорғасын, мырыш, мыс қатарлы ауыр металдар жол үстінде біршама азайған, тек никелдің көлемі артқан. Ал жолдың аяқ жағында әр түрлі. Мыспен никелдің көлемі жолдың төмен жағында көбейген болса басқа элементтер әр кординатта әр түрлі.



2-сурет – Топырақ қабатының эрозияға ұшырауы, кординат-2
а)2022 жыл б) 2024 жыл

Топырақтағы мырыштың көлемі барлық кординатта (Кор-3-ті есептемегенде) азаюуын себебін түсіндіру қиын. Егер мырыштың мөлшері шайылу, жауын шашын эрозиясы арқылы азайған деп көрсек, эрозия аз жүрілген Кор-1,5-те де азайған. Ал таза топырақтың сынамасы алған жерлер сондай бір эрозияға ұшырамаған. Сондықтан мұны түсіндіру қиынға соғуда.

Жол бойында бұрын саз батпақты, тоқтау сулар мол, шөбі мол, шалғынды, жолдар батпақты болған болса соңғы жылдары мұнда саз батпақтар кеуіп, жолдағы тоқтау сулар жоғалған. 2024 жылы жазда шалғынды шөптер азайып, шөптер қысқа өскен, ерте сарғайған. Және жол үстіндегі батпақтар кеуіп, жол батпақсыз, барлық машина жүре алатындай деңгейге жеткен. Жалпылама алғанда мұндағы саз батпақтар кеуіп, жауын шашын мөлшері азайған. Және жолдың үстіндегі жұмсақ қара топырақтар шайылып, қатты тастақтау қабаты шығып қалған. Мұнда яғни табиғи жолмен тазарудан гөрі шайылу салдарынан ауыр металдың деңгейі азайғаны белгілі болды.

Қорытынды

Моңғол Алтай және Қазақстандық Алтай жотасындағы туристер көп қыдыратын аумақтарда көліктер әсерінен топырақ қабаты ауыр металдармен ластанғаны туралы зерттеуді 2022 жылы жүргізіп, 2023 жылы басылып шықты. Осы зерттеу нәтижесінде Моңғол Алтай жотасында “Алтай Бес Богда” ұлттық паркіне кіретін көлік қозғалысын шектеген. Дәл осы шешім шыққаннан кейін авторлар ластанған топырақтың құрамындағы ауыр металдың өзгеруін бақылау, табиғи жолмен тазару процессі бар жоғын анықтау мақсатында зерттеу ұйымдастырған. Зерттеу экспедициясы Моңғолияда 2024 жылы Тамыз айында ұйымдастырылып, бұрын сынама алған 5 кординаттан “конверт” амалы бойынша сынама алып, топырақтағы хром, қорғасын, кадмий, мыс, мырыш, никель қатарлы ауыр элемент көлемі анықталды.

Ауыр металдың деңгейін 2022 жылғы көрсеткішпен салыстырғанда таза топырақтағы

көрсеткіштерде көп өзгеріс жоқ. Ал “жолдың үсті”-нде хром -3.8-6.3 мг/кг-ға азайып, жолдың төмен жағында 3 координатта -7.1-9.3 мг/кг-мен азайып, 2 координатта 5.7 мг/кг-пен көбейген. Бұл жол үстіндегі топырақтағы хром шайылып басқа жаққа ағып кеткенін көрсетеді. Ал жол үстіндегі қорғасын мөлшері 2.7-6.8 мг/кг-ға азайып, жолдың төменгі жағына жинақтала бастағаны анықталды. Жолдың аяқ жағындағы топырақтағы қорғасын мөлшері 5.5-8.8 мг/кг-ға дейін артқан.

Ең көп өзгеріс мырыш элементінде байқалды. Координат-1 де эрозия аз болғанымен жол үстіндегі мырыштың көлемі 9.3 мг/кг-ға, жолдың төмен жағында 27.9 мг/кг-ға азайған. Мұндай

мол мөлшердегі өзгеріс орташа эрозияға ұшыраған Координат-4-те байқалды. Ал координат 3 және 5-те жол үстіндегі мырыш көлемі азайғанымен жолдың төмен жағында біршама молайған. Ал мыспен никелдің көлемі барлық координатта жол үстінде азайып, жолдың төмен жағында көбейген. Ауыр металдың деңгейі өзгеруіне ең бірінші себеп жауын, шашын суы арқылы топырақ қабаты шайылуы деп түйіндедік. Және де әр координатта эрозия деңгейін анықтап, ондағы өзгерістерге қысқаша анықтама берілді. Топырақ қабаты өзгерісін көрсету үшін 2022 және 2024 жылғы суреттер ұсынылды. Мұндағы ластану процесі тікелей көліктерге байланысты туралы нақты деректер келтірілді.

Әдебиеттер

- Badyelgajy, Y., Onerkhan, G., Kapsalyamov, B. A., Saspugayeva, G. Y., & Durmekbayeva, Sh. N. (2022). Damage of soil cover due to the impact of tourism in the Altai Mountains. *Eurasian Journal of Ecology, Al-Farabi Kazakh National University*, 73(4), 37–49.
- Aizen, E. M., Aizen, V. B., Melack, J. M., Nakamura, T., & Ohta, T. (2001). Precipitation and atmospheric circulation patterns at mid-latitudes of Asia. *Climatology*, 21(5), 535–556.
- Braden, K. A., & Prudnikova, N. B. (2008). The challenge of ecotourism development in the Altai Region of Russia. *Tourism Geographies*, 10(1), 1-21.
- Ердаuletов, С. Р. (1989). *Туризм Казахстана: учебное пособие*. Алма-Ата. ISBN 5-620-00199-7.
- Government of Mongolia. (1996). *The Master Plan of Tourism Development in Mongolia 1995-2005*. Resolution of the Government of Mongolia, No. 167. Ulaanbaatar.
- Great Khural of Mongolia. (2016). *Concept of Sustainable Development of Mongolia-2030*. Ulaanbaatar.
- Great Khural of Mongolia. (2020). *Vision-2050: Long-term Development Policy of Mongolia*. Ulaanbaatar.
- UNDP & GEF of Russian Federation. (2011). *Biodiversity Conservation in the Russian Portion of the Altai-Sayan Ecoregion*. Ministry of Natural Resources (MNR) of the Russian Federation.
- Chlachula, J. A., Zhensikbayeva, N. Z., Yegorina, A. V., Kabdrakhmanova, N. K., Czerniawska, J., & Kumarbekuly, S. (2021). Territorial assessment of the East Kazakhstan geo/ecotourism: Sustainable travel prospects in the southern Altai area. *Geosciences (Switzerland)*, 11(4), 5-21.
- JICA & MTD. (1999). *Mongolian Tourism Master Plan*. JICA, Ulaanbaatar.
- Castner, J., & Pacific Environment. (2019). *The Golden Mountains of Altai*. Altai Alliance.
- Өнерхан, Г., Скипин, Л., Баделгажы, Е., Жұмай, Е., & Сыздықов, Е. (2023). Мұнай өнімдерімен ластанған топырақты биоремедиациялау. *ҚазТБҰ Хабаршысы*, 21(4), 105–114.
- Yerbakhyt, B., et al. (2023). The amount of tourist waste in the Altai Mountains: Mongolia and Kazakhstan cases. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 14(1), 283–292.
- Mongolian Agency for Standard Metrology. (2008). *Soil quality: Soil pollutants, elements, and substances*. MNS 5850:2008. Ulaanbaatar, Mongolia.
- Приказ Министра Здравоохранения Республики Казахстан. (2004). *Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву*. Совместный приказ МЗ РК 30.01.04 № 99 и МОС РК от 27.01.04 № 21-П.
- Приказ Министра Здравоохранения Республики Казахстан. (2021). *Об утверждении гигиенических нормативов к безопасности среды обитания* (№ ҚР ДСМ-32).
- Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. (2006). *Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06: Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы*.
- Memoli, V., Esposito, F., Speranza, C., & Panico, A. (2019). Evaluation of tourism impact on soil metal accumulation through single and integrated indices. *Science of The Total Environment*, 682(2).
- Sun, Q., Sun, Z., Wang, J., & Zhu, W. (2022). Heavy metal pollution and risk assessment of farmland soil in an eco-tourism resort. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(6), 156.
- Xu, J., Wang, X., Wang, J., & Hu, C. (2021). Dominant environmental factors influencing soil metal concentrations of Poyang Lake wetland, China: Soil property, topography, plant species, and wetland type. *Catena*, 207(4), 105601.
- Azzahra, S. F., & Faradiba, F. (2019). Impact of soil pollution on increasing temperature in Indonesia. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*.

- Сабралиев, Н. С., Рғызбаева, Н. Т., & Нұрланқызы, Ү. (2021). *Қоршаған ортаны автокөліктердің зиянды шығарындыларынан қорғау*. Алматы: ЖШС Лантер Трейд. ISBN 978-601-7607-99-9.
- Оразбаев, Ә. Е. (2017). *Экотоксикология: оқу құралы*. Қарағанды: АҚНҰП. ISBN 978-601-7894-55-9.

References

- Badyelgajy Y., Onerkhan G., Kapsalyamov B.A., Saspugayeva G.Y., Durmekbayeva Sh.N., (2022) Damage of Soil Cover Due to the Impact of Tourism in the Altai Mountains// Eurasian Journal of Ecology, Al-Farabi Kazakh National University., -2022., №73, (4). – P. 37-49.
- Aizen E. M., Aizen V. B., Melack J. M., Nakamura T., Ohta T., (2001) Precipitation and atmospheric circulation patterns at mid-latitudes of Asia // Climatology, №21, (5), – P. 535-556.
- Braden K.A., Prudnikova N.B., (2008) The challenge of ecotourism development in the Altay Region of Russia // Tourism Geographies, №10(1), -P. 1-21.
- Erdavletov S.R. (1989) Turizm Kazahstana: uchebnoe posobie. [Tourism of Kazakhstan, Study book]// Alma-ata. -1989. ISBN 5-620-00199-7. (in Russian)
- Government of Mongolia., (1996) The Master plan of tourism development in Mongolia. 1995-2005, Resolution of the Government of Mongolia, No. 167 of 1996 year, // Ulaanbaatar, (in Mongolian)
- Great Khural of Mongolia., (2016) Concept of sustainable development of Mongolia-2030, // Ulaanbaatar, (in Mongolian)
- Great Khural of Mongolia., (2020) “Vision-2050” Long term Development Policy of Mongolia, // Great Khural of Mongolia, Ulaanbaatar, (in Mongolian)
- UNDP & GEF of Russian Federation., (2011) Biodiversity Conservation in the Russian Portion of the Altai-Sayan Ecoregion., // Ministry of Natural Resources (MNR) of the Russian Federation,
- Chlachula J.A., Zhensikbayeva N.Z., Yegorina A.V., Kabdrakhmanova N.K., Czerniawska J., Kumarbekuly S., (2021) Territorial assessment of the east kazakhstan geo/ecotourism: Sustainable travel prospects in the southern Altai area, // Geosciences (Switzerland), №11(4), – P. 5-21
- JICA&MTD, (1999) Mongolian Tourism master plan, // JICA, Ulaanbaatar,
- Jennifer Castner and Pacific Environment., (2019) The Golden Mountains of Altai, //Altai Alliance,
- Unerhan G., Skipin L., Badyelgazhy Ye., Zhumai Ye., Syzdykov Ye., (2023)., Munai onimderimen lastangan topyraqty bioremediaciyalau [Bioremediation of Soil Contaminated with Petroleum Products]// KazTBU Habarshysy, vol. 4, no. 21, p. 105–114,
- Yerbakhyt B. et. all., (2023) The Amount of Tourist Waste in the Altai Mountains. Mongolia and Kazakhstan Cases.// Journal of Environmental Management and Tourism, (Volume XIV, Spring), №1(65): -P. 283 – 292.
- Mongolian Agency for Standart Metrology., (2008) Soil quality. Soil pollutants elements and substance, MNS 5850 : 2008, // Ulaanbaatar, Mongolia,
- Prikaz Ministra Zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan (2021) «Ob utverzhdenii Normativov predel’no dopustimyh koncentracij vrednyh veshchestv, vrednyh mikroorganizmov i drugih biologicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchih pochvu» [On approval of the Standards of maximum permissible concentrations of harmful substances, harmful microorganisms and other biological substances polluting the soil] / Sovmestnyj prikaz MZ RK 30.01.04 № 99 i MOOS RK ot 27.01.04 № 21-P. (in Russian)
- Prikaz Ministra Zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 21.04.2021 № KR DSM-32 «Ob utverzhdenii Gigienicheskikh normativov k bezopasnosti sredy obitaniya». [On approval of sanitary standards for safety in the living environment] 16. Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated 21.04.2021 No. RK DSM-32, (in Russian)
- Federal’nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, (2006) Gigienicheskie normativy GN 2.1.7.2041-06, GN 2.1.7.2042-06 “2.1.7. Pochva, ochestka naselennyh mest, othody proizvodstva i potrebleniya, sanitarnaya ohrana pochvy”, [Hygienic standards GN 2.1.7.2041-06, GN 2.1.7.2042-06 “2.1.7. Soil, cleaning of populated areas, production and consumption waste, sanitary protection of soil”], (in Russian)
- Valeria Memoli., Esposito F., Speranza C., Panico., (2019) Evaluation of tourism impact on soil metal accumulation through single and integrated indices, // Science of The Total Environment., №682(2). May,
- Qifa Sun., Zhuoan Sun., Jianheng Wang., Wei Zhu., (2022) Heavy metal pollution and risk assessment of farmland soil in ecotourism resort, // Arabian Journal of Geosciences, №15(6), -P. 156.
- Jinying Xu., Xiaolong Wang., Jingbo Wang., Chunhua Hu., Dominant environmental factors influencing soil metal concentrations of Poyang Lake wetland, China: Soil property, topography, plant species and wetland type., // Catena, – 2021., vol. № 207(4):105601,
- St Fatimah Azzahra, Faradiba Faradiba, (2019) Impact of Soil Pollution on Increasing Temperature in Indonesia., //Asian Journal of Advanced Research and Reports,
- Sabraliev N.S., Rgyzbaeva N.T., Nurlanqyzy U., (2012) Qorshagan ortany avtokulikterdin ziyandy shygaryndylarynan korgau, [Environmental protection from harmful emissions of automobiles]// Almaty: ZHSHS Lanter Treid, ISBN 978-601-7607-99-9., p. 36. (in Kazakh)
- Orazbaev.Ә.Е. (2017) Ekotoksikologiya: oqu quraly., [Ecotoxicology: textbook] Qaragandy: AQNUR, ISBN 978-601-7894-55-9., p. 64. (in Kazakh)

Авторлар туралы мәлімет

Баделгажы Ербахыт (корреспондент авторы) – Қоршаған ортаны қорғау технологиясы мамандығының докторанты, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, (Астана қ., Қазақстан, эл.пошта: erbahit.tourism@gmail.com);

Капсаламов Бауыржан Ауесханович – техника ғылымдарының докторы, профессор, Қоршаған ортаны қорғауды басқару және инжиниринг кафедрасының профессоры, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, (Астана қ., Қазақстан, эл.пошта: ba.kapsalyamov@gmail.com);

Гүлжайна Өнерхан – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қазақ технология және бизнес университеті, (Астана қ., Қазақстан, эл.пошта: guline@mail.ru);

Information about the authors

Badyelgajy Yerbakhyt – doctoral student of Environmental Management and Engineering Department, Faculty of Natural Sciences, Eurasian National University named after L.N. Gumilev, (Astana, Kazakhstan, e-mail: erbahit.tourism@gmail.com);

Kapsalyamov Bauyrzhan Aueskhanovich – Professor of the Environmental Management and Engineering Department, doctor of Engineering Science Faculty of Natural Sciences, Eurasian National University named after L.N. Gumilev, (Astana, Kazakhstan, e-mail: erbahit.tourism@gmail.com);

Onerkhan Gulzhaina – candidate of biological sciences, associate professor, Kazakh University of Technology and Business, (Astana, Kazakhstan, e-mail: guline@mail.ru);

Келіп түсті: 2 қыркүйек 2024 жыл

Қабылданды: 10 наурыз 2025 жыл

F.G. Aliyev , N.A. Zohrabbayli* 

Azerbaijan Architecture and Construction University, Baku, Azerbaijan

*e-mail: zohrabbayli.nurana@azmiu.edu.az

THE INTERSECTION OF WATER POLICY AND TECHNOLOGY: SOLAR INNOVATIONS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE IN ABSHERON PENINSULA OF THE AZERBAIJAN REPUBLIC

This paper investigates the multifaceted challenges of water scarcity and sustainable agricultural development in arid and semi-arid regions, using the Absheron Peninsula as a case study. Emphasizing the critical role of renewable energy integration, the research explores how solar-powered technologies – ranging from solar treatment systems to photovoltaic-driven irrigation – can revolutionize water resource management for agricultural purposes. A 12-month empirical study, employing high-precision solar radiation measurements and advanced statistical analyses, reveals significant seasonal variability in solar energy availability and its synchronicity with agricultural water demands.

The study synthesizes data on solar energy yields, system efficiencies, and temperature correlations to evaluate the feasibility of solar-powered solutions. By correlating solar energy availability with regional irrigation requirements, the research underscores the operational viability of technologies such as desalination, filtration, and UV disinfection in addressing seasonal water scarcity. Furthermore, the integration of sustainability metrics, including energy return on investment (EROI) and carbon offset potential, highlights the broader environmental and economic benefits of adopting solar-powered systems. This work also delves into the intersection of policy and technology, arguing for the alignment of innovative water policies with renewable energy frameworks to ensure long-term sustainability. The findings provide actionable insights for policymakers, engineers, and agricultural practitioners, advocating for scalable, adaptable solutions that enhance food security, minimize dependency on non-renewable resources, and foster climate resilience. By situating these innovations within the context of global sustainability goals, the study offers a replicable model for integrating renewable energy into agricultural water management, with implications for similarly resource-constrained regions worldwide.

Key words: solar-powered technologies, water scarcity, solar irrigation systems, photovoltaic energy, agricultural sustainability.

Ф.Г. Алиев, Н.А. Зохраббайлы*

Әзербайжан сәулет-құрылыс университеті, Баку, Әзірбайжан

*e-mail: zohrabbayli.nurana@azmiu.edu.az

Су саясаты мен технологиясының қиылысы: Әзірбайжан Республикасының Апшерон түбегіндегі тұрақты ауыл шаруашылығына арналған күн инновациялары

Бұл мақалада Апшерон түбегін мысал ретінде пайдалана отырып, құрғақ және жартылай құрғақ аймақтардағы су тапшылығы мен тұрақты ауыл шаруашылығын дамытудың көп қырлы мәселелері зерттеледі. Жаңартылатын энергия көздерін біріктірудің маңызды рөліне назар аударып, зерттеу күн сәулесінен қуат алатын технологиялар – күн сәулесінен тазарту жүйелерінен фотоэлектрлік суаруға дейін – ауыл шаруашылығы мақсаттары үшін су ресурстарын басқаруда төңкеріс жасай алатынын зерттейді. Жоғары дәлдіктегі күн радиациясын өлшеу және жетілдірілген статистикалық талдауларды қолданатын 12 айлық эмпирикалық зерттеу күн энергиясының қол жетімділігінің маңызды маусымдық өзгермелілігін және оның ауылшаруашылық су қажеттіліктерімен синхрондылығын көрсетеді. Зерттеу күн энергиясының шығымдылығы, жүйенің тиімділігі және температуралық корреляция туралы деректерді синтездейді, күн энергиясымен жұмыс істейтін шешімдердің орындылығын бағалау. Күн энергиясының қолжетімділігін аймақтық суару талаптарымен салыстыра отырып, зерттеу маусымдық су тапшылығын шешуде тұшыландыру, сүзу және ультракүлгін сәулемен залалсыздандыру сияқты технологиялардың жұмыс қабілеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар, тұрақтылық көрсеткіштерінің интеграциясы, соның ішінде инвестицияның энергия қайтарымы (EROI) және көміртегінің орнын толтыру әлеуеті күн энергиясымен жұмыс істейтін жүйелерді қабылдаудың кеңірек экологиялық және экономикалық пайдасын көрсетеді. Бұл жұмыс сондай-ақ ұзақ мерзімді тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін ин-

новациялық су саясатын жаңартылатын энергия негіздерімен сәйкестендіруді дәлелдей отырып, саясат пен технологияның қиылысуын қарастырады. Қорытындылар азық-түлік қауіпсіздігін жақсартатын, қалпына келмейтін ресурстарға тәуелділікті азайтатын және климатқа төзімділікті арттыратын ауқымды, бейімделгіш шешімдерді жақтайтын саясаткерлерге, инженерлерге және ауылшаруашылық практиктеріне әрекет ететін түсініктер береді. Бұл инновацияларды жаһандық тұрақтылық мақсаттары контекстінде орналастыру арқылы зерттеу жаңартылатын энергияны ауылшаруашылық су ресурстарын басқаруға біріктірудің қайталанатын үлгісін ұсынады, бұл бүкіл әлем бойынша ресурстары шектеулі аймақтарға әсер етеді.

Түйін сөздер: күн энергиясымен жұмыс істейтін технологиялар, су тапшылығы, күн суару жүйелері, фотоэлектрлік энергия, ауыл шаруашылығының тұрақтылығы.

Ф.Г. Алиев, Н.А. Зохраббейли*

Азербайджанский архитектурно-строительный университет, Баку, Азербайджан

*e-mail: zohrabbayli.nurana@azmiu.edu.az

Пересечение водной политики и технологий: солнечные инновации для устойчивого сельского хозяйства на Апшеронском полуострове Азербайджанской Республики

В этой статье исследуются многогранные проблемы нехватки воды и устойчивого развития сельского хозяйства в засушливых и полусухих регионах на примере Апшеронского полуострова. Подчеркивая важную роль интеграции возобновляемых источников энергии, в исследовании рассматривается, как технологии на солнечной энергии — от систем обработки солнечной энергии до фотоэлектрического орошения — могут произвести революцию в управлении водными ресурсами для сельскохозяйственных целей. 12-месячное эмпирическое исследование, использующее высокоточные измерения солнечной радиации и расширенный статистический анализ, выявляет значительную сезонную изменчивость доступности солнечной энергии и ее синхронность с сельскохозяйственными потребностями в воде. В исследовании синтезируются данные о выходах солнечной энергии, эффективности систем и температурных корреляциях для оценки осуществимости решений на основе солнечной энергии. Сопоставляя доступность солнечной энергии с региональными потребностями в орошении, исследование подчеркивает эксплуатационную жизнеспособность таких технологий, как опреснение, фильтрация и УФ-дезинфекция, в решении сезонного дефицита воды. Кроме того, интеграция показателей устойчивости, включая окупаемость инвестиций в энергию и потенциал компенсации выбросов углерода, подчеркивает более широкие экологические и экономические преимущества внедрения систем на солнечных батареях. Эта работа также углубляется в пересечение политики и технологий, утверждая необходимость согласования инновационной водной политики с рамками возобновляемой энергии для обеспечения долгосрочной устойчивости. Результаты предоставляют действенные идеи для политиков, инженеров и практиков сельского хозяйства, выступая за масштабируемые, адаптируемые решения, которые повышают продовольственную безопасность, минимизируют зависимость от невозобновляемых ресурсов и способствуют устойчивости к изменению климата. Располагая эти инновации в контексте глобальных целей устойчивости, исследование предлагает воспроизводимую модель для интеграции возобновляемой энергии в управление сельскохозяйственными водными ресурсами с последствиями для регионов с аналогичными ограничениями по ресурсам во всем мире.

Ключевые слова: технологии на основе солнечной энергии, дефицит воды, солнечные системы орошения, фотоэлектрическая энергия, устойчивое развитие сельского хозяйства.

Introduction

Water scarcity and the adoption of sustainable agricultural practices represent two of the most critical challenges of the 21st century, particularly in arid and semi-arid regions. The Absheron Peninsula, with its distinct climatic conditions and limited freshwater resources, highlights the urgent need for innovative strategies to address these issues. As global populations continue to rise and

climate change intensifies water stress, the integration of advanced technologies with effective water management policies has become crucial for ensuring both food security and environmental sustainability [1,26].

In recent years, solar-powered technologies have emerged as a game-changer in agriculture, providing energy-efficient and eco-friendly solutions for water management [27]. Innovations such as solar desalination, photovoltaic (PV)-

driven irrigation, and solar-powered water filtration systems have shown great potential in mitigating water shortages, especially in regions with abundant solar energy [2–4]. Among these, solar irrigation systems have proven particularly effective in improving water-use efficiency and enhancing agricultural productivity in semi-arid environments [5,6].

A growing body of research highlights the feasibility of integrating solar energy into agricultural water management systems. Studies indicate that seasonal variability in solar energy availability often aligns with irrigation requirements, enabling the efficient use of renewable energy resources [7, 8]. Furthermore, solar-powered innovations such as UV disinfection and thermal desalination contribute to improving water quality and reducing the environmental impact of agricultural practices [9, 10]. These systems also offer broader sustainability benefits, including lower greenhouse gas emissions and enhanced energy return on investment (EROI), thereby supporting global climate goals [11, 12].

However, the successful adoption of solar-powered solutions necessitates the alignment of technological advancements with supportive policy frameworks. Research underscores the importance of integrating water, energy, and agricultural policies to maximize the scalability and long-term viability of renewable energy systems in agriculture [13, 14]. For instance, case studies from semi-arid regions demonstrate that robust policy support and financial incentives significantly influence the deployment of solar-powered technologies [15]. Moreover, the socio-economic benefits of renewable energy integration, such as increased rural employment and reduced energy costs, further justify its adoption [16, 17].

This paper investigates the role of solar-powered innovations in promoting sustainable agriculture on the Absheron Peninsula. By synthesizing empirical data on solar energy yields, system efficiencies, and correlations with climatic conditions, this study evaluates the operational feasibility of solar-powered solutions [18, 19]. Furthermore, the analysis incorporates sustainability metrics, including carbon offset potential and lifecycle energy costs, to assess the broader environmental and economic implications of adopting these systems [20, 21]. The findings provide actionable recommendations for policymakers, engineers, and practitioners,

emphasizing the need for integrated strategies that align renewable energy technologies with agricultural water management [22–25].

Materials and methods

The methodology employed in this study was designed to evaluate the feasibility and efficiency of solar-powered technologies for sustainable agricultural water management in the Absheron Peninsula. The research was conducted over a 12-month period, from January to December 2023, and involved high-precision measurements of solar radiation and ambient temperature. The following key steps were undertaken:

1. Solar radiation measurements: High-precision pyranometers (Model SR-100, accuracy $\pm 0.5\%$) were used to measure global and diffuse solar radiation. Temperature sensors (PT-100, accuracy $\pm 0.1^\circ\text{C}$) monitored ambient temperature. Data was collected at 10-minute intervals and averaged hourly.

2. Data analysis: The collected data was analyzed to determine seasonal variability in solar energy availability, system efficiency, and temperature correlations. Key parameters such as global radiation, diffuse radiation, clearness index, solar energy density, and system efficiency were calculated.

3. Statistical analysis: Statistical tools, including one-way ANOVA, were used to assess the variability and significance of the data. The coefficient of variation (CV) was calculated to quantify the variability in solar radiation.

4. System performance optimization: The study evaluated the performance of solar-powered water treatment and irrigation systems by analyzing hydraulic energy requirements, solar array sizing, and the levelized cost of water (LCOW).

5. Sustainability metrics: key sustainability metrics, including Water Use Efficiency (WUE), Energy Return on Investment (EROI), and Carbon Offset Potential (COP), were calculated to assess the environmental and economic benefits of solar-powered systems.

Results and discussion

The experimental study was conducted in the Absheron Peninsula ($40^\circ 24'\text{N}$, $49^\circ 53'\text{E}$) over a 12-month period, from January to December 2023 (Table 1). The primary objective was to evaluate

the solar radiation potential and its seasonal variability (Figure 1), with a focus on its applicability to sustainable agricultural practices. High-precision pyranometers (Model SR-100, accuracy $\pm 0.5\%$) were employed to measure global

and diffuse solar radiation, while calibrated temperature sensors (PT-100, accuracy $\pm 0.1^\circ\text{C}$) were used to monitor ambient temperature. Data acquisition was performed at 10-minute intervals, with automatic averaging to hourly values.

Table 1 – Monthly Solar Radiation and Derived Parameters

Month	Global Radiation (kWh/m ²)	Diffuse Radiation (kWh/m ²)	Clearness Index (KT)	Solar Energy Density (kWh/m ² /day)	System Efficiency (%)	Temperature Coefficient (αT)
Jan	35.2 $\pm$ 1.8	30.1 $\pm$ 1.5	0.41 $\pm$ 0.02	1.13 $\pm$ 0.06	15.8 $\pm$ 0.4	-0.42 $\pm$ 0.03
Feb	50.4 $\pm$ 2.0	40.2 $\pm$ 1.7	0.45 $\pm$ 0.02	1.80 $\pm$ 0.07	16.2 $\pm$ 0.4	-0.40 $\pm$ 0.03
Mar	70.6 $\pm$ 2.1	50.3 $\pm$ 1.8	0.52 $\pm$ 0.03	2.28 $\pm$ 0.07	16.8 $\pm$ 0.5	-0.38 $\pm$ 0.03
Apr	90.3 $\pm$ 2.2	60.4 $\pm$ 1.9	0.58 $\pm$ 0.03	3.01 $\pm$ 0.08	17.2 $\pm$ 0.5	-0.35 $\pm$ 0.02
May	110.5 $\pm$ 2.3	65.2 $\pm$ 2.0	0.64 $\pm$ 0.03	3.56 $\pm$ 0.08	17.5 $\pm$ 0.5	-0.33 $\pm$ 0.02
Jun	120.8 $\pm$ 2.4	70.3 $\pm$ 2.0	0.68 $\pm$ 0.03	4.03 $\pm$ 0.09	17.8 $\pm$ 0.5	-0.31 $\pm$ 0.02
Jul	125.3 $\pm$ 2.4	75.4 $\pm$ 2.1	0.70 $\pm$ 0.03	4.04 $\pm$ 0.09	17.6 $\pm$ 0.5	-0.32 $\pm$ 0.02
Aug	120.1 $\pm$ 2.3	70.2 $\pm$ 2.0	0.67 $\pm$ 0.03	3.87 $\pm$ 0.08	17.4 $\pm$ 0.5	-0.33 $\pm$ 0.02
Sep	100.4 $\pm$ 2.2	60.1 $\pm$ 1.9	0.61 $\pm$ 0.03	3.35 $\pm$ 0.08	17.0 $\pm$ 0.5	-0.35 $\pm$ 0.02
Oct	80.2 $\pm$ 2.1	50.2 $\pm$ 1.8	0.54 $\pm$ 0.03	2.59 $\pm$ 0.07	16.5 $\pm$ 0.4	-0.37 $\pm$ 0.03
Nov	50.3 $\pm$ 2.0	40.1 $\pm$ 1.7	0.44 $\pm$ 0.02	1.68 $\pm$ 0.07	16.0 $\pm$ 0.4	-0.41 $\pm$ 0.03
Dec	35.2 $\pm$ 1.8	30.1 $\pm$ 1.5	0.40 $\pm$ 0.02	1.14 $\pm$ 0.06	15.7 $\pm$ 0.4	-0.43 $\pm$ 0.03

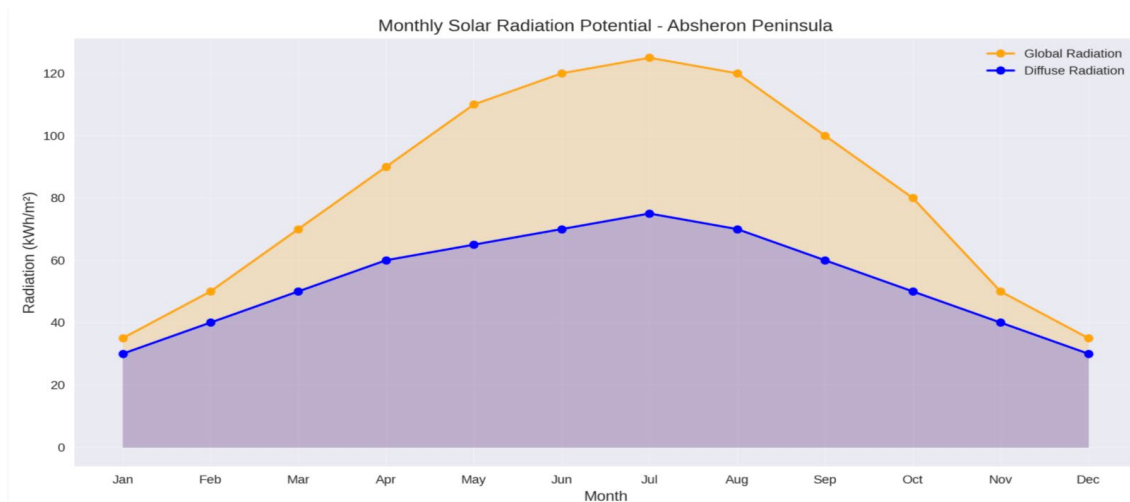


Figure 1 – Monthly solar radiation in absheron peninsula

The graph illustrates the monthly solar radiation potential in the Absheron Peninsula, including global and diffuse radiation values with respective uncertainties. The data accounts for the following error margins:

- Global Radiation (kWh/m²): ± 1.8 to ± 2.4
- Diffuse Radiation (kWh/m²): ± 1.5 to ± 2.1
- Clearness Index (KT): ± 0.02 to ± 0.03

- Solar Energy Density (kWh/m²/day): ± 0.06 to ± 0.09

- System Efficiency (%): ± 0.4 to ± 0.5

- Temperature Coefficient (αT): ± 0.02 to ± 0.03

These uncertainties reflect variations due to measurement precision and environmental conditions. The shaded areas between global and diffuse radiation curves highlight the difference in

direct solar radiation potential across different months.

Solar radiation measurements

The temporal distribution of solar radiation exhibited significant seasonal variation. Global radiation values ranged from 35.2 ± 1.8 kWh/m² in December to 125.3 ± 2.4 kWh/m² in July. Similarly, diffuse radiation varied from 30.1 ± 1.5 kWh/m² to 75.4 ± 2.1 kWh/m².

The relationship between global (IG) and diffuse (ID) radiation was characterized by the following empirical correlation [28]:

$$\frac{I_D}{I_G} = a + b \left(\frac{H}{H_0} \right) \quad (1)$$

where: H – represents the measured daily radiation;

H_0 – represents the extraterrestrial radiation coefficients ;

a and b were determined to be 0.384 and 0.216 respectively ($R^2=0.91$).

This strong correlation clearly highlights the proportional contribution of diffuse radiation to total solar energy, particularly under overcast conditions, which is a critical consideration for consistent energy output in water-dependent agricultural systems. The experimental solar radiation data measured in the Absheron Peninsula over the 12-month period demonstrates clear seasonal trends and performance metrics, thereby

directly supporting the feasibility of solar-powered lake water treatment systems for sustainable agriculture.

Specifically, the total solar energy yield of 985.6 ± 12.4 kWh/m²/year, with summer contributing 366.2 ± 7.1 kWh/m² and winter providing 120.8 ± 5.6 kWh/m², highlights the region's abundant energy potential. During the summer months, when agricultural water demands peak, the high energy availability ensures that solar-powered water treatment systems such as filtration, distillation, or desalination can operate at maximum capacity to treat lake water for irrigation. Conversely, in winter, when solar energy yield decreases, the recorded average daily insolation of 1.36 ± 0.12 kWh/m²/day remains sufficient to sustain essential water treatment processes, particularly when coupled with energy storage systems or low-power technologies like UV water disinfection (Table 2).

The clearness index (KT), which varies from 0.40 to 0.70, reflects a combination of clear and diffuse radiation throughout the year. Importantly, on overcast days, the diffuse fraction, averaging 0.62 annually and peaking at 0.78 in winter, plays a critical role in ensuring that photovoltaic (PV) systems maintain operational efficiency. This aspect is vital for the continuous operation of lake water treatment systems under cloudy conditions, thereby enhancing reliability in winter when direct solar radiation is limited (Table 1).

Table 2 – Derived Performance Metrics

Parameter	Annual Average	Summer (Jun-Aug)	Winter (Dec-Feb)	Units
Total Solar Energy Yield	985.6 ± 12.4	366.2 ± 7.1	120.8 ± 5.6	kWh/m ² /year
Average Daily Insolation	2.70 ± 0.15	3.98 ± 0.18	1.36 ± 0.12	kWh/m ² /day
Diffuse Fraction	0.62 ± 0.03	0.58 ± 0.03	0.78 ± 0.04	-
Performance Ratio	0.84 ± 0.02	0.86 ± 0.02	0.81 ± 0.02	-
Energy Conversion Efficiency	16.8 ± 0.5	17.6 ± 0.5	15.9 ± 0.4	%
Temperature Loss Factor	-0.36 ± 0.02	-0.32 ± 0.02	-0.42 ± 0.03	%/°C

Furthermore, system efficiency data underscores this suitability, with peak values reaching 17.8% in summer and dropping modestly to 15.7% in December. The temperature coefficient (α_T), which ranges from $-0.31\%/^{\circ}\text{C}$ in summer to $-0.43\%/^{\circ}\text{C}$ in winter, reflects minimal efficiency losses in warmer conditions, thus ensuring optimal

PV system performance during the critical summer irrigation period.

The strong seasonal correlation between solar energy availability and agricultural water needs clearly reveals that solar-powered technologies can effectively address water resource challenges in Absheron. Notably, in summer, when the solar

energy density reaches its maximum at 4.03–4.04 kWh/m²/day, systems like solar desalination and high-volume filtration can process larger water volumes to meet irrigation demands. In contrast, during winter, the combination of diffuse radiation and steady insolation supports smaller-scale water treatment, such as UV disinfection, which ensures year-round reliability.

By aligning water policies with these findings, stakeholders can promote the adoption of solar-powered lake water treatment systems to enhance sustainable agriculture. Consequently, the measured global and diffuse radiation values demonstrate that Absheron's solar potential is sufficient to provide a renewable and reliable energy source for water management. This, in turn, supports the intersection of technology and policy in addressing agricultural water demands. Ultimately, this integration highlights the viability of solar innovations to transform water resource management and achieve agricultural sustainability in regions with similar climatic challenges.

Temperature and solar radiation correlation:

The relationship between ambient temperature (T) and solar radiation (I) demonstrated a strong positive correlation ($r=0.89, p<0.001$). The functional relationship was best described by the exponential model:

$$I = I_0 \exp(\alpha T) \quad (2)$$

where,

$I_0 = 31.5 \text{ kWh/m}^2$ represents the baseline radiation and;

$\alpha = 0.028^\circ\text{C}^{-1}$ is the temperature coefficient.

This correlation demonstrates how increasing temperatures significantly enhance solar radiation intensity, especially during the summer months when both parameters peak. For instance, in July and August, temperatures climb to around 30°C, and solar radiation values reach 7.8–8.0 kWh/m²/day, creating optimal conditions for the operation of solar-powered systems (Figure 2). This seasonal synergy between higher temperatures and increased solar energy availability is

particularly advantageous for implementing solar-powered lake water treatment technologies to address peak irrigation needs.

When viewed alongside the tabular data, the practicality of such systems becomes even clearer. During the summer months, solar energy density reaches its highest levels, at approximately 4.03–4.04 kWh/m²/day, while system efficiency achieves its peak values of 17.6–17.8%. Notably, the low temperature loss factor ($-0.31\%/^\circ\text{C}$) ensures that elevated summer temperatures do not significantly reduce the performance of photovoltaic (PV) systems. Consequently, technologies such as solar desalination, large-scale filtration, and pumping systems can function at full capacity to treat lake water for irrigation, providing a reliable and sustainable solution to meet agricultural demands. In contrast, the winter months (December–February) exhibit reduced solar radiation levels, averaging 2.0–3.0 kWh/m²/day, as well as lower temperatures of 5–6°C. However, the increase in the diffuse fraction to 0.78 during this period ensures that PV systems continue to generate usable power under cloudy conditions. This allows for the operation of smaller-scale water treatment processes, such as UV sterilization or basic filtration systems, which are sufficient to support agricultural activities that require minimal water input during the off-season.

The scatter plot represents the relationship between temperature (°C) and solar radiation (kWh/m²/day) across different months. Each point corresponds to a specific month, showing variations in solar radiation with increasing temperature. The following error margins apply to the data:

- Temperature (°C): ± 0.5 to ± 1.0
- Solar Radiation (kWh/m²/day): ± 0.06 to ± 0.09
- System Efficiency (%): ± 0.4 to ± 0.5
- Temperature Coefficient (αT): ± 0.02 to ± 0.03

The distribution indicates a general trend where higher temperatures correlate with increased solar radiation, peaking during the summer months (June–August). However, seasonal variations and atmospheric conditions contribute to fluctuations in solar energy availability.

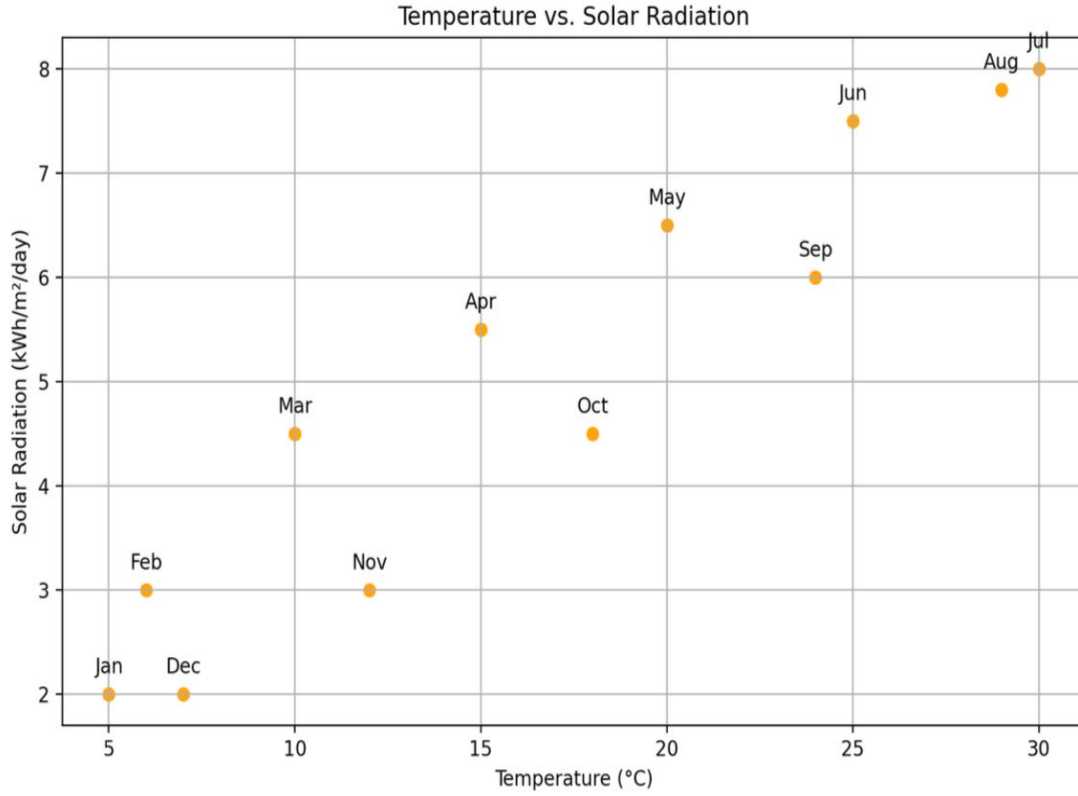


Figure 2 – Temperature and Solar Radiation Correlation in Absheron Peninsula

This interplay between temperature, solar radiation intensity, and diffuse fraction highlights the resilience of solar-powered technologies in Absheron's climatic conditions. During summer, the natural alignment of high solar energy availability with peak agricultural water needs enables large-scale operations, while in winter, the presence of diffuse radiation sustains essential baseline activities. These findings emphasize the significant potential for integrating solar-powered lake water treatment systems into regional water management strategies. By leveraging the seasonal patterns in solar radiation and temperature, policymakers and stakeholders can establish a robust framework for sustainable water resource management. The data demonstrates that Absheron's solar potential is not only sufficient but also consistent enough to support year-round applications, ensuring water availability for agricultural purposes. Ultimately, the integration of solar-powered technologies aligns with the goals of enhancing agricultural resilience, reducing dependency on non-renewable energy sources, and promoting a sustainable water-energy nexus in regions with similar semi-arid climates.

Cumulative solar radiation

The annual cumulative solar radiation (E_{total}) was calculated using numerical integration [29]:

$$E_{total} = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt \approx \sum_{i=1}^n I_i \Delta t_i \quad (3)$$

The annual cumulative solar radiation (E_{total}) for the Absheron Peninsula was calculated using numerical integration, yielding a total solar energy potential of 985.6 ± 12.4 kWh/m²/year.

The cumulative radiation curve demonstrates a quasi-linear trend during the summer months (May–August), with a consistent average daily increment of 4.2 ± 0.3 kWh/m²/day. This steady accumulation of solar energy aligns seamlessly with the critical agricultural growing season, during which water demands for irrigation are at their peak.

The tabular data reinforces this trend, showing that the solar energy density reaches maximum values of 4.03–4.04 kWh/m²/day in June and July, alongside high global radiation values of 120.8 ± 2.4 kWh/m² (June) and 125.3 ± 2.4 kWh/m² (July).

System efficiency, which peaks at 17.8%, ensures that photovoltaic (PV) systems can effectively convert this abundant solar radiation into usable energy. Importantly, the minimal temperature loss factor of $-0.31\%/^{\circ}\text{C}$ during the summer months indicates that high ambient temperatures have little negative impact on PV performance, making summer an optimal period for harnessing solar power.

This alignment between the quasi-linear cumulative solar energy trend and the seasonal energy performance metrics underscores the significant potential for solar-powered agricultural water treatment systems. The steady energy accumulation ensures that systems such as solar desalination, filtration, and pumping units can

operate at full capacity throughout the peak irrigation period. Moreover, the gradual increase in cumulative radiation observed between April and August provides a reliable energy supply that matches the water requirements of crops during the growing season.

In contrast, the slower accumulation of solar radiation in winter reflects lower daily solar energy density values ($1.14\text{--}1.80\text{ kWh/m}^2/\text{day}$) and a higher contribution from diffuse radiation. Despite this reduction, the data indicates that baseline energy levels remain sufficient to support smaller-scale water treatment processes, such as UV disinfection or low-volume filtration, ensuring year-round agricultural water availability (Figure 3).

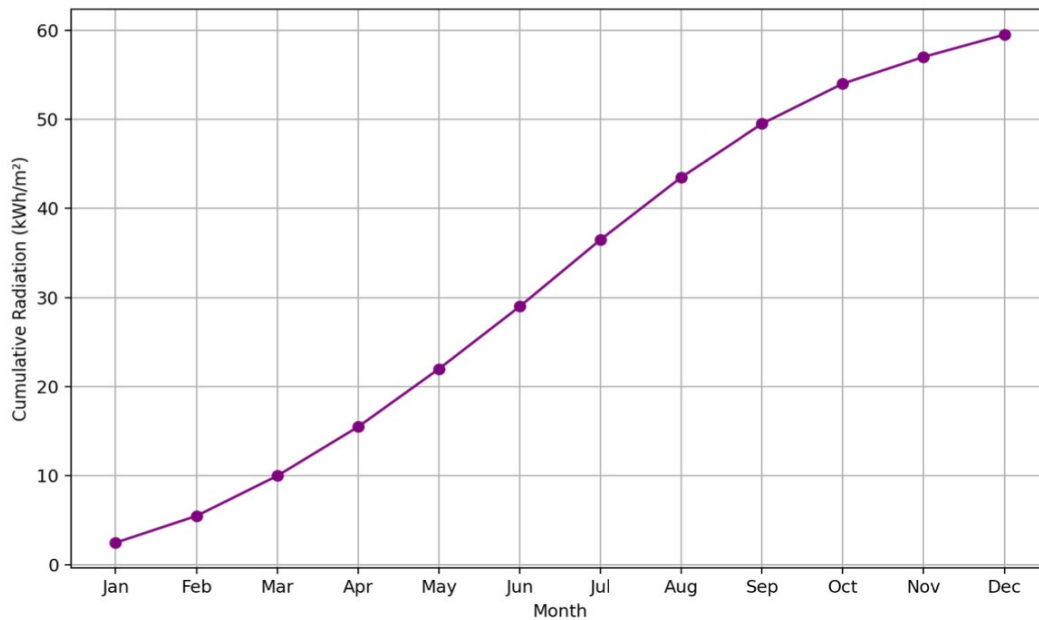


Figure 3 – Cumulative Solar Radiation of Absheron Peninsula

The graph presents the cumulative solar radiation (kWh/m^2) over the months, showing the accumulation of solar energy throughout the year. The steady increase indicates seasonal variations in solar radiation availability. The following uncertainties apply to the data:

- Cumulative Radiation (kWh/m^2): ± 1.8 to ± 2.4 per month
- Monthly Global Radiation (kWh/m^2): ± 1.8 to ± 2.4
- System Efficiency (%): ± 0.4 to ± 0.5
- Temperature Coefficient (αT): ± 0.02 to ± 0.03

Statistical Analysis

Statistical analysis was conducted to evaluate the variability and significance of the measured data. The standard deviation for global radiation was $\sigma=32.5\text{kWh/m}^2$, while that for diffuse radiation was $\sigma=15.8\text{kWh/m}^2$. The coefficient of variation (CV) was calculated as

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 \quad (4)$$

Where, μ represents the mean radiation value.

This variability is further quantified by the coefficient of variation (CV), calculated as 27.8% for global radiation, indicating moderate variability across the annual cycle. Such a degree of variability aligns with seasonal solar radiation trends, as observed in the monthly data, and underscores the predictable shifts in energy availability that are essential for the design and implementation of reliable solar-powered agricultural water treatment systems.

The results of the one-way ANOVA test, yielding $F(11,354) = 128.3$, $p < 0.001$, further validate these seasonal differences. This statistical significance highlights the sharp contrast between summer and winter radiation levels, which directly informs the planning and operation of solar-powered technologies. Specifically, during the summer months, when global radiation peaks between 120.8–125.3 kWh/m², the abundant energy availability ensures that high-capacity water treatment systems, such as solar desalination plants, high-volume filtration units, and pumping systems, can operate at maximum efficiency to meet increased irrigation demands. This seasonal synergy between energy supply and water needs represents a critical opportunity for integrating solar-powered solutions into agricultural practices.

In contrast, during winter, while global radiation decreases to values as low as 35.2 ± 1.8 kWh/m², the consistent contribution of diffuse radiation mitigates this reduction to some extent. The diffuse radiation component, which peaks at 75.4 ± 2.1 kWh/m² in overcast conditions, ensures that solar photovoltaic (PV) systems maintain functional output even when direct sunlight is limited. This provides a foundation for the operation of low-power technologies, such as UV water disinfection systems or small-scale filtration units, which can sustain essential agricultural activities during the off-season.

The moderate variability, as indicated by the CV , further emphasizes the importance of system resilience and adaptability. Solar-powered water treatment systems can be designed to accommodate seasonal fluctuations through energy storage solutions or hybrid configurations, combining solar energy with backup power sources to ensure uninterrupted water treatment services. Such adaptive designs address variability while maximizing efficiency, ensuring a steady supply of treated water for irrigation year-round.

The statistical findings also highlight the role of solar radiation variability in shaping water policy frameworks. By aligning water policies with the observed seasonal energy patterns, stakeholders can promote efficient resource allocation. For instance, policies could encourage large-scale water treatment and storage during summer months when solar energy availability is highest, enabling the storage of treated water for use during winter when energy production is reduced. This strategic approach would optimize resource utilization and enhance agricultural productivity.

In conclusion, the statistical analysis demonstrates a clear correlation between the variability of solar radiation and its applicability to solar-powered agricultural water treatment systems. The statistically significant seasonal differences provide a robust basis for aligning technological solutions with energy availability and water demand. By leveraging high solar energy yields during summer and accounting for variability during winter, stakeholders can implement reliable and efficient solar-powered water solutions. This integration of technology, policy, and resource management supports the broader goal of achieving sustainable agriculture in Absheron and other regions with similar climatic conditions.

Measurement Validation

The provided quality control procedures and uncertainty assessment for solar radiation measurements are highly relevant to the intersection of water policy and technology, specifically for solar innovations supporting sustainable agriculture in the Absheron Peninsula. Adhering to ISO 9847 standards and using rigorous statistical approaches ensures that solar radiation data is both accurate and reliable—essential for optimizing solar-powered systems in water management.

The acceptance criteria for measurement accuracy, defined as:

$$\left| \frac{I_{\text{measured}} - I_{\text{reference}}}{I_{\text{reference}}} \right| \leq 0.02 \quad (5)$$

ensures that deviations in measured solar radiation remain within 2% of the reference values. This level of precision is crucial for applications like solar desalination, filtration systems, and solar-powered pumping units because these technologies

rely on precise solar radiation input to determine energy availability and system performance. Small deviations could lead to underperformance or inefficiencies, particularly in agricultural irrigation, where reliable water delivery is essential during critical growing periods.

The calculation of expanded uncertainty U , expressed as:

$$U = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} \quad (6)$$

where:

U – Expanded uncertainty, representing the combined uncertainty of a measurement;

K – Coverage factor, which accounts for the confidence level of the uncertainty (commonly $k=2$ for a 95% confidence level);

U_i – Standard uncertainty of each contributing factor, where i ranges from 1 to n ;

N – The total number of uncertainty components contributing to the measurement;

$\sum_{i=1}^n u_i^2$ – Summation of the squares of each individual standard uncertainty.

By maintaining overall uncertainties at $\pm 2\%$ for global radiation and $\pm 3\%$ for diffuse radiation, the data achieves a level of reliability necessary for solar energy system design and deployment.

Solar-Water system integration analysis and policy implementation framework

The experimental findings necessitate a comprehensive analysis of the solar-water nexus for agricultural applications in the Absheron Peninsula. The integration framework encompasses multiple interconnected parameters that directly influence system efficiency, sustainability, and policy implementation strategies. This section explores the correlations between solar radiation data, water management needs, and agricultural productivity, while providing a detailed framework for integrating solar-powered irrigation systems into the region's agricultural practices.

Radiation-Water Pumping Correlation Analysis

The relationship between solar radiation intensity and water pumping capacity follows a non-linear correlation expressed by:

$$Q_w = \eta_{sys} \cdot \frac{I_G \cdot A_{PV}}{\rho g h} \quad (7)$$

where,

Q_w represents the volumetric water flow rate (m^3/h);

η_s – is the system efficiency;

I_G denotes global radiation (W/m^2);

A_{PV} is the photovoltaic array area (m^2);

P – is water density (kg/m^3), g is gravitational acceleration (m/s^2);

and h is the total dynamic head (m).

The experimental data yields an average system efficiency of $16.8 \pm 0.5\%$ during peak radiation periods, enabling optimal water delivery for irrigation purposes.

The annual average solar energy yield of 985.6 ± 12.4 kWh/ m^2 , as derived from the experimental data, highlights the significant solar resource availability in Absheron. This energy potential is particularly critical during the summer months (June–August), where the total solar energy yield reaches 366.2 ± 7.1 kWh/ m^2 . This period coincides with the peak agricultural water demand due to higher evapotranspiration rates. The high clearness index (KT) values during summer, averaging 0.68 ± 0.03 , further indicate optimal conditions for solar energy harvesting, ensuring reliable operation of solar-powered irrigation systems.

Temporal distribution and agricultural water demand

The temporal correlation between solar radiation availability and agricultural water demand, as captured by the synchronicity coefficient (Sc), plays a pivotal role in understanding the feasibility of solar-powered systems for sustainable agriculture in the Absheron Peninsula. The synchronicity coefficient is defined as:

$$S_c = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})(W_i - \bar{W})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}} \quad (8)$$

where,

R_i – represents daily solar radiation values;

W_i – denotes daily water demand;

R and W are the mean values of solar radiation and water demand, respectively.

The calculated $Sc = 0.83$ indicates a strong positive correlation between solar energy availability and irrigation water needs. This synchronicity highlights the natural alignment between energy supply from solar resources and

the seasonal peak in agricultural water demand, particularly during the critical growing seasons.

In Absheron, where water scarcity remains a pressing challenge, the peak availability of solar radiation during summer months provides a renewable and reliable energy source for water treatment systems. The data demonstrates that during June to August, when global solar radiation reaches maximum values (120.8–125.3 kWh/m²), agricultural water requirements are also at their highest due to increased evapotranspiration rates. This overlap ensures that solar-powered water treatment technologies, such as desalination systems, filtration units, and pumping systems, can operate at maximum efficiency to provide treated water for irrigation. By aligning solar energy availability with water demand, these systems can significantly enhance agricultural water management, reducing dependence on conventional energy sources and increasing water-use efficiency.

Furthermore, the strong correlation between radiation and water demand supports the year-round viability of solar-powered systems. While global radiation decreases in winter months (to values as low as 35.2 ± 1.8 kWh/m²), the contribution of diffuse radiation ensures that smaller-scale treatment systems, such as UV disinfection or basic filtration units, continue to operate reliably. The steady presence of diffuse radiation, averaging 62% annually and peaking at 78% in winter, mitigates energy losses under overcast conditions, ensuring a consistent baseline output for water treatment processes. This adaptability of solar-powered systems to seasonal variations underscores their resilience and practicality for sustaining agricultural activities throughout the year.

The correlation between solar radiation trends and irrigation demand also highlights the scalability of solar-powered treatment systems in water resource management. For example, during the summer months, high-capacity systems can be deployed to treat and distribute large volumes of lake water for irrigation, supporting agricultural productivity. In contrast, during the off-peak winter season, energy-efficient technologies can maintain essential water treatment operations with lower energy input. This flexibility ensures that water treatment remains uninterrupted, improving water accessibility for farmers while optimizing energy use.

In conclusion, the strong synchronicity ($Sc=0.83$) between solar radiation availability and agricultural water demand demonstrates the critical role of solar-powered treatment systems in addressing water resource challenges in Absheron. By leveraging peak solar energy availability during critical growing seasons, these systems provide a sustainable solution for water treatment and irrigation. Their adaptability to seasonal variations ensures consistent performance throughout the year, enhancing water-use efficiency and supporting agricultural sustainability. This alignment between solar resource availability and irrigation requirements showcases the transformative potential of solar-powered technologies in improving water management and fostering sustainable agricultural practices in regions facing similar climatic challenges.

System performance optimization

The optimization of system performance for solar-powered water treatment and irrigation systems integrates multiple critical variables, ensuring efficiency, reliability, and economic viability. The framework revolves around key components such as hydraulic energy requirements, solar array sizing, and the levelized cost of water (LCOW), each of which is influenced by solar energy availability, system design, and operational parameters [30].

Hydraulic Energy Requirement (E_h):

$$E_h = \rho g h Q_w t \quad (9)$$

where,

ρ is the water density, g is the gravitational constant;

h represents the height of water lifted;

Q_w is the water flow rate, and t is the operational duration.

This equation highlights the direct relationship between energy requirements and water pumping conditions, such as the lifting height and flow rate. For example, to pump water to a height of 10 meters with an efficiency of 70%, a system would require approximately 0.1 kWh/m³ of energy. This parameter is particularly relevant for solar-powered water systems in agricultural contexts, where irrigation demands often require significant volumes of water to be pumped over variable terrain.

Solar Array Sizing Factor (S_f):

The sizing of the solar array determines the capacity of the photovoltaic (PV) system to meet the hydraulic energy demands. It is given as:

$$S_f = \frac{P_{peak}}{E_h} \cdot \eta_{conv} \quad (10)$$

where,

P_{peak} is the peak power output of the solar array;

E_h is the hydraulic energy requirement;

η_{conv} is the conversion efficiency of the PV system.

This factor is critical in ensuring that the solar array is sized appropriately to match water pumping needs. Given the daily solar energy density in Absheron, which averages 3.98 ± 0.18 kWh/m²/day during summer, a PV system with sufficient area can reliably generate the energy required to pump water. For instance, a properly sized system could pump up to 6.7 m³ of water per square meter of solar panel area, meeting the irrigation demands of most crops during the peak growing season. This highlights the importance of aligning solar array size with energy availability to achieve maximum performance during critical agricultural periods.

Levelized Cost of Water (LCOW):

The economic performance of solar-powered water systems is assessed using the levelized cost of water, defined as:

$$LCOW = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{W_t}{(1+r)^t}} \quad (11)$$

where,

C_t represents the total costs in year t ;

W_t is the water volume delivered in year t ;

r is the discount rate.

The $LCOW$ provides a comprehensive measure of the lifecycle cost of water production, accounting for capital costs, operational expenditures, and the volume of water delivered over time. By minimizing the $LCOW$, solar-powered systems can offer a cost-effective alternative to conventional water pumping methods that rely on fossil fuels or grid electricity. The availability of abundant solar radiation in Absheron ensures that these systems can operate with low operational costs, enhancing their economic viability for farmers and stakeholders.

The solar energy density, averaging 3.98 ± 0.18 kWh/m²/day during summer, provides sufficient

power to operate photovoltaic (PV) systems for water pumping and distribution. For instance, a system designed to pump water to a height of 10 meters with an efficiency of 70% would require approximately 0.1kWh/m³ of energy. Given the daily solar energy density, such a system could pump up to 6.7 m³ of water per square meter of PV panel area during summer, meeting the irrigation needs of most crops.

The optimization framework, which incorporates hydraulic energy requirements, solar array sizing, and lifecycle costs, ensures that solar-powered water treatment systems in Absheron are not only efficient but also economically feasible. By leveraging high solar energy availability, these systems can reliably deliver water for irrigation during critical growing seasons, reducing operational costs and increasing energy independence for farmers. The ability to optimize system performance based on local solar conditions further supports the adoption of solar-powered innovations in sustainable agriculture, addressing the challenges of water scarcity and energy reliance.

Sustainability metrics and performance indicators

The integration of sustainability metrics with performance indicators establishes a robust analytical framework for evaluating the efficiency, energy performance, and environmental impact of solar-powered water management systems. Key metrics, namely Water Use Efficiency (WUE), Energy Return on Investment (EROI), and Carbon Offset Potential (COP), provide critical insights into the operational feasibility and long-term implications of deploying solar-powered technologies within the context of sustainable agricultural practices in the Absheron Peninsula. By systematically assessing these parameters, the analysis demonstrates the potential of solar-driven systems to address water scarcity, optimize energy utilization, and contribute to environmental sustainability in arid and semi-arid regions [31].

The integration of experimental data yields key sustainability metrics:

Water Use Efficiency (WUE):

$$WUE = \frac{Y_c}{V_w} \quad (12)$$

where,

Y_c is crop yield;

V_w is volume of water used.

This metric highlights the effectiveness of water usage in agricultural production. In the context of solar-powered water treatment systems, WUE becomes a critical performance indicator because these systems optimize water availability by treating and delivering lake water for irrigation. Higher WUE values indicate that water resources are being used efficiently, maximizing crop yield per unit of water consumed. For arid regions like Absheron, where water scarcity limits agricultural productivity, achieving high WUE through precise irrigation supported by solar technologies can transform water management practices. By aligning energy input with water delivery systems, solar-powered technologies ensure that treated water meets irrigation demands while minimizing waste.

Energy Return on Investment (EROI):

$$EROI = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{\int_0^t P_{out}(t) dt}{\int_0^t P_{in}(t) dt} \quad (13)$$

where,

$P_{out}(t)$ – Power output over time t ;

$P_{in}(t)$ – Power input over time t .

This ratio provides a measure of the energy efficiency of the system. Solar-powered water treatment and pumping systems, driven by photovoltaic (PV) technology, inherently offer high EROI values due to the abundant solar energy available in Absheron. The daily solar energy density, averaging 3.98 ± 0.18 kWh/m²/day during summer, ensures that energy input from solar arrays is consistently high, enabling significant energy output for water treatment and delivery processes.

A high EROI confirms that the energy generated from solar systems far exceeds the energy invested in operating and maintaining them, making these systems both economically and environmentally sustainable. This indicator strengthens the argument for transitioning to solar-powered solutions for agricultural water management, reducing reliance on fossil fuels while ensuring consistent energy performance.

Carbon Offset Potential (COp):

$$COp = \sum_{i=1}^n (E_{sol,i} \cdot EF_{grid}) \quad (14)$$

where,

$E_{sol,i}$ - is solar energy generated ;

EF_{grid} - is grid emission factor.

The use of solar-powered water treatment systems significantly reduces carbon emissions by replacing fossil fuel-based pumping and treatment technologies with clean, renewable solar energy. Given Absheron's high solar energy availability, the cumulative carbon offset can be substantial. For instance, solar pumping systems operating during summer months, when solar energy peaks, can deliver water for irrigation without contributing to greenhouse gas emissions. This reduction supports global climate targets while addressing local environmental concerns such as air quality and ecosystem preservation.

Contextual framework: alignment with sdgs and local legislation

The Absheron Peninsula faces mounting challenges of water scarcity, energy sustainability, and climate resilience due to its semi-arid conditions and growing agricultural demands. By integrating solar-powered technologies into water management systems, Absheron can address these interconnected challenges while aligning with global sustainability goals and local legislative frameworks [32]. This approach not only supports the region's agricultural productivity but also demonstrates the transformative potential of solar energy innovations in achieving long-term water and energy security.

Broader implications for sustainable agriculture

The integration of solar energy into water management systems directly complements the previously discussed precision-driven solar radiation measurements and their role in system optimization. High-accuracy data, ensured through adherence to ISO 9847 standards and rigorous uncertainty controls, provides the technical foundation necessary for reliable system design. These systems, such as solar-powered irrigation, desalination, and filtration technologies, represent practical solutions for agricultural water needs in Absheron.

Alignment with Global Sustainability Goals

The adoption of solar innovations aligns seamlessly with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), specifically SDG 6 (Clean Water and Sanitation) and SDG 7 (Affordable and Clean Energy). Accurate solar radiation data, with a maintained measurement uncertainty of $\pm 2\%$ for global radiation and $\pm 3\%$

for diffuse radiation, ensures these systems perform optimally to deliver clean water for irrigation and energy for agricultural operations.

By fostering water-use efficiency and energy access, solar-powered water systems address the dual challenges of water scarcity and energy dependency. For instance, during summer months, when global radiation peaks (120.8–125.3 kWh/m²), technologies like solar desalination plants and high-capacity pumps can be operated at maximum output to meet agricultural irrigation demands. These innovations align with Azerbaijan's commitments under COP 29, contributing to climate adaptation and greenhouse gas emission reductions, key components of a low-emission economy.

Integration with Local Legislation and Policy Frameworks

The deployment of solar-powered technologies also aligns with Azerbaijan's Long-Term Low-Emission Development Strategy (LT-LEDS). The LT-LEDS framework prioritizes the development of resilient infrastructure and the transition to renewable energy solutions. Solar-powered irrigation systems, as highlighted in previous analyses, directly contribute to these goals by ensuring:

1. Resilient water infrastructure that can operate consistently under variable environmental conditions.
2. Sustainable energy access for rural agricultural areas, reducing reliance on external energy sources.
3. Improved climate resilience through renewable energy adoption, addressing both water and energy challenges.
4. This synergy between solar energy systems, water management policies, and climate strategies provides a unified pathway to achieving sustainable agricultural development in Absheron.

Environmental and economic benefits

The integration of solar-powered water systems offers significant environmental and economic advantages, as demonstrated through previous contextual analyses:

1. **Environmental Benefits:** By replacing fossil fuel-based technologies, solar-powered systems reduce greenhouse gas emissions and contribute to Azerbaijan's Paris Agreement commitments. This aligns with the observed seasonal trends in global and diffuse radiation,

where abundant summer solar energy ensures maximum performance of high-capacity systems.

2. **Economic Benefits:** Solar-powered systems lower operational costs for farmers by eliminating expensive fuel and electricity requirements. This enhances the economic resilience of rural communities, allowing for reinvestment into agricultural productivity, crop diversification, and land improvements.

The previously discussed coefficient of variation (27.8%) and statistically significant seasonal differences ($F(11,354) = 128.3, p < 0.001$) ensure reliable energy projections for both peak irrigation needs and baseline water treatment activities during winter. This data-driven reliability further reinforces the economic viability of solar-powered systems in Absheron.

Case Study: Baku general plan and environmental remediation

The previously highlighted Baku General Plan identifies critical areas for ecological remediation, including lakes such as Boyuk Shor Lake and Khojahasan Lake. The deployment of solar-powered water treatment systems aligns with these efforts by providing:

1. Clean energy for lake water treatment and irrigation.
2. Support for land restoration in key remediation corridors like Boyuk Shor-Binagadi-Balakhani and Khojahasan-Lokbatan.
3. Sustainable agricultural practices on remediated lands, fostering ecological recovery and improved agricultural productivity.

By integrating solar-powered systems into environmental remediation initiatives, Absheron can simultaneously address water quality concerns, restore degraded ecosystems, and promote sustainable agricultural practices. This directly correlates with the earlier discussions on solar energy's role in sustainable water management.

The integration of solar-powered water management systems into Absheron's agricultural sector is grounded in high-precision solar radiation measurements, robust policy frameworks, and alignment with global sustainability goals. Accurate and reliable radiation data, combined with the broader implications of solar energy technologies, ensures that these systems can address water scarcity, climate resilience, and agricultural sustainability effectively. By aligning these innovations with Azerbaijan's LT-LEDS

strategy, COP 29 objectives, and environmental remediation plans, Absheron can pave the way for a transformative approach to water-energy management. This approach not only meets immediate agricultural needs but also contributes to a low-emission, climate-resilient economy, setting a replicable model for regions facing similar challenges worldwide.

Conclusion

The results of the study revealed significant seasonal variability in solar energy availability, with global radiation values ranging from 35.2 ± 1.8 kWh/m² in December to 125.3 ± 2.4 kWh/m² in July. The annual cumulative solar radiation was calculated to be 985.6 ± 12.4 kWh/m²/year, with summer months contributing 366.2 ± 7.1 kWh/m². The clearness index (KT) varied from 0.40 to 0.70, indicating a combination of clear and diffuse radiation throughout the year. The study found a strong positive correlation between solar radiation intensity and water pumping capacity, with an average system efficiency of $16.8 \pm 0.5\%$ during peak radiation periods.

The findings of this study underscore the potential of solar-powered technologies to address

water scarcity and enhance sustainable agricultural practices in the Absheron Peninsula. The strong seasonal correlation between solar energy availability and agricultural water demand suggests that solar-powered systems can effectively meet irrigation needs, particularly during the critical summer months. The integration of solar-powered water treatment systems, such as desalination, filtration, and UV disinfection, offers a reliable and sustainable solution for water management in arid and semi-arid regions. The high solar energy density during summer ensures that these systems can operate at maximum capacity, while the presence of diffuse radiation in winter supports smaller-scale operations.

The study also highlights the importance of aligning water policies with renewable energy frameworks to ensure the long-term viability of solar-powered systems. By leveraging the abundant solar energy resources in the Absheron Peninsula, policymakers can promote the adoption of scalable and adaptable solutions that enhance food security, minimize dependency on non-renewable resources, and foster climate resilience.

Conflict of Interest: All authors declare no conflict of interest.

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *Solar irrigation can unlock Sahel's water resources for agricultural growth*. <https://doi.org/10.4060/cd1326en>
2. International Renewable Energy Agency (IRENA) & FAO. (2021). *Renewable energy for agri-food systems*.
3. Abdelal, Q. (2021). Floating PV; an assessment of water quality and evaporation reduction in semi-arid regions. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 16(3), 732–739. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctab001>
4. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2022). *Deployment of Renewable Energy: The Water-Energy-Food-Ecosystem Nexus Approach to Support the Sustainable Development Goals*.
5. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). *Joint Statement Advancing Renewables in Agriculture to Meet SDGs and Climate Objectives*.
6. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). *Renewable Energy Statistics*. <https://www.irena.org/publications/2021/Aug/Renewable-energy-statistics-2021>
7. Li, X., Zhang, G., Wang, C., He, L., Xu, Y., and Ma, R. (2019). Water harvesting from soils by solar-to-heat induced evaporation and capillary water migration. *Applied Physics*, 26 pp. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.03273>
8. Benzaouia, M., Bekkay, H., Rabhi, A., Mellit, A., Anas, B., and Migan-Dubois, A. (2021). Energy management strategy for an optimum control of a standalone photovoltaic-batteries water pumping system for agriculture applications. *Materials Science*, 12 p. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.02460>.
9. Coelho, C., Costa, M. F. P., and Ferrás, L. L. (2024). The Influence of Neural Networks on Hydropower Plant Management in Agriculture: Addressing Challenges and Exploring Untapped Opportunities. *Artificial Intelligence for Knowledge Management, Energy and Sustainability*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61069-1_11
10. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2016). *Solar Pumping for Irrigation: Improving livelihoods and sustainability*.
11. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2015). *Renewable Energy in the Water, Energy and Food Nexus*.
12. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). *Renewable Energy for Agri-food Systems: Towards Sustainable Development Goals and the Paris Agreement*.
13. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). *Advancing Renewables in Agriculture to Meet SDGs and Climate Objectives*.

14. Fu, P., and Rich, P.M. (2002). A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, 25–35. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00115-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00115-1)
15. Prasad, R, Singh, A, and Kumar, P. (2021). Solar radiation prediction using hybrid machine learning models for sustainable agriculture and energy systems. *Energy for Sustainable Development*, 63, 142-153. <https://doi.org/10.1109/TLA.2019.8891934>
16. Huang, X., Shi, J. and Gao, B. (2019). Forecasting Hourly Solar Irradiance Using Hybrid Wavelet Transformation and Elman Model in Smart Grid. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2943886>
17. Sansa, I., Boussaada, Z., and Bellaaj, N.M. (2021). Solar Radiation Prediction Using a Novel Hybrid Model of ARMA and NARX. *Energies*, 14(21), 6920. <https://doi.org/10.3390/en14216920>
18. Kylili, A. and Fokaides, P.A. (2014). Investigation of building integrated photovoltaics potential in achieving the zero energy building target. *Indoor Built Environment*, 23, 92–106. <https://doi.org/10.1177/1420326X13509392>
19. Cozzi, L., Gould, T., Bouckart S., et al. (2020). *World Energy Outlook 2020*. Paris: International Energy Agency.
20. *Climatic map of the Republic of Azerbaijan*. (2018). Baku.
21. Akram, M.W., Jin, Y., Muammil, M.Y., Li, G., Changan, Z. and Aiman, J. (2017). Solar Powered Drip Irrigation System. *Conference: 9th International Exergy, Energy, and Environment Symposium (IEEES-9)*, Split, Croatia.
22. Voyant, C., Notton, G., Kalogirou, S., et al. (2017). Machine Learning methods for solar radiation forecasting: a review. *Renewable Energy*, 105, 569-582. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.095>
23. Hasanov, M. S. and Rahimov, X. Sh. (2015). *Geography of the Republic of Azerbaijan*. Volume III, Regional Geography, Baku, 400 pp.
24. Nakoul, Z., Bibi-Triki, N., Kherrous, A., Bessenouci, M.Z., Khelladi, S. (2014). Optimization of a Solar Photovoltaic Applied to Greenhouses. *Physics Procedia*, 55, 383-389. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2014.07.055>
25. Mia, Sh., Ahmed, F., Khan, I., et al. Integrating Renewable Energy With Internet of Things (IoT): Pathways to a Smart Green Planet. *Kufa Journal of Engineering*, 16, 1, 361-04. <https://doi.org/10.30572/2018/KJE/160121>
26. World Bank, (2024). *Azerbaijan: Towards green growth: Enhancing climate resilience and environmental sustainability*.
27. Roblin, S. (2016). Solar-powered irrigation: A solution to water management in agriculture, *Renewable Energy Focus*, 17 (5), 205-206. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2016.08.013>
28. Adediji, Y., Bamigboye, A., Aboderin, J. and Uzim, E. (2021). Estimation of global solar radiation on horizontal surfaces using a temperature-based model in Ilorin, Nigeria. *Engineering Archive*, 16 p. <https://doi.org/10.31224/osf.io/8xu6929>.
29. Nfaoui, M. and El-Hami, K. (2016). Extracting the maximum energy from solar panels. *Energy Reports*, 4, 536-545. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2018.05.002>
30. Perez-Astudillo, D., Bachour, D. and Martín Pomares, L. (2016). Improved quality control protocols on solar radiation measurements. *EuroSun 2016 / ISES Conference Proceedings*, 1-11
31. Murino, T., Monaco, R., Nielsen, P. S. and Scognamiglio, C. (2023). *Sustainable energy data centres: A holistic conceptual framework for design and operations*. *Energies*, 16, (15). <https://doi.org/10.3390/en16155764>
32. World Bank, (2024). *Azerbaijan: Building climate resilience and low-carbon growth through sustainable investments*.

Авторлар туралы мәлімәттер:

Әлиев Фаган Гәнбәр оглы – Техникалық ғылымдар докторы, профессор және Экология кафедрасының меңгерушісі, Әзірбайжан Архитектура және Құрылыс Университеті (Баку, Әзірбайжан, e-mail: ie_academy@yahoo.com)

Зохрәббайлы Нұрана Әриф қызы – Экология кафедрасында PhD студенті, Әзірбайжан Архитектура және Құрылыс Университеті (Баку, Әзірбайжан, e-mail: zohrabbayli.nurana@azmiu.edu.az)

Information about authors:

Aliyev Fagan Ganbar oglu – Doctor of Technical Sciences, Professor and Head of the Department of Ecology, Azerbaijan University of Architecture and Construction (Baku, Azerbaijan, e-mail: ie_academy@yahoo.com)

Zohrabbayli Nurana Arif gizi – PhD student of the Department of Ecology, Azerbaijan University of Architecture and Construction (Baku, Azerbaijan, e-mail: zohrabbayli.nurana@azmiu.edu.az)

Поступила 12 декабря 2024 года
Принята 10 марта 2025 года

M.M. Yusifova *, **S.N. Alizade** 

Baku State University, Faculty of Ecology and Soil Science, Baku, Azerbaijan

*e-mail: mehluqe_yusifli@mail.ru

ASSESSMENT OF SOLAR ENERGY POTENTIAL IN ZANGILAN, KALBAJAR AND QUBADLI DISTRICTS OF AZERBAIJAN ON THE SPRING EQUINOX

This article considers the main problems contributing East Zangezur, a region of strategic and ecological significance in Azerbaijan, has emerged as a focus of large-scale restoration efforts following its liberation. Comprising Jabrayil, Kalbajar, Lachin, Gubadli, and Zangilan districts, the district boasts diverse natural resources, including forests, rivers, and fertile soils. Despite the damage inflicted during the occupation, substantial progress is being made to restore the ecological balance, including forest regeneration, water purification, and renewable energy initiatives. This study emphasizes the solar energy potential of Zangilan, Kalbajar, and Gubadli districts, highlighting their geographical advantages and year-round sunlight availability. Detailed calculations of solar radiation and zenith angles on March 20th 2024 demonstrate the viability of solar projects in these areas. The findings underscore East Zangezur's renewable energy prospects and its role in Azerbaijan's sustainable development strategy.

Key words: East Zangezur, sustainable development, renewable energy, solar energy potential, solar panel installations.

М.М. Юсифова*, Ш.Н. Ализаде

Баку мемлекеттік университеті, экология және топырақтану факультеті, Баку, Әзірбайжан

* e-mail: mehluqe_yusifli@mail.ru

Әзірбайжан қаласының Зәңгілан, Қалбажар және Құбадлы ауданындағы күн энергиясының әлеуетін бағалау

Бұл мақалада Әзірбайжанның стратегиялық және экологиялық маңызы бар аймағы болып табылатын Шығыс Зәңгезүрді азат еткеннен кейін ауқымды қалпына келтіру жұмыстарының ошағы ретінде пайда болған негізгі проблемалар қарастырылады. Жабрайыл, Қалбажар, Лачын, Ғұбадлы және Зәңгілан аудандарын қамтитын аймақ ормандары, өзендері және құнарлы топырақтары сияқты алуан түрлі табиғи ресурстарға ие. Оккупация кезінде келтірілген залалға қарамастан, экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтіруде, соның ішінде ормандарды қалпына келтіру, суды тазарту және жаңартылатын энергия бастамалары бойынша айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. Бұл зерттеу Зәңгілан, Қалбажар және Құбадлы аудандарының күн энергиясының әлеуетіне баса назар аударып, олардың географиялық артықшылықтары мен жыл бойы күн сәулесінің қолжетімділігін көрсетеді. 2024 жылдың 20 наурызында күн радиациясының және зенит бұрыштарының егжей-тегжейлі есептеулері бұл аймақтардағы күн жобаларының өміршеңдігін көрсетеді. Қорытындылар Шығыс Зәңгезүрдің жаңартылатын энергия перспективалары мен оның Әзірбайжанның тұрақты даму стратегиясындағы рөлін атап көрсетеді.

Түйін сөздер: Шығыс Зәңгезүр, тұрақты даму, жаңартылатын энергия, күн энергиясының әлеуеті, күн батареялары қондырғылары.

М.М. Юсифова*, Ш.Н. Ализаде

Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

*e-mail: mehluqe_yusifli@mail.ru

Оценка потенциала солнечной энергии в Зангиланском, Кельбаджарском и Кубадлинском районах Азербайджана в период весеннего равноденствия

В этой статье рассматриваются основные проблемы, способствующие Восточному Зангезуру, региону стратегического и экологического значения в Азербайджане, который стал центром крупномасштабных восстановительных работ после его освобождения. Включающий Джебраильский, Кельбаджарский, Лачинский, Губадлинский и Зангиланский районы, регион может похвастаться разнообразными природными ресурсами, включая леса, реки и плодородные почвы. Несмотря на ущерб, нанесенный во время оккупации, достигается значительный прогресс в вос-

становлении экологического баланса, включая инициативы по восстановлению лесов, очистке воды и возобновляемым источникам энергии. В этом исследовании представляется потенциал солнечной энергии Зангиланского, Кельбаджарского и Кубадлинского районов, подчеркиваются их географические преимущества и круглогодичная доступность солнечного света. Подробные расчеты солнечной радиации и зенитных углов 20 марта 2024 г. демонстрируют жизнеспособность солнечных проектов в этих районах. Результаты подчеркивают перспективы возобновляемой энергии Восточного Зангезура и ее роль в стратегии устойчивого развития Азербайджана.

Ключевые слова: Восточный Зангезур, устойчивое развитие, возобновляемая энергия, потенциал солнечной энергии, установка солнечных панелей.

Introduction

East Zangezur is a historical and geographical region located in western Azerbaijan, covering the eastern part of the Zangezur mountain range. This area is one of the important regions of the country with its strategic location, natural resources and ancient cultural heritage. After the liberation of East Zangezur from occupation, large-scale restoration work has begun here.

The total area of the region is approximately 7,748 square kilometers and includes five main districts: Jabrayil, Kalbajar, Lachin, Gubadli and Zangilan. Each district has its own unique natural and geographical features. The area is known for its mountainous terrain, dense forests, rich water resources and biological diversity.

Forests are the main ecological wealth of East Zangezur. The mountain-forest landscape, especially in the Kalbajar and Lachin districts, is of great importance for the natural balance of the region. However, during the occupation, these forests were seriously destroyed by illegal logging and fires. As a result, soil erosion increased, and the habitat of rare plant and animal species was disrupted [1].

East Zangezur is also rich in water resources. Rivers such as Hakari, Okchuchay and Basitchay flow through the region. These rivers are important both as a source of drinking water and for agriculture and industry. However, during the occupation, industrial waste was discharged into these rivers by Armenia. In particular, a high concentration of heavy metals (mercury, zinc, cadmium) was found in Okchuchay, which seriously damaged the flora and fauna of the river [2].

The soils of the region are highly productive. However, during the occupation, the soils were contaminated with heavy metals and other chemicals. This created difficulties for agriculture and disrupted the ecological balance of the region.

The unique ecosystem of East Zangezur is home to rare flora and fauna. The Caucasian leopard, mountain goat and other rare animal species live here. However, illegal hunting and destruction of the ecosystem have reduced the population of these species.

After liberation from occupation, large-scale measures are being taken by the Azerbaijani government to improve the ecological situation of the region. Special projects are being implemented to restore forests, clean up polluted water bodies and protect natural resources. At the same time, work is being carried out to use alternative energy sources and develop ecotourism.

East Zangezur, with its rich natural resources and strategic location, is one of the most promising regions of Azerbaijan in economic and ecological terms. Solving ecological problems and ensuring sustainable development are one of the main conditions for fully revealing the potential of this region.

The East Zangezur region stands out as one of Azerbaijan's primary economic and geographical zones with significant renewable energy potential. Its favorable natural and climatic conditions make it well-suited for the production of solar, wind, hydro, biomass, and geothermal energy. Each energy type contributes substantially to regional economic progress and energy security [3].

Zangilan district is located in the south-western part of Azerbaijan and is an important area in terms of solar energy potential. The terrain characteristics and geographical position of the district allow for a high level of solar radiation, which increases the interest in the production of solar energy. In this article, the solar radiation potential of Zangilan district will be analyzed, and information will be provided about favorable conditions for the use of solar energy and energy production in the region.

Solar radiation refers to the amount of energy reaching the earth's surface from the sun and is

largely related to the length of the day, weather conditions, and geographic location. The annual average value of solar radiation for Zangilan district ranges from 1,600 kWh/m² to 1,800 kWh/m². This is an indicator that provides ideal conditions for the production of solar energy [4].

Zangilan district is characterized by numerous sunny days, especially in spring and summer. The district has 250-280 days of sunshine per year, which is very favorable for increasing the efficiency of solar panels. The high number of sunny days is one of the main factors that ensure the constant production of solar energy.

Since Zangilan district is located in the southwest, the influence of solar radiation on this area is high. Being close to the equator increases the intense influence of the sun for most of the year. Mountainous and plain areas of the district are met with different degrees of strong solar radiation. Flat areas are more suitable for installing solar panels because these areas allow better reception of the sun's rays.

The annual distribution of solar radiation in Zangilan district is different in different seasons. The radiation level is at its highest during the spring and summer months, when solar panels can provide maximum energy production. In winter and autumn, the amount of radiation decreases, but this period also retains a certain potential for solar energy production [5].

Kalbajar district is located in the western part of Azerbaijan, in a high mountainous area with significant strategic importance. The district lies within the Karabakh mountain range and shares borders with Lachin district to the east and Armenia to the west. The total area of the district is 3,054 square kilometers, with an average elevation ranging between 1,500 and 2,000 meters above sea level [6].

The geographic location of Kalbajar provides access to abundant natural resources, including water reserves. The Tartar River, Bazarchay, and their tributaries traverse the region, making it one of the richest areas in terms of water resources in Azerbaijan. These rivers are vital for hydroelectric power generation and agricultural irrigation. The district is also known for its mineral springs, thermal waters, and medicinal water sources, contributing to its potential for health tourism and economic development.

Kalbajar has a mild mountain climate, characterized by cool summers and cold winters. The average annual temperature ranges between 6-10°C, with significant snow cover during winter months. Annual precipitation varies from 600 to 800 millimeters, which enhances the district's water reserves and supports year-round river flow. The mountainous terrain plays a crucial role in shaping the climate, creating favorable conditions for both renewable energy projects and agricultural activities [7].

Gubadli is a strategically significant district located in the southwestern part of Azerbaijan. Established in 1930, it covers an area of 802 square kilometers. The district shares borders with Lachin to the north, Khojavend to the northeast, Jabrayil to the east, and Armenia to the south and west. The area is predominantly mountainous, situated in the southern part of the Zangezur mountain range. One of the highest peaks in the district is Mount Garachig.

Gubadli experiences a moderate warm mountain-steppe climate, characterized by hot and dry summers and relatively mild winters. The average annual temperature ranges between 10-12°C, while annual precipitation amounts to 600-800 mm, mainly occurring in spring and autumn. In the mountainous areas, a snow cover forms during the winter months, which plays a crucial role in replenishing the district's water resources [8].

Gubadli is rich in natural resources. Approximately 20-25% of its territory is covered with forests, consisting of oak, walnut, elm, and other valuable tree species. The district is home to diverse wildlife, including deer, mountain goats, bears, foxes, and various bird species.

The district also has significant potential for agriculture. Fertile plains are suitable for crop cultivation, while forest resources and pastures support livestock farming.

Gubadli is abundant in water resources. The main rivers flowing through the district are the Hakari River and the Bargushad River, which are vital for agricultural irrigation and hydroelectric energy production. The district also has numerous springs and freshwater sources, which provide drinking water and support various economic activities [9].

Gubadli holds a significant position in Azerbaijan's renewable energy strategy. Its

geographical location and natural conditions create favorable opportunities for the development of alternative energy sources, including solar, wind, hydro, and biomass energy.

Solar Energy – With 2,500-2,800 hours of annual sunlight, Gubadli is well-suited for solar power projects. The implementation of solar energy systems can significantly contribute to the region's energy sustainability.

Wind Energy – The mountainous terrain and frequent winds make the district ideal for wind power generation. Wind turbines can be installed in high-altitude areas to produce clean, renewable energy.

Hydropower – The steady flow of the Hakari and Bargushad rivers provides an excellent opportunity for the construction of small hydropower plants, which could enhance the district's energy infrastructure.

Biomass Energy – Forest resources, agricultural waste, and organic materials in Gubadli can be used to produce biomass energy. This approach not only offers an alternative energy source but also ensures effective waste management [10].

Gubadli is not only a district of natural and historical significance but also a strategically vital area. Liberated from occupation during the 2020 Patriotic War, the district is now undergoing extensive reconstruction and redevelopment. Significant investments are being made in modern infrastructure projects, renewable energy development, and environmental conservation [11].

The district's geographical location, abundant natural resources, and renewable energy potential are expected to make substantial contributions to Azerbaijan's economic growth and energy security. The ongoing restoration efforts will transform Gubadli into a thriving region, ensuring its integration into the country's broader development framework [12].

Materials and methods

Zangilan district has high potential for solar energy production. The vast plains of the district provide ideal conditions for the construction of solar power stations. In particular, the use of solar energy is proposed to meet the energy needs of Zangilan's agricultural and industrial sectors. Installing solar panels will help protect the environment, reduce energy costs and ensure energy independence [13].

To calculate the solar radiation and solar energy production for March 20th 2024, we need to calculate the following parameters: declination (δ), sun angles, and other factors. Let's go through these steps [14]:

1. Declination (δ) – March 20th 2024.

The solar declination angle represents the angle at which the sun's rays strike the Earth, varying throughout the year based on Earth's position in its orbit. To calculate the solar declination angle, the following formula is used [15]:

$$\delta = 23.44^\circ \times \sin\left(\frac{360^\circ}{365} \times (N + 10)\right) \quad (1)$$

Where:

N is the day of the year. For March 20, N = 79 since it is the 79th day of the year.

23.44° represents the Earth's maximum tilt relative to its orbital plane.

Using the formula for March 20 2024:

$$\delta = 23.44^\circ \times \sin\left(\frac{360^\circ}{365} \times (79 + 10)\right)$$

$$\delta = 23.44^\circ \times \sin(87.6^\circ)$$

$$\delta = 23.44^\circ \times 0.998 \approx 23.34^\circ$$

Therefore, the solar declination angle on March 20 is approximately 23.34°.

2. Calculation of Solar Hour Angle (H):

The solar hour angle H represents the position of the sun relative to a given meridian at a specific time of day. The formula 2 to calculate the hour angle is [16]:

$$H = 15^\circ \times (T - 12) \quad (2)$$

Where:

T is the time of day in hours.

For this calculation, we will use T = 12, which corresponds to 12:00 PM.

$$H = 15^\circ \times (12 - 12) = 0^\circ$$

Thus, at 12:00 PM, the hour angle is 0°.

3. Calculation of Zenith Angle (θ):

The zenith angle represents the angle between the sun and a point directly overhead (zenith). To calculate the zenith angle, the formula 3 is used [17]:

$$\theta = \arccos (\sin (\varphi) \times \sin (\delta) + \cos (\varphi) \times \cos (\delta) \times \cos (H)) \quad (3)$$

Where:

ϕ is the geographic latitude of the location, which for Zangilan is 39.4° .

δ is the solar declination angle, which we calculated as 23.34° .

H is the solar hour angle, which is 0° .

Substituting into the formula [18]:

$$\begin{aligned} \theta = \arccos (\sin (39.4^\circ) \\ \times \sin (23.34^\circ) \\ + \cos (39.4^\circ) \times \cos (23.34^\circ) \\ \times \cos (0^\circ)) = 16.2^\circ \end{aligned}$$

Thus, the zenith angle on March 20 2024 at 12:00 PM is approximately 16.2° .

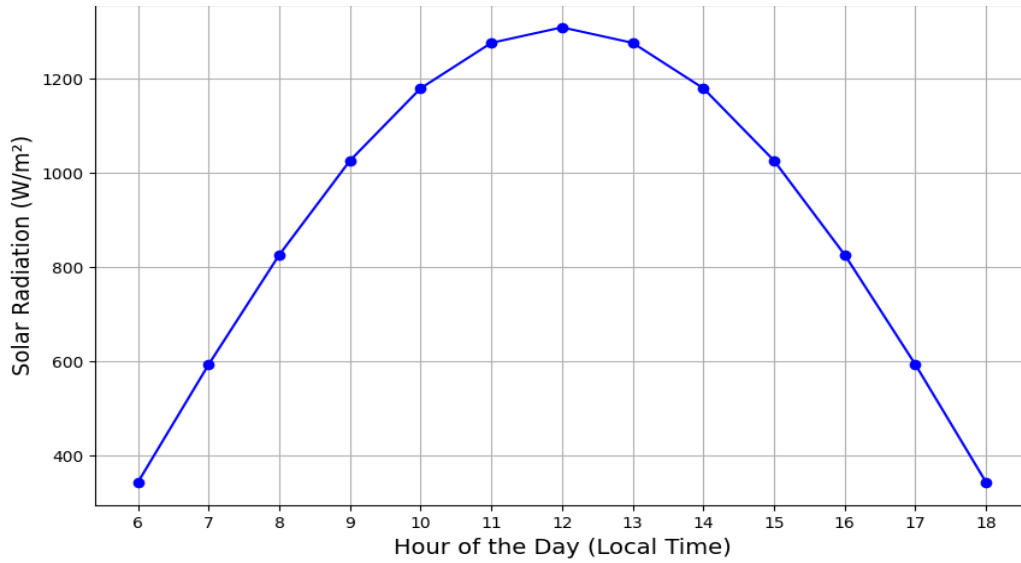


Figure 1 – Solar radiation in Zangilan on March 20 2024

4. Calculation of solar radiation (E_d):

Solar radiation is the amount of energy received per unit area from the sun. To calculate the solar radiation, we use the base value of solar radiation $G_0 = 1361 \text{ W/m}^2$, and the zenith angle θ we just calculated.

The formula 4 to calculate solar radiation is [19]:

$$E_d = G_0 \times \cos(\theta) \quad (4)$$

Where:

G_0 is the base value of solar radiation, which is 1361 W/m^2 .

θ is the zenith angle, which we found to be 16.2° . Calculating the solar radiation:

$$E_d = 1361 \times 0.961 = 1309.5 \text{ W/m}^2$$

Thus, the solar radiation in Zangilan on March 20 at 12:00 PM is approximately 1309.5 W/m^2 .

Kalbajar's renewable energy resources align with Azerbaijan's long-term energy security strategy. Utilizing hydropower, solar, wind, and biomass energy can help reduce reliance on fossil fuels while improving the region's environmental sustainability. Renewable energy development also plays a key role in fostering economic growth and creating job opportunities in the region.

1. Solar Radiation Analysis for Kalbajar on March 20 2024

To analyze the solar radiation in Kalbajar on March 20, we follow similar steps as for Zangilan, adjusting the calculations based on Kalbajar's latitude.

The geographical latitude of Kalbajar is approximately 40.1° .

2. Solar Declination Angle (δ)

The solar declination angle represents the tilt of the Earth's axis relative to the sun. For March 20:

$$\delta = 23.44^\circ \times \sin\left(\frac{360^\circ}{365} \times (79 + 10)\right) = 0$$

Where:

79 is the day of the year (March 20 is the 79th day).

The Earth's axial tilt is 23.44° .

Substituting into the formula:

$$\delta = 23.44^\circ \times 0.998 \approx 23.34^\circ$$

Thus, the solar declination angle is approximately 23.34° .

3. Solar Hour Angle (H)

The solar hour angle determines the sun's position relative to the observer's meridian. For noon (12:00 PM):

$$H = 15^\circ \times (12 - 12) = 0^\circ$$

Thus, the hour angle is 0° .

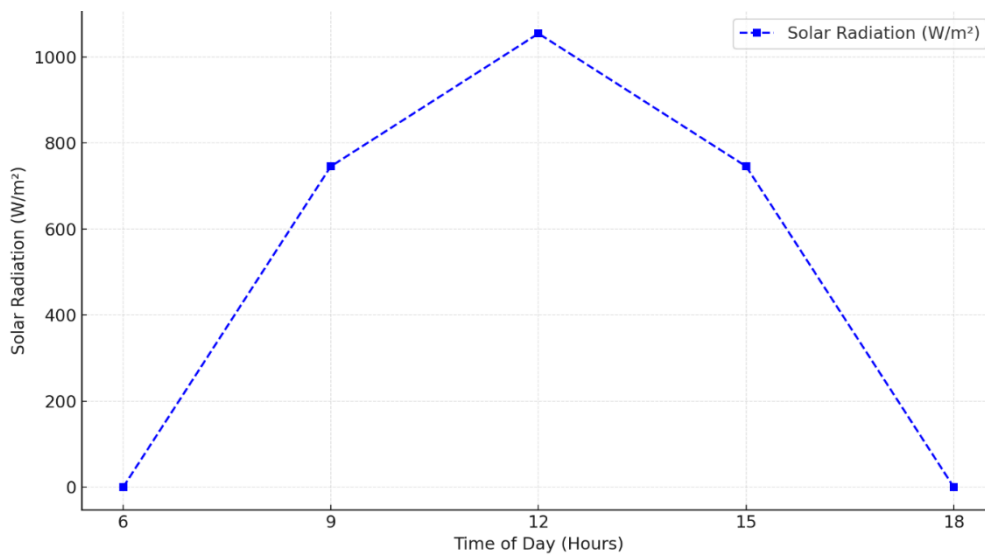


Figure 2 – Solar radiation in Gubadli on March 20 2024

4. Zenith Angle (θ)

The zenith angle represents the angle between the sun and the vertical line overhead. The formula is:

$$\theta = \arccos(\sin(40.1^\circ) \times \sin(23.34^\circ) + \cos(40.1^\circ) \times \cos(23.34^\circ) \times \cos(0^\circ)) = 17.3^\circ$$

Thus, the zenith angle is approximately 17.3° at 12:00 PM.

5. Solar Radiation (Ed)

Solar radiation is calculated using the base solar constant $G_0 = 1361 \text{ W/m}^2$ and the zenith angle:

$$Ed = 1361 \times \cos 17.3^\circ$$

$$Ed = 1361 \times 0.955 = 1299.2 \text{ W/m}^2$$

Thus, the solar radiation in Kalbajar on March 20 at 12:00 PM is approximately 1299.2 W/m^2 .

Solar Radiation and Zenith Angle Calculation for Gubadli on March 20th 2024 (Table).

- Latitude (ϕ): 39.2° (Qubadli region's approximate geographical latitude).
- Solar Declination (δ): 0° (corresponds to the spring equinox).
- Solar Constant (G_0): 1361 W/m^2 (average solar energy reaching the Earth).
- Hour Angles (H): These represent the Sun's position at different times of the day

Table – Hourly Results for March 20th

Time (Hours)	Hour Angle (H)	Zenith Angle (θ)	Solar Radiation (E_d) (W/m ²)
6:00 AM	-90°	108.05°	0
9:00 AM	-45°	70.39°	465.36
12:00 PM	0°	39.2°	1057.40
3:00 PM	45°	70.39°	465.36
6:00 PM	90°	108.05°	0

- At 6:00 AM and 6:00 PM, the Sun is at a low position, leading to a zenith angle exceeding 90°. Thus, no direct solar radiation reaches the surface.

- At 12:00 PM, the Sun is at its highest point with a zenith angle of 39.2°.

- Peak radiation of 1057.40 W/m² occurs at solar noon.

- Morning and evening radiation values are significantly lower due to the higher zenith angle.

Errors:

When considering an $\pm 0.5^\circ$ error in the zenith angle (θ) calculation, it affects the results and can cause a ± 5 W/m² variation in the solar radiation value. Let's explain this in detail:

There can be a $\pm 0.5^\circ$ error in measuring the zenith angle. This will change the position of the sun, and in turn, the solar radiation values.

A $\pm 0.5^\circ$ error in θ directly affects the calculated radiation value because the $\cos(\theta)$ function is very sensitive to small changes in θ .

A $\pm 0.5^\circ$ error in θ can cause a ± 5 W/m² change in solar radiation. This happens because the $\cos$ function changes significantly with small variations in the angle.

For example, when $\theta = 16.2^\circ$, a $\pm 0.5^\circ$ error means θ could range from 15.7° to 16.7°, leading to a 5 W/m² variation in the radiation value.

This error is an approximate error and should always be included in the results as error margins. Thus, when presenting the calculation, the ± 5 W/m² variation should be specified to indicate the potential error in the result.

The $\pm 0.5^\circ$ error in the zenith angle results in a ± 5 W/m² variation in solar radiation. This is a typical error margin that should be considered during

calculations and reflected in the results to ensure the data is accurate and reliable.

Results and discussion

Gubadli, Zangilan, and Kalbajar, located in Azerbaijan, are ideal regions for solar energy development due to their geographical location, climate conditions, and solar irradiation potential. These areas receive significant sunlight throughout the year, making them suitable for renewable energy projects like solar panel installations. Below is an analysis of the energy potential and proposed installations.

To estimate energy production, we assume the installation of 1 hectare (10,000 m²) of solar panels with an efficiency (η) of 18%. The formula 5 is used [20]:

$$P = E_d \times A \times \eta \quad (5)$$

Where,

P: Power output (W);

E_d : Solar radiation (W/m²);

A: Panel area (m²);

η : Panel efficiency.

Annual energy production is estimated using [21]:

$$E_{year} = P \times \text{Annual Sunshine Hours} \quad (6)$$

Assuming 2000 sunshine hours per year, the results are calculated below.

2. Solar Energy Potential Calculations [22]:

a. Kalbajar

$$P = 1299.2 \cdot 10,000 \cdot 0.18 = 2,338,560W = 2.34MW$$

$$E_{year} = 2.34 \cdot 2000 = 4680MW/year$$

b. Zangilan

$$P = 1309.5 \cdot 10,000 \cdot 0.18 = 2,357,100W = 2.36MW$$

$$E_{year} = 2.36 \cdot 2000 = 4720MW/year$$

c. Gubadli

$$P = 1057.4 \cdot 10,000 \cdot 0.18 = 1,903,320W = 1.90MW$$

$$E_{year} = 1.90 \cdot 2000 = 3806.6MW/year$$

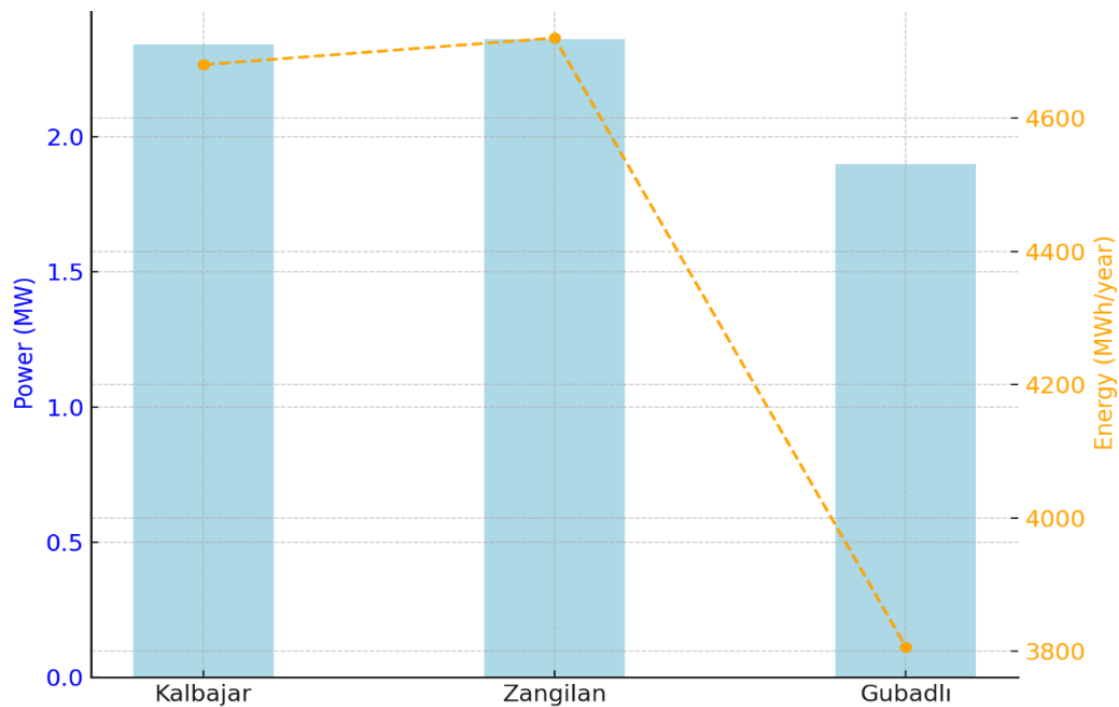


Figure 3 – Annual Solar Energy Production Potential in Kalbajar, Zangilan, and Gubadli

The regions of Kalbajar, Zangilan, and Gubadli have significant potential for solar energy production, with an estimated combined annual output of approximately 13,206.6 MW/year. Harnessing this energy will support Azerbaijan's renewable energy goals and contribute to sustainable development in these areas.

Conclusion

The regions of Zangilan, Kalbajar, and Gubadli possess significant potential for solar energy production, contributing to Azerbaijan's renewable energy strategy. The calculations were conducted for March 20, 2024, which corresponds to the spring equinox. This date was

chosen because the distribution of solar radiation is equal worldwide, providing a precise reference point for energy assessments. On this day, the equal length of day and night creates ideal conditions for evaluating solar energy generation potential.

Based on the research findings, the annual energy output from 1 hectare (10,000 m²) of solar panels in these regions amounts to a total of 13,206.6 MW. Zangilan (4,720 MW/year) and Kalbajar (4,680 MW/year) demonstrate higher solar radiation levels, resulting in greater energy production capacity.

Utilizing solar energy in these areas will significantly reduce greenhouse gas emissions, contributing to environmental conservation and

enhancing energy security. Additionally, this technology will lower energy costs and stimulate economic development in the regions. The study highlights that the installation of solar panels in Zangilan, Kalbajar and Gubadli not only boosts

renewable energy generation but also aligns with Azerbaijan's long-term energy strategy. These initiatives support sustainable economic growth and play a pivotal role in fostering environmental sustainability.

References

1. Eminov, Z.N., Samedov, G.M. (2012). *Geographical Encyclopedia* (II book), Chasioglu Multimedia, 249 pp.
2. State Program on the Great Return to the Liberated Territories of the Republic of Azerbaijan. <https://e-qanun.az/framework/52757>
3. Hasanov, M. S. and Rahimov, X. Sh. (2015). *Geography of the Republic of Azerbaijan*. Volume III, Regional Geography, Baku, 400 pp.
4. Geomorphological map of the Republic of Azerbaijan. (2017), Baku.
5. Climatic map of the Republic of Azerbaijan. (2018), Baku.
6. Landscape map of the Republic of Azerbaijan. (2017), Baku.
7. Soil atlas of the Republic of Azerbaijan. (2007), Baku.
8. Khalilova, A. (2021). Consequences of Armenian vandalism in Karabakh. *Biodiversity, soil and water resources of Karabakh; present and future. Online conference*, Baku, pp. 149.
9. Talibzadeh, A. (2021). Ecological state of water resources of Karabakh, *Emergency risks in the territories liberated from occupation. Scientific Conference*, Baku, pp. 155-156.
10. Budagov, B.A. (2007). *Landscapes, National Encyclopedia of Azerbaijan*, Baku, pp. 24-28.
11. Tibbits, T., Beutel, P., Oliva, E., Karcher, C., Siefer, G., Dimroth F. et al. (2014). New Efficiency Frontiers with Wafer-Bonded Multi-Junction Solar Cells, *29th European PV Solar Energy Conference and Exhibition*, 2-26 September, Amsterdam, 4 pp.
12. Mammadov, A. (2022). Integrated use of water resources and green energy potential of rivers in the East Zangezur and Karabakh economic regions (on the example of the Hakari and Bargushad rivers). *Materials of the international conference on "Biodiversity, soil and water resources of Shusha and surrounding areas: a look into the future"*, Baku, pp. 263-264.
13. Asnil, A., and Hazman, H. (2023). The Performance of the Solar Panel Installation Configuration in the Face of Lighting Changes. *Motivection: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(1), 85-100. <https://doi.org/10.46574/motivection.v5i1.176>
14. Cozzi, L., Gould, T., Bouckart S., et al. (2020). *World Energy Outlook 2020*. Paris: International Energy Agency.
15. Kyllili, A., and Fokaides, P.A. (2014). Investigation of building integrated photovoltaics potential in achieving the zero energy building target. *Indoor Built Environment*, 23, 92–106. <https://doi.org/10.1177/1420326X13509392>
16. File:///C:/Users/Elitebook/Downloads/SolarRadiationCalculation.pdf
17. Raghavan, R. N. (2020). Improving performance of photovoltaic panel by reconfigurability in partial shading condition. *Journal of Photonics for Energy*, 10 (4), 042004. <https://doi.org/10.1117/1.JPE.10.042004>.
18. Rich, P. M. and Fu, P. (2000). Topoclimatic Habitat Models. *Proceedings of the Fourth International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling*. Banff, Alberta, Canada, September 2 – 8, 14 pp.
19. Satpathy, P. R. and Jena, S. (2017). Comparative study of interconnection schemes of modules in solar PV array network. *International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies*, IEEE, 20-21 April, Kollam, India. <https://doi.org/10.1109/ICCPCT.2017.8074185>.
20. Abdulmawjood, K., Alsadi, S., Member, S. and Refaat, S. S. (2022). Characteristic study of solar photovoltaic array under different partial shading conditions. *IEEE Access*, 10, 6856-6866. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3142168>
21. Fu, P., and Rich, P.M. (2002). A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, 25–35.
22. Rich, P. M., Dubayah, R., Hetrick, W.A. and Saving, S.C. (1994). Using Viewshed Models to Calculate Intercepted Solar Radiation: Applications in Ecology. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers*, pp. 524–529.

Авторлар туралы мәліметтер:

Юсифова Махлуға Майл қызы – биология ғылымдарының докторы, доцент, Баку мемлекеттік университетінің географиялық экология кафедрасының меңгерушісі (Баку, Әзірбайжан, e-mail: mehluqe_yusifli@mail.ru)

Ализаде Шамс Низами қызы – Баку мемлекеттік университетінің географиялық экология кафедрасының аспиранты (Баку, Әзірбайжан, e-mail: alizade.shams@mail.ru)

Information about authors:

Yusifova Mehluğa Məhluğa – PhD of Biological Sciences, Ass. Prof., Head of the Department of Geographical Ecology, Baku State University (Baku, Azerbaijan, e-mail: mehluqe_yusifli@mail.ru)

Alizade Shams Nizami Məhluğa – PhD student of the Department of Geographical Ecology, Baku State University (Baku, Azerbaijan, e-mail: alizade.shams@mail.ru)

Поступила 10 декабря 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

2-бөлім

ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҰРҒЫНДАР ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Section 2

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ON BIOTA AND HEALTH

Раздел 2

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

А. Ахмет^{1*}, Ж.Ш. Рахимбердиева^{1,2}, Р. Аралбаева³,
Ш.Х. Баймукашева³, М.А. Туралиева¹, А.У. Исаева^{1,2},
К.К. Еркекулова⁴

¹М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті КеАҚ, Шымкент, Қазақстан

²Шымкент университеті, Шымкент, Қазақстан

³Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан

⁴Оңтүстік Қазақстан Медициналық Академиясы, Шымкент, Қазақстан

*e-mail: aina_756@mail.ru

«ШЫМКЕНТ-ҚОҚЫС» ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАР ПОЛИГОНЫНЫҢ МИКРОБИОМАСЫН ЗЕРТТЕУ ТЕНДЕНЦИЯСЫ

Елімізде және әлемдік деңгейде экологиялық дағдарыс туғызып отырған мәселелердің бірі өндірістік және тұрмыстық тұтыту қалдықтары. Статистикалық мәліметтер бойынша Қазақстанда 4,6 миллион тонна (т) қатты тұрмыстық қалдықтар (ҚТҚ) жинақталады екен, оның ішінде 2,8 млн т еліміздегі әртүрлі кәсіпорындар мен өндіріс орындары шығарған қалдықтар болып есептеледі. 71% тұрмыстық қалдықтар, өндіріс қалдықтары 14,6%, көше қалдықтары 10%, базар қалдықтары 2% шығарындылары болып есептелген. Тұрмыстық қалдықтарды жою мен биоутилизациялауды ұтымды ұйымдастырудың бірден бір жолы қалдықсыз технологияны құратын әдіс көзін табу болып табылады. Жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша Шымкент-Қоқыс полигоны айналасынан алынған топырақ сынамаларындағы микроағзалар титрі 1-10 КТБ/г мөлшерінде кездесті. Топырақ горизонттарындағы микроағзалардың титрі 20-30 см тереңдіктерде жоғары болды, титр 10⁹ кл/мл мөлшерінде кездесті. Шымкент-Қоқыс полигоны айналасынан алынған топырақ микробиомасының құрылымын актиномицеттер, микромицеттер, гетеротрофты бактериялар, нитрифицирлеуші, азотфиксирлеуші бактериялар, энтеробактериялар, сондай-ақ балдырлар мен қарапайымдылар құрады. Микрофлоралық құрамында гетеротрофты бактериялардан *Bacillus* sp., *Brevibacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* sp., *Enterobacteriaceae* туысының өкілдері *Salmonella* sp., *Klebsiella* sp., *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., нитрифицирлеуші бактериялардан *Nitrospira* sp. өкілдері, азотфиксирлеуші бактериялар және энтеробактериялар кездессе, ал микроскопиялық саңырауқұлақтардан *Mucorales*, *Aspergillus*, *Fusarium* туыстарының өкілдері кездесті.

Түйін сөздер: микроағзалар, микробиома, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, қатты-тұрмыстық қалдықтар, полигондар.

A.Akhmet^{1*}, Zh. Sh. Rakhimberdiyeva^{1,2}, R. Aralbayeva³,
S. Baimukasheva³, M.A.Turalieva¹, A.U. Issayeva^{1,2}, K.K. Yerkekulova⁴

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Shymkent University, Shymkent, Kazakhstan

³Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

⁴Medical academy, Shymkent, Kazakhstan

*e-mail: aina_756@mail.ru

Trend of research of the microbiome of municipal solid waste lands «Shymkent-kokhys»

One of the problems causing the environmental crisis in the country and at the global level are industrial and household waste. According to statistical data, Kazakhstan is accumulating 4.6 million tons (t) of solid household waste, of which 2.8 million tons are waste produced by various enterprises and industries of the country. 71% is household waste, 14.6% is industrial waste, 10% is street waste, 2% is market waste. One way to rationally organize the destruction and bioutilization of household waste is to find a source of waste-free technology. According to the study conducted by us it was established that on the territory of the Shymkent garbage landfill titer of microorganisms studied groups consists of 1-10 g in soils taken around the debris. The titer of microorganisms in the soil horizon was high at a depth of 20-30 cm, titer is 10⁹ kl/ml. The soil microbiome structure obtained around the Shymkent-Garbage Landfill consists of actinomycetes, micromycetes, heterotrophic bacteria, nitrifying, nitrogen-fixing bacteria, enterobacteria, and algae and protozoa. Among the heterotrophic bacteria present in the microflora are members of the family *Bacillus* sp., *Brevibacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus*

sp., nitrifying bacteria include *Nitrospira* sp., nitrogen-fixing bacteria and Enterobacteria, *Klebsiella* sp., *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., and from microscopic fungi there are members of the genus *Mucorales*, *Aspergillus* and *Fusarium*.

Key words: microorganisms, microbiome, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, municipal solid waste, landfills.

А. Ахмет^{1*}, Ж.Ш. Рахимбердиева^{1,2}, Р. Аралбаева³,
Ш.Х. Баймукашева³, М.А. Туралиева¹, А.У. Исаева^{1,2}, К.К. Еркекулова⁴

¹НАО «Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова», Шымкент, Казахстан

²Шымкентский университет, Шымкент, Казахстан

³Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Актау, Казахстан

⁴Южно-Казахстанская медицинская академия, Шымкент, Казахстан

*e-mail: aina_756@mail.ru

Тенденция исследования микробиомы полигонов бытовых отходов «Шымкент-қоқыс»

Одной из проблем, вызывающих экологический кризис в стране и на мировом уровне, являются отходы промышленного и бытового потребления. По статистическим данным, в Казахстане накапливается 4,6 миллиона тонн (т) твердых бытовых отходов (ТБО), из которых 2,8 миллиона тонн являются отходами производства различных предприятий и производств страны. 71% – это бытовые отходы, 14,6% – отходы производства, 10% – уличные отходы, 2% – отходы рынка. Одним из способов рациональной организации уничтожения и биоутилизации бытовых отходов является нахождение источника безотходной технологии. По исследованию проведенным нами было установлено что, на территории Шымкентского мусорного полигона титр микроорганизмов исследованных групп составляет 1-10 КОЕг в почвах, отобранных вокруг мусора. Титр микроорганизмов в почвенных горизонтах был высоким на глубине 20-30 см, титр составляет в объеме 10⁹ кл/мл. Структуру микробиомы почвы, полученной вокруг Шымкентско-Мусорного полигона, составляют актиномицеты, микромицеты, гетеротрофные бактерии, нитрифицирующие, азотфиксирующие бактерии, энтеробактерии, а также водоросли и простейшие. Из гетеротрофных бактерий в микрофлоре присутствуют *Bacillus* sp., *Brevibacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* sp., представители рода *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* sp., *Klebsiella* sp., *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., из нитрифицирующих бактерий встречаются представители *Nitrospira* sp., азотфиксирующих бактерий и энтеробактерий, а из микроскопических грибов встречаются представители рода *Mucorales*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Candida*.

Ключевые слова: микроорганизмы, микробиома, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, твердо-бытовые отходы, полигоны.

Қысқартулар мен түсіндірмелер

КТБ – колония түзуші бірліктер, ТҚҚ – тұрмыстық қатты қалдықтар

Кіріспе

Қазіргі таңда қоршаған ортаны қорғау мәселелері, оның ішінде өндірістік және тұрмыстық қалдықтарды жою мен биоутилизациялау, ерекше маңызды болып отыр. Бұл мәселелерді тиімді шешу экологиялық тұрақтылықты сақтауға, табиғи ресурстарды үнемдеуге және экономиканы дамытуға зор ықпал етеді. Қалдықсыз технологияларды енгізу мен қалдықтарды қайта өңдеу экономикалық тұрғыдан да тиімді болып табылады, себебі ол жаңа жұмыс орындарын ашып, энергия мен материалдарды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Қазақстанда, оның ішінде Шымкент қаласында тұрмыстық қатты қалдықтар (ТҚҚ) мәселесі өткір мәселе болып тұр. Қазақстанда жыл

сайын 4,6 миллион тонна ТҚҚ өндіріледі, оның 2,8 миллион т кәсіпорындардан шыққан қалдықтар екен. Әрбір қазақстандық жыл сайын 400 кг-нан астам қоқыс шығарады, ал бұл көлемдегі қалдықтардың үлкен бөлігі ресми полигондарда жиналады [1-3]. Қалдықтардың дұрыс өңделмеуі экологиялық зиян келтірумен қатар, денсаулыққа да қауіпті болуы мүмкін. Бұл мәселенің шешімі ретінде қалдықтарды өңдеудің экологиялық әдістері, әсіресе микроағзалардың көмегімен органикалық қалдықтарды ыдырату маңызды рөл атқарады [4-6].

Микроағзалар, әсіресе бактериялар, микромицеттер, актиномицеттер және құрттар, органикалық қалдықтардың ыдырау процесінде басты рөл атқарады. Бұл микроағзалар анаэробты және аэробты жағдайларда жұмыс істей отырып, органикалық заттарды ыдыратуға қабілетті. Аэробты ыдырату әдісі қалдықтарды экологиялық тұрғыдан тиімді түрде өңдеуге мүмкіндік береді. Бұл әдіс барысында оттегі мен температураны қажетті деңгейде ұстай отырып, микроағзалар

органикалық қалдықтарды ыдыратып, экожүйеге қауіпсіз заттарға айналдырады [7-10].

Wang C. et al. зерттеулері нәтижесінде, *Bacillus*, *Pseudomonas* және *Oceanobacillus* туыстарының ас қалдықтарын компостауда тиімді екендігі анықталған [11]. Бұл микроағзалар қалдықтарды өңдеу барысында қоректік заттардың құрамын жақсартып, азот мөлшерін арттырады. Осыған орай, тұрмыстық қалдықтарды биологиялық өңдеу әдістері экологиялық тұрғыдан тиімді және экономикалық жағынан да пайдалы болып табылады. Жалпы алғанда, тұрмыстық қалдықтардың экологиялық проблемасы жаһандық деңгейде өзекті мәселеге айналууда. Бұл мәселені шешу үшін қалдықтарды қайта өңдеудің тиімді әдістерін енгізу, сонымен қатар халықты қалдықтарды дұрыс пайдалану мен қайта өңдеудің маңыздылығы туралы ақпараттандыру қажет. 2017 ж. зерттеушілер 8,3 млрд т қалдықтар өндірілетін анықтаған, ғалымдар бұл көлемнің үштен екісі полигондарға немесе мұхитқа кетіп, «қоқыс аралдарын» толықтырды деп есептейді [12-14].

Шымкент қоқыс полигондары мен тұрғын үйлер ауласындағы қоқыс тастайтын алаңшалар топырағының микробиомасын зерттеу бұл қазіргі экология мен қоршаған орта үшін өте маңызды мәселе. Қоқыс полигондарының топырағындағы микроағзалар биоремедиация процесіне қатыса отырып, түрлі қалдықтарды, оның ішінде пластикалық заттарды, полиэтиленді ыдырату қабілетіне ие болуы мүмкін. Зерттеулер барысында микробтық топтар, әсіресе *Bacillus*, *Pseudomonas* туыстары және *Aspergillus tubengensis* сияқты микроағзалар полиэтилен мен пластмассаларды ыдыратуда белсенді екенін көрсетті. Бұл мик-

роағзалар олардың метаболикалық белсенділігі арқылы пластикалық қалдықтарды ыдыратуға ықпал ете алады. Сонымен қатар, кейбір зерттеулерде *Galleria mellonella* көбелектерінің дернәсілдері полиэтиленді тез ыдырататындығы туралы мәліметтер келтірілген. Бұл жағдайда, бір зерттеуде 12 сағат ішінде 92 миллиграмм полиэтиленді өңдеуі мүмкін екендігі айтылған [15-17]. Осы тұрғыда, Шымкент қаласы аумағындағы қоқыс полигондары мен тұрғын үйлердің ауласындағы алаңшалардың топырағында осындай микробтық қауымдастықтардың болуы олардың полиэтиленді және басқа пластикалық қалдықтарды ыдырату әлеуетін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу, экологиялық тұрғыдан, қалдықтардың биodeградациясы процесін дамытуға бағытталған ғылыми жұмыстарды қолдай отырып, жаңа әдістерді ұсынуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде «Шымкент-Қоқыс полигоны» территориясы аймағынан алынған топырақ үлгілері алынды. Шымкент қаласының Қоқыс полигоны қала маңынан 5FMJ+5J6 шақырым, 42.182787597958956 с.ш., 69.48165957487062 б.ш. қашықтықта Ташкент трассасы бойында орналасқан. Шымкент-Қоқыс полигонының 4 аймағынан МЕСТ талаптары бойынша топырақ үлгілері алынды. Сынамалар алынған орындар А1, А2, А3, А4 деп белгіленді. А1- «Шымкент Қоқыс полигоны» дейінгі нүкте, А2- «Шымкент Қоқыс полигоны» ортасындағы нүкте, А3 – «Шымкент Қоқыс полигоны» жанындағы нүкте, А4- «Шымкент Қоқыс полигоны» жол жағасындағы нүкте (1-сурет).



1-сурет – Шымкент-Қоқыс полигоны

Зерттеу әдістері

Шымкент қоқыс полигоны топырағының микробиологиялық анализін жүргізуде, микробиологиялық, таксономиялық, микроскопиялық, физико-химиялық әдістердің дәстүрлі және заманауи әдістері қолданылды. Сынамалар алынған аймақ топырақтарының рН, температурасы, орны белгіленді.

Микробиологиялық зерттеулер: Микробиологиялық зерттеулер МЕСТ 17.4.4.02-2017 талаптары мен жалпыға ортақ микробиологиялық зерттеу әдістеріне сай орындалды [18,19]. Микроағзалар тиісті сұйық және қатты элективті қоректік орталарда өсірілді. Микробиологиялық егу жұмыстарында Кох әдістері, сиретіп егу, шекті он еселік сұйылту әдістері қолданылды. Бөлініп алынған микроағзалардың таза дақылдары қисық агарда өсірілді.

Қолданылған қоректік орталарды дайындау мен микробиологиялық ыдыстарды зарарсыздандыру кезінде зарарсыздандыру шарттарына сәйкес бактериологиялық автоклав қолданылды (СПГА-100-1-НН № 141). Қоректік ортаның компоненттерін өлшеп алуда ВЛ-120 №А009 2007ж. аналитикалық таразы қолданылды, бактериялық титрді анықтау үшін кварттаудан кейін алынған көлемі 1 г үлгіні 100 мл сумен араластырылып, шайқауышта 30 минут араластырылды. Алынған суспензияны қоректік орталарға он еселік сұйылту әдісімен сұйылтылып 20 мл пробиркаларға, ал қатты қоректік орталар Петри табақшаларына егілді. Микроағзалардың өсірілуі бағдарламаланған термостатта (ТС1/80) жүргізілді, оңтайланған температураға сәйкес 5-7 тәулікте дақылданды.

Микроағзаларды өсіру үшін келесі қоректік орталар пайдаланылды:

Микромицеттер үшін Чапека қоректік ортасы, 1л. дистилденген суға, г/л: сахароза -30,0 немесе глюкоза-20,0, NaNO_3 -2,0, K_2HPO_4 -1,0, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ -0,5, KCl -0,5; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ -0,1.

Нитрификаторлы бактериялар үшін Виноградского қоректік ортасы, 1л. дистилденген суға, г/л: глюкоза-20,0; K_2HPO_4 -1,0; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ -0,5; CaCO_3 -20,0; микроэлементтер ерітіндісі-1,0мл.

Гетеротрофты бактерияларды өсіру үшін ГРМ қоректік ортасы, г/л пайдаланылды, құрамы: балық ұнының панкреатикалық гидролизаты -12,0 г, ферментативті пептон-12,0 г, NaCl -6,0 г; микробиологиялық агар 10,0±2,0 г, дайындау әдісі: 38,5 г ұнтақты 1 литр дистилденген суға араластырылады, агар толығымен ерігенше 2 минут қайнатылып, мақта-дәке сүзгісі арқылы

сүзіледі, колбаларда 121-ден 15 минутқа дейін автоклавпен зарарсыздандырылады. ортаны 45-50°C дейін салқындатылып, стерильді Петри табақшаларына 4-6 мм көлемінде күйылады. Қоректік орта 37 С температурада 40-60 минут көлемінде суытылып, қатайды. Дайын болған қоректік ортаның түсі сары, мөлдір болып қатайғанда, егу жұмыстары жүргізілді. Ортаның қышқылдығы: 25°C температура, рН 7,3±0,2 құрайды.

Азотфиксирлеуші бактерияларға Эшби қоректік ортасы дайындалды: Маннит немесе глюкоза-20,0г; K_2HPO_4 -0,2г; NaCl -0,2г; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2г; K_2 -0,1г; CaCO_3 – 5г; дист. су-1 литр.

Микроағзалардың санын анықтау. Бактериялық титрді анықтау үшін кварттау әдісімен үлгілер араластырылып, Т:Ж 1:1 қатысында 1 г үлгіні 90 мл су құбырынан алынған сумен араластырылды, 30 минут шайқауышта тербетілді. Дайын болған суспензияны 10 есе сұйылту әдісімен сұйылтылып егілді, микроағзалар қатты қоректік орталарға Кох әдісі арқылы егілді [20].

Морфологиялық зерттеулер: Микроағзалардың дақылдық-морфологиялық сипаттары Петри табақшарында өскен колониялар арқылы анықталды. Агар бетінде өскен колонияларды сипаттау кезінде пішіні, көлденең қимасы, колония шеттері, құрылымы, түсі, пигментті диффузиясы сипатталды.

Таксономиялық зерттеулер: Микроағзалардың таксономиясы «Определителя бактерий» Берджи анықтағышы, микромицеттер Саттон анықтағыштарына сүйеніп жасалынды [21,22].

Физико-химиялық зерттеулер: Элементі құрамы атомды-адсорбционды әдіс арқылы AAnalyst 800 (Perkin-Elmer) спектрометрінде және Varian-Pro (Голландия) тиімділігі жоғары сұйық хроматографында анықталды. Химиялық құрамы ИК-фурье спектрофотометрінде және Varian-820 MS (Австралия) спектрометриялық детекциямен индуктивті байланысқан плазмалы масс-спектрометрінде жүргізілді [23-25].

Шымкент- Қоқыс полигонының А1, А2, А3, А4 нүктелеріндегі топырақ қасиеттерінің қышқыл-негізді балансының көрсеткіштері зерттелді.

Статистикалық талдаулар мен математикалық өңдеулер: Эксперименттер 0,95> P> 0,80 деңгейінде стандартты ауытқуды есептей отырып, бес рет қайталаумен өткізілді. Статистикалық өңдеу «Pentium-IV» ДК-де Microsoft Excel статистикалық бағдарламалық пакетін пайдалану арқылы жүргізілді [26].

Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

Шымкент-Қоқыс полигоны аймағының фитобиоценоздық, зообиоценоздық және микробиоценоздардың экологиялық жағдайы бағаланды, мониторингтік зерттеулер жүргізілді.

«Шымкент-Қоқыс» полигоны топырағының микробиомдық құрылымын гетеротрофты бактериялар, оның ішінде азотфиксирлеуші бактериялар, нитрифицирлеуші, денитрифицирлеуші бактериялар, эндобактериялар, микромицетті зең саңырауқұлақтар, ашытқылар құрайтыны белгілі болды. Қоқыс полигоны территориясы

айналасынан алынған топырақ үлгілерінің микрофлоралық құрамын зерттеу нәтижесінде А1, А2, А3, А4 топырақ үлгілерінде микромицеттер, аскомицеттер мен гетеротрофты бактериялар және энтеробактериялар басым келді. Микромицеттерден *Mucorales*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Candida* туысының өкілдері көп кездесті, сонымен қатар гетеротрофты бактериялар, оның ішінде нитрифицирлеуші бактериялардан *Nitrospira* өкілдері, азотфиксирлеуші бактериялар және энтеробактериялар кездесті.

Микробиологиялық талдау титрінің нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – «Шымкент-Қоқыс полигоны» ЖШС төңірегіндегі микробиологиялық құрамы

№	Сынамалар алынған аймақтар	Микроағзалардың титрі, КТБ кл/мл			
		Микромицеттер	Гетеротрофты бактериялар	Нитрификаторлар	Азотофикаторлар
1	A1				
	0-10 см	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,5 \pm 0,2) \times 10^2$	$(1,8 \pm 0,2) \times 10^2$	-
	10-20 см	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^6$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^5$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^5$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^5$
	20-30 см	$(7,3 \pm 0,7) \times 10^7$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^6$	$(6,8 \pm 0,6) \times 10^9$	$(3,3 \pm 0,3) \times 10^4$
2	A2				
	0-10 см	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$
	10-20 см	$(6,5 \pm 0,6) \times 10^6$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^7$	$(5,2 \pm 0,5) \times 10^5$	$(4,5 \pm 0,5) \times 10^4$
	20-30 см	$(7,1 \pm 0,7) \times 10^9$	$(8,3 \pm 0,8) \times 10^9$	$(6,3 \pm 0,6) \times 10^6$	$(7,3 \pm 0,7) \times 10^7$
3	A3				
	0-10 см	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$
	10-20 см	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^6$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^7$	$(6,3 \pm 0,6) \times 10^8$	$(5,7 \pm 0,5) \times 10^5$
	20-30 см	$(7,9 \pm 0,7) \times 10^9$	$(7,3 \pm 0,7) \times 10^9$	$(4,7 \pm 0,4) \times 10^7$	$(7,4 \pm 0,7) \times 10^7$
4	A4				
	0-10 см	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$	-
	10-20 см	$(5,6 \pm 0,5) \times 10^6$	$(5,6 \pm 0,5) \times 10^7$	$(5,8 \pm 0,5) \times 10^5$	$(2,3 \pm 0,2) \times 10^3$
	20-30 см	$(7,7 \pm 0,7) \times 10^9$	$(7,3 \pm 0,7) \times 10^9$	$(7,9 \pm 0,7) \times 10^7$	$(4,5 \pm 0,4) \times 10^8$
	30-40 см	$(1,6 \pm 0,1) \times 10^5$	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^3$	$(1,7 \pm 0,1) \times 10^3$	$(1,3 \pm 0,1) \times 10^2$
	-өспеді				

Қоқыс полигоны айналасынан алынған топырақ сынамаларынан зерттелген топтардың микроағзаларының титрі 1-10 КТБ/г мөлшерінде кездесті. Топырақта кездесетін микроағзалардың титрі топырақтың көлденең жазықтарында 10^9 кл/мл титр мөлшерін құрады, микроағзалардың жоғары титрі әсіресе А3, А4 нүктелерінен алынған топырақ үлгілерінде анықталды. Топырақтың барлық үлгілерінде 10-20 см және 20-30 см тереңдікте микроағзалардың жоғары көрсеткіштері кездесті, бұл

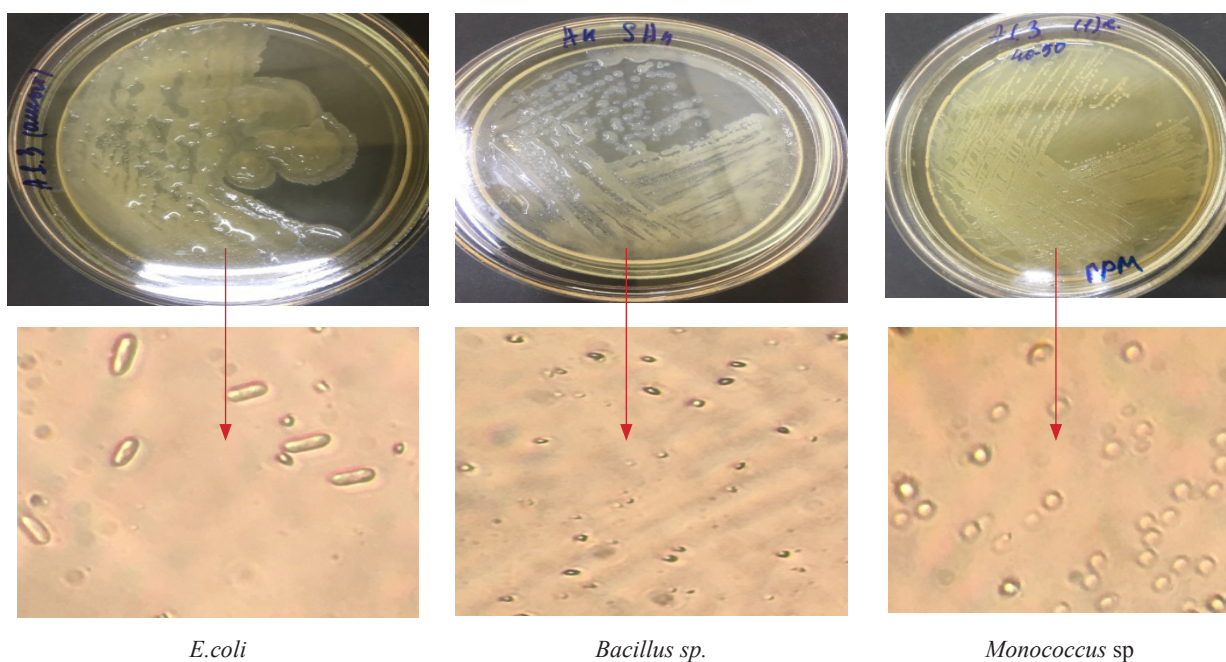
топырақтың көлденең жазықтарында микроағзалар үшін оңтайлы жағдайлар, оттегі балансы мен жеткілікті мөлшердегі ылғалдылық, газ-ауа, биогендік элементтердің алмасу режимі қолайлы болғандығын көрсетеді. Топырақ тереңдігі горизонттары бетіндегі микроағзалардың аз мөлшері әсіресе 0-5 см болды, бұл күн сәулесінің бактерицидтік әсерімен және жел эрозиясы факторының кептірумен түсіндірілді. 0-5 см тереңдікте микроағзалардың болмауы немесе сирек кездесуі микрофлораның дамуы-

на ықпал етпейтін физика-химиялық факторлардың тұтас кешенімен байланысты деп саналады. Топырақтағы микроағзалардың құрамы жыл мезгіліне байланысты өзгереді: олар көбінесе көктемнің аяғында және жаздың басында, сондай – ақ күзде, ең азы қыста кездеседі. Микроағзалардың әртүрлі физиологиялық топтарының 20 туысы іріктеліп, бөлініп алынды. Қоқыс жинақталған полигон айналасы топырағының микрофлоралық құрамы гетеротрофты бактериялардан *Bacillus* туысының түрлері көп кездесті, сонымен қатар *Brevibacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* sp.,

Rodococcus sp., *Enterobacteriaceae* туысының өкілдері *Salmonella*, *Klebsiella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, микроскопиялық саңырауқұлақтардан *Mucorales*, *Aspergillus*, *Fusarium* және *Candida* туыстарының өкілдері кездесті.

Қала тұрғындарының тастайтын қоқыс контейнерлері айналасының микроағзаларынан басымдық *Aspergillus* туысының өкілдері болды, одан кейін *Fusarium* sp. және *Penicillium* sp. өкілдері 17-48% аралығында болды.

Әр түрлі нүктелерден бөлініп алынған гетеротрофты бактериялардың колониялары (2,3-суреттер)



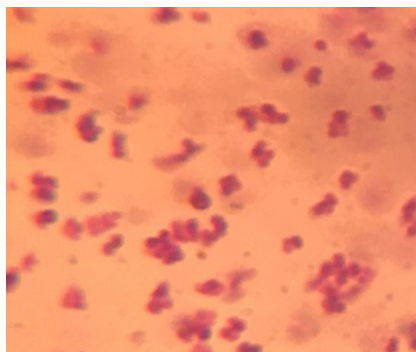
2-сурет – 10-20 см тереңдіктен бөлініп алынған гетеротрофты бактериялардың колониялары

Тұрмыстық қалдықтар полигонын топырағы микрофлорасының түрлік құрамы Оңтүстік өңіріндегі техногенді қалдықтардың микрофлорасының түрлік құрамынан айырмашылық қатынасы байқалды [27-29]. Әсіресе А1 және А2 нүктелерінде патогендік микроағзалардың басым түрлерінен *Fusarium* sp. және *Aspergillus* sp, сондай-ақ нитрификациялаушы бактериялардың бірінші фазасының бактериялары *Nitrosomonas*, азотфиксирлеуші бактериялардың саны А3 және А4 үлгілерінде, аз мөлшерде А1 үлгілерде табылды. А2 үлгі коммуналдық-тұрмыстық және мал қалдықтарымен ластанған топырақ экожүйелерінде *Fusarium* туысының өкілдері доминант

болып табылды, бактериялардан *Escherichia coli* (*E. coli*), *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp. А2 нүктелерінде көп кездесті, олардың титрі 10^7 КТБ\мл құрады. Гетеротрофты бактериялар, эндобактериялар мен микромицеттердің жоғары титрі А1 және А2, А3 үлгілерінде 10^8 –ден 10^9 кл\мл-ге дейін анықталды. А1–А4 үлгілері үшін титр 10^6 -дан 10^9 кл\мл-ге дейін, бақылау сынамалары 10^9 кл\мл құрады. Тереңдікке байланысты микроағзалар санының азаюы шектеуші факторлардың әсерінің жоғарылауымен байланысты: газ-ауа режимінің нашарлауы, температура мен ылғалдылық деңгейінің төмендеуімен түсіндірілді. Кейбір бактериялардың болмауы топырақ

қалыңдығы, табиғи жағдайлардың микробиологиялық процестері жүрмейтіндігін көрсетеді, бұл рН 6,5-6,8 әлсіз сілтілі көрсеткіштерімен расталады.

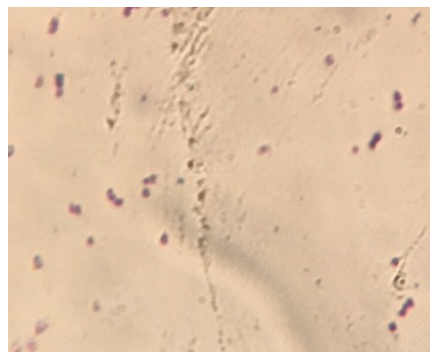
A1-A2 нүктелерінде микромицеттерден *Aspergillus* туысының өкілдері (4-сурет), сондай-ақ фитопатогенді микромицеттер *Fusarium* sp.(5-сурет) көп кездесті.



Staphylococcus sp



Bacillus sp.

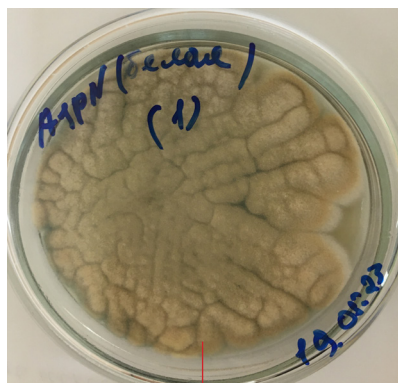


Micrococcus sp

3-сурет – Өртүрлі нүктелердің 20-30 см тереңдіктен бөлініп алынған бактериялар



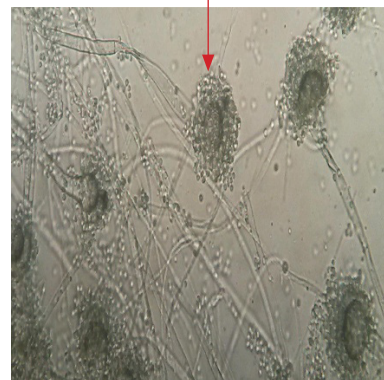
Aspergillus sp.



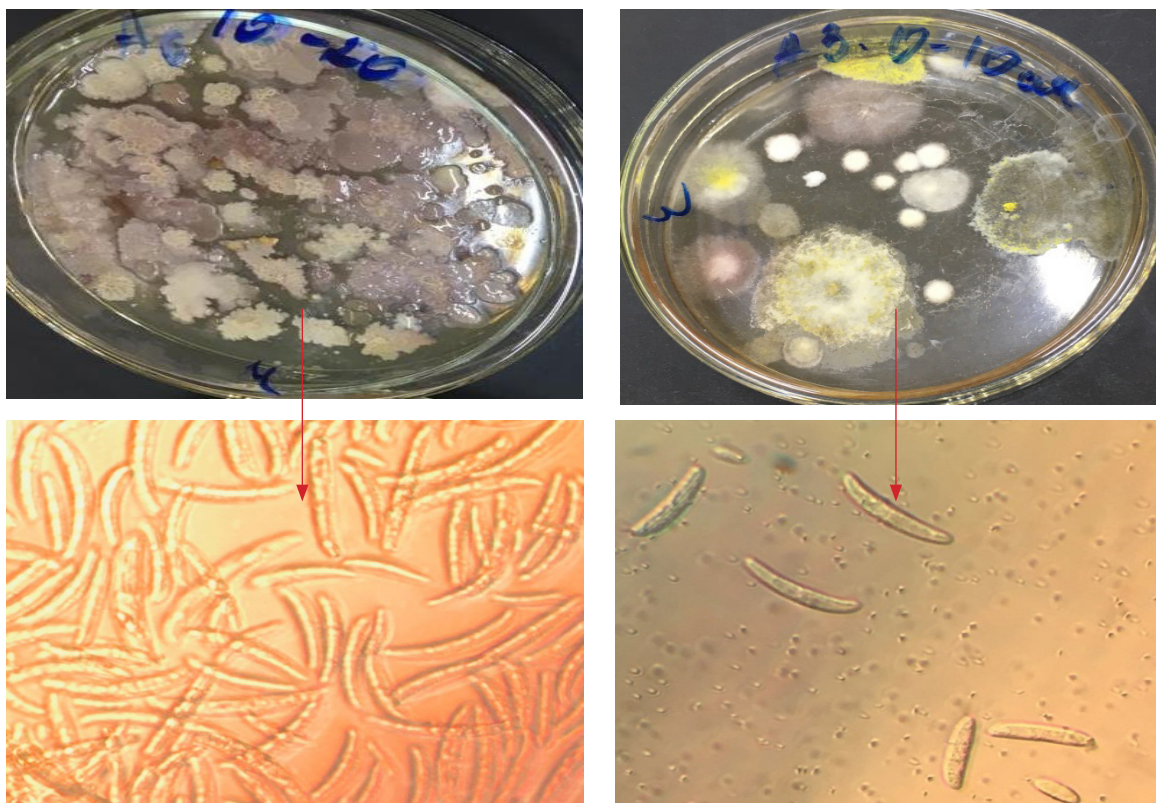
Aspergillus fumigatus



Aspergillus sp.



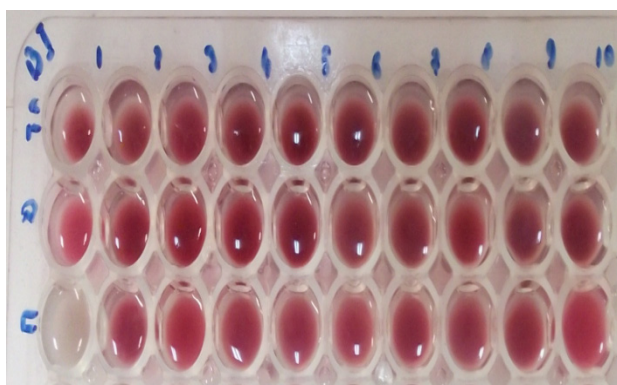
4-сурет – *Aspergillus* туысының өкілдері



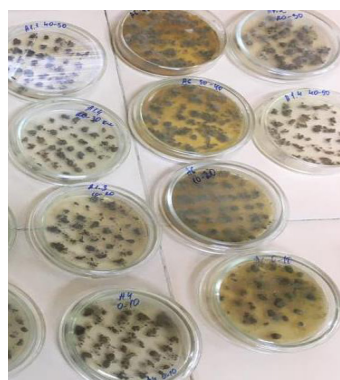
5-сурет – *Fusarium* sp. колониялар мен клеткалары

Қоқыс полигоны айналасының А3-А4 нүктелеріндегі топырақтың 10-20 см тереңдік жазықтарында азотфиксирлеуші және нитрифицирлеуші бактериялар кең таралғаны байқалды (6-сурет). Топырақ үлгілерінде азотфиксирлеуші және нитрифицирлеуші бактериялардың 10-20 см тереңдік жазықтарында жақсы таралуы

топырақтың азот айналымы үшін маңызды екендігін көрсетеді. Топырақтың осы қабатында ылғалдылық, температура және органикалық заттардың жеткілікті болуы сияқты факторлардың оңтайлы әсері мен олардың белсенділігінің жоғары болуына байланысты екендігін көрсетеді.



Нитрифицирлеуші бактериялар



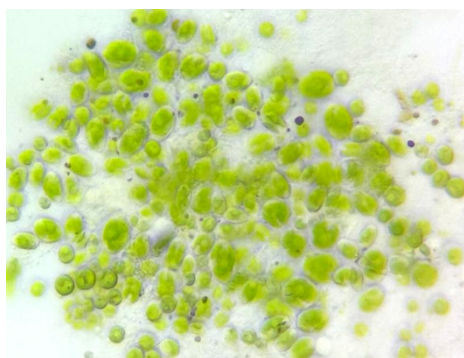
Азотфиксирлеуші бактериялар

6-сурет – Әртүрлі нүктелерден 20-30 см тереңдікте кездескен азотфиксирлеуші және нитрифицирлеуші бактериялардың колониялары

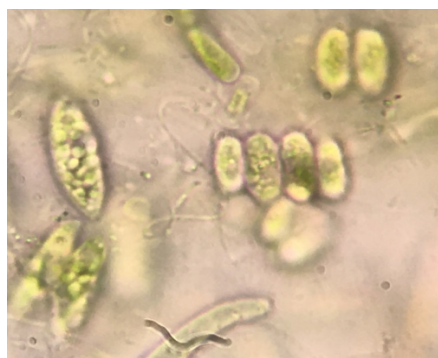
Қоқыс полигоны ортасынан алынған топырақ үлгілерінде патогенді микромицеттер мен энтеробактериялар титрі 10^9 кл/мл дәрежесін құрады, әсіресе *Fusarium* sp., *Candida* sp., бактериялардан *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp. т.б. патогенді микроағзалар түрлері кездесетіні белгілі болды. Қоқыс полигонының топырақ үлгілерінде патогенді микромицеттер мен энтеробактериялардың титрі 10^9 кл/мл дәрежесінде жеткені, топырақтың ластанғандығын және оның экологиялық тұрғыдан қауіптілігін көрсетеді. Бұл жағдай, әсіресе, адам мен жануарлар денсаулығына зиян келтіретін патогенді микроорганизмдердің көптігін білдіреді. Топырақта осындай патогенді микроағзалардың болуы, қоқыс полигонынан алынған топырақтың санитар-

лық-гигиеналық жағдайының нашар екендігін және адамдар мен экожүйе үшін экологиялық қауіптілік туғызатынын көрсетеді. Мұндай ластанған аймақтарда жұмыстар жүргізу кезінде қорғаныс шаралары мен санитарлық бақылау маңызды болып табылады.

Қоқыс полигоны айналасы топырағының микробтық популяциясын актиномицеттер, микромицеттер, гетеротрофты бактериялардан басқа, балдырлар, қарапайымдылар құрады. Микробалдырлардан бір жасушалы жасыл балдырлар *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus* sp., көк- жасыл балдырлардан *Anabene* т.б. кездесетіні анықталды (7-сурет). Сонымен қатар Шымкент-Қоқыс полигоны топырақ құрамында микробалдырлар, қарапайымдылармен қатар, құрттар байқалды.



C. vulgaris

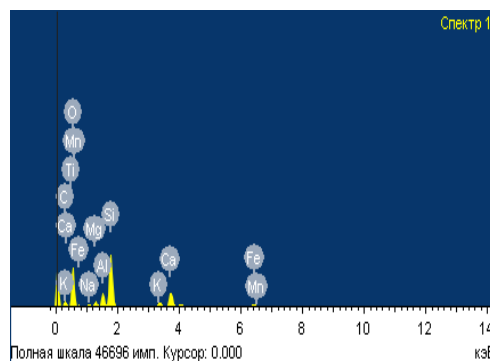
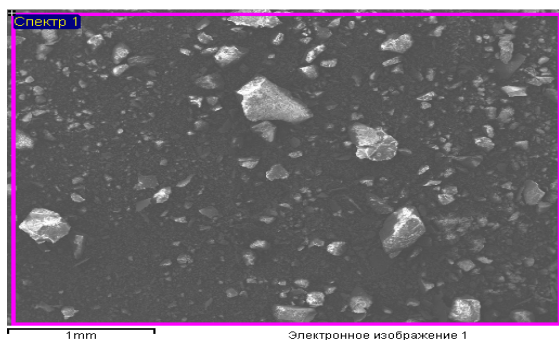


Scenedesmus sp.,

7-сурет – Шымкент-Қоқыс полигоны топырағынан бөліп алған микробалдырлар

Шымкент-Қоқыс полигоны топырағының физико-химиялық құрамына жүргізілген зерттеу нәтижелерінен полигон топырағының рН 5-6, температурасы +21- +25°C аралығын құрады.

Жүргізілген химиялық талдаулардан Шымкент-Қоқыс полигонының топырағындағы элементтік құрамда калий, магний, алюминий, натрий, темір және фтордың концентрациялары 21,3%-дан 38,9%-ға дейін аралығында болды (8-сурет).



8-сурет – Шымкент-Қоқыс полигоны топырағының элементтік құрамы

Бұл көрсеткіштер полигон топырақ құрамының минералды және химиялық ерекшеліктерін сипаттап, оның экологиялық жағдайларын бағалауға маңызды мәліметтер береді. Топырақтағы элементтердің осындай концентрациялары оның құнарлығын, өсімдік өсіру қабілетін және жалпы экологиялық жағдайды анықтайтын факторларға әсер етуі мүмкін. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде полигондардағы экологиялық факторлар мен микроағзалардың рөлі анықталды. Бұл зерттеулер полигондардың экологиялық жағдайын, әсіресе органикалық заттардың ыдырауы мен трансформациясы процесін тереңірек түсінуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Шымкент қоқыс полигонының топырағындағы микробиомалық құрылымы ашытқылар, микромицеттер, гетеротрофты бактериялар, нитрифицирлеуші және азотфиксирлеуші бактериялардан тұратыны белгілі болды. Бұл микроағзалар полигондағы органикалық заттардың ыдырауына қатыса отырып, экожүйенің тұрақтылығын сақтауға көмектеседі. Микрофлора құрамындағы *Bacillus sp.*, *E. coli*, *Monococcus sp.*, *Staphylococcus sp.*, сондай-ақ *Aspergillus sp.* және

Fusarium sp. микромицеттері полигонының топырағындағы басты микроағзалар болып табылады. Бұл микроағзалар өздерінің метаболикалық белсенділігі арқылы қалдықтарды өңдеуге қатысады, сонымен қатар топырақтың санитарлы-эпидемиологиялық жағдайын жақсартуға ықпал етеді.

Микробиологиялық анализдер, сондай-ақ полигондардың санитарлық-экологиялық жай-күйін бағалауға мүмкіндік береді, бұл қалдықтардың өңделуі мен қайта өңделуінің тиімділігін арттырады. Полигондардың мелиорациясы мен рекультивациясы арқылы қоршаған ортаға әсерін төмендетуге болады, себебі микроағзалардың көмегімен органикалық қалдықтарды экологиялық тұрғыдан қауіпсіз ету процесі жүргізіледі. Бұл бағытта жүргізілген зерттеулер қалдықтарды басқарудың тиімді әдістерін, оның ішінде биоремедиацияны жетілдіруге көмектеседі.

Қоқыс полигондардағы температура, ылғалдылық, рН деңгейі және биохимиялық ингибиторлардың болуы қалдықтардың ыдырау процесіне елеулі түрде әсер етеді. Бұл факторлар микроағзалардың белсенділігі мен олардың органикалық қалдықтарды өңдеу қабілетін анықтайды.

Әдебиеттер

1. Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. (2021). *Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Республики Казахстан: национальный доклад*. Астана.
2. Issayeve, A. U., Pankiewicz, R., & Otarbekova, A. A. (2020). Bioleaching of metals from wastes of phosphoric fertilizers production. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(6). <https://doi.org/10.15244/pjoes/118319>
3. Issayeve, A., Syzdykova, M., Akhmet, A., et al. (2023). Use of *Acidithiobacillus ferrooxidans* for decontamination of explosive waste from oil refineries. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 1-10.
4. Ernur.kz. (2020, October 3). Шымкентте қоқыс мәселесі қашан шешіледі. Retrieved from <https://ernur.kz/aleum>
5. Rana, A. K., Thakur, M. K., Saini, A. K., Mokhta, S. K., Moradi, O., Rydzkowski, T., & Thakur, V. K. (2022). Recent developments in microbial degradation of polypropylene: Integrated approaches towards a sustainable environment. *Science of the Total Environment*, 826, 154056.
6. Mohammad, A., et al. (2022). Leachate characteristics: Potential indicators for monitoring various phases of municipal solid waste decomposition in a bioreactor landfill. *Journal of Environmental Management*, 309, 114683.
7. Ветошкин, А. Г. (2019). *Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности* (Комплект из 2-х частей). Инфра-Инженерия.
8. Рудакова, Л. В., Белик, Е. С., & Слюсарь, Н. Н. (2015). Микробиологическая оценка свалочных новообразований на рекультивированных свалках твердых бытовых отходов. *Вестник технологического университета*, 18(13), 230-235.
9. Бодяшкина, М. А. (2022). Тенденция изучения состояния микробиома в почвенном покрове на полигонах техногенных свалок. *Международный студенческий научный вестник*, 6, 1-4.
10. Щербина, Е. В. (2005). *Научно-методологические основы геоэкологического проектирования полигонов твердых бытовых отходов* (Диссертация на соискание канд. степени). Москва.
11. Wang, C., et al. (2022). Bacterial dynamics and functions driven by a novel microbial agent to promote kitchen waste composting and reduce environmental burden. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130491.
12. Chenebault, C., et al. (2022). Lactic acid production from food waste using a microbial consortium: Focus on key parameters for process upscaling and fermentation residues valorization. *Bioresource Technology*, 354, 127230.
13. Saravanan, A., Kumar, P. S., Nhung, T. C., Ramesh, B., Srinivasan, S., & Rangasamy, G. (2022). A review on biological methodologies in municipal solid waste management and landfilling: Resource and energy recovery. *Chemosphere*, 136630.

14. Ebrahimian, F., Karimi, K., & Angelidaki, I. (2022). Coproduction of hydrogen, butanol, butanediol, ethanol, and biogas from the organic fraction of municipal solid waste using bacterial cocultivation followed by anaerobic digestion. *Renewable Energy*, 194, 552-560.
15. Vila-Costa, M., et al. (2022). Advanced analytical, chemometric, and genomic tools to identify polymer degradation products and potential microbial consumers in wastewater environments. *Chemical Engineering Journal*, 442, 136175.
16. Song, L., et al. (2023). Microbial mediation of carbon, nitrogen, and sulfur cycles during solid waste decomposition. *Microbial Ecology*, 86(1), 311-324.
17. Skariyachan, S., Taskeen, N., Kishore, A. P., & Krishna, B. V. (2022). Recent advances in plastic degradation—From microbial consortia-based methods to data sciences and computational biology driven approaches. *Journal of Hazardous Materials*, 426, 128086.
18. ГОСТ 17.4.4.02-2017. (2018). *Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (с Поправкой)*. Стандартинформ.
19. Грицкевич, Е. Р., и др. (Ред.). (2017). *Лабораторный практикум по микробиологии*. Минск: ИВЦ Минфина.
20. СЭВ. (1975). *Унифицированные методы исследования качества вод: методы микробиологического анализа вод* (Ч. 4). Москва.
21. Хоулт, Дж., и др. (Ред.). (1997). *Определитель бактерий Берджи* (Т. 1). Москва: Мир.
22. Саттон, Д., Фотергилл, А., & Ринальди, М. (2001). *Определитель патогенных и условно патогенных грибов*. Москва: Мир.
23. Shimadzu. (2020, August 15). *Атомно-абсорбционная спектроскопия: объекты анализа, выполняемые стандарты*. Retrieved from <https://www.shimadzu.ru/SMO/gost/aas>
24. Barbara, L. D., & Christine, M. C. (2020, August 15). *X-ray Powder Diffraction (XRD)*. Retrieved from https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques
25. СТ РК ИСО 17294-2-2006. (2006). *Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС)*. Астана.
26. Schabenberger, O., & Pierce, F. J. (2002). *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. CRC Press.
27. Исаева, А. У., Панкиевич, Р., Отарбекова, А. А., & Рубцова, Л. В. (2020). Микрофлора фосфорсодержащих отходов Южного Казахстана. *Вестник КазНУ имени аль-Фараби. Серия Биология*, 1(82), 96-108. <https://doi.org/10.26577/eb.2020.v82.i1.08>
28. Исаева, А. У., Панкиевич, Р., & Отарбекова, А. А. (2020). Оңтүстік өңіріндегі құрамында фосфоры бар қалдықтарының микробиологиялық анализі. *әл-Фараби ат. ҚазҰУ. Хабаршы. Биология сериясы*, 3(84), 38-51. <https://doi.org/10.26577/eb.2020.v84.i3.04>
29. Akhmet, A., Karimova, S., Zhumadullayeva, A., et al. (2024). Microorganisms of solid waste as an opportunity for waste disposal and increasing environmental sustainability in the south of Kazakhstan. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(13), 7880. <https://doi.org/10.24294/jipd7880>

References

1. Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnkh resursov Respubliki Kazakhstan. (2021). Sostoianie okruzhaiushchei sredy i ispolzovanie prirodnkh resursov Respubliki Kazakhstan: natsionalnyi doklad [State of the environment and natural resource use in the Republic of Kazakhstan: National report]. Astana. (In Russian)
2. Issayeva A. U., Pankiewicz R., Otarbekova A. A. (2020). Bioleaching of metals from wastes of phosphoric fertilizers production. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(6), 1-8. <https://doi.org/10.15244/pjoes/118319>
3. Issayeva A., Syzykova M., Akhmet A., et al. (2023). Use of *Acidithiobacillus ferrooxidans* for decontamination of explosive waste from oil refineries. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 1-10.
4. Ernur.kz. (2020, October 3). Shymkentte kokys мәselesi qashan sheshiledi [When will the waste problem be solved in Shymkent?]. Retrieved from <https://ernur.kz/aleumet/shymkentte-kokys-maselesi-kashan-sheshiledi>. (In Kazakh)
5. Rana A. K., Thakur M. K., Saini A. K., Mokhta S. K., Moradi O., Rydzkowski T., Thakur V. K. (2022). Recent developments in microbial degradation of polypropylene: Integrated approaches towards a sustainable environment. *Science of the Total Environment*, 826, 154056.
6. Mohammad A., et al. (2022). Leachate characteristics: Potential indicators for monitoring various phases of municipal solid waste decomposition in a bioreactor landfill. *Journal of Environmental Management*, 309, 114683.
7. Vetoshkin A. G. (2019). Tekhnika i tekhnologiya obrashcheniya s otkhodami zhiznedeiatelnosti [Technology and techniques for handling waste of human activity]. *Infra-Engineering*. (In Russian)
8. Rudakova L. V., Belik E. S., Sliusar N. N. (2015). Mikrobiologicheskaya otsenka svalochnykh novoobrazovaniy na rekultivirovannykh svalkakh tverdykh bytovykh otkhodov [Microbiological assessment of landfill formations on reclaimed municipal solid waste dumps]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 18(13), 230-235. (In Russian)
9. Bodyashkina M. A. (2022). Tendentsiya izucheniya sostoianiya mikrobioma v pochvennom pokrove na poligonakh tekhnogennykh svalok [Trends in studying the state of the microbiome in the soil cover at industrial landfill sites]. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik*, 6, 1-4. (In Russian)
10. Shcherbina E. V. (2005). Nauchnometodologicheskie osnovy geoekologicheskogo proektirovaniya poligonov tverdykh bytovykh otkhodov [Scientific and methodological foundations of geoecological design of municipal solid waste landfills] (PhD thesis). Moscow. (In Russian)

11. Wang C., et al. (2022). Bacterial dynamics and functions driven by a novel microbial agent to promote kitchen waste composting and reduce environmental burden. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130491.
12. Chenebault C., et al. (2022). Lactic acid production from food waste using a microbial consortium: Focus on key parameters for process upscaling and fermentation residues valorization. *Bioresource Technology*, 354, 127230.
13. Saravanan A., Kumar P. S., Nhung T. C., Ramesh B., Srinivasan S., Rangasamy G. (2022). A review on biological methodologies in municipal solid waste management and landfilling: Resource and energy recovery. *Chemosphere*, 136630.
14. Ebrahimian F., Karimi K., Angelidaki I. (2022). Coproduction of hydrogen, butanol, butanediol, ethanol, and biogas from the organic fraction of municipal solid waste using bacterial cocultivation followed by anaerobic digestion. *Renewable Energy*, 194, 552-560.
15. Vila-Costa M., et al. (2022). Advanced analytical, chemometric, and genomic tools to identify polymer degradation products and potential microbial consumers in wastewater environments. *Chemical Engineering Journal*, 442, 136175.
16. Song L., et al. (2023). Microbial mediation of carbon, nitrogen, and sulfur cycles during solid waste decomposition. *Microbial Ecology*, 86(1), 311-324.
17. Skariyachan S., Taskeen N., Kishore A. P., Krishna B. V. (2022). Recent advances in plastic degradation—From microbial consortia-based methods to data sciences and computational biology driven approaches. *Journal of Hazardous Materials*, 426, 128086.
18. GOST 17.4.4.02-2017. (2018). Okhrana prirody (SSOP). Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlia khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza [Environmental protection (SSOP). Soils. Methods of sampling and preparation for chemical, bacteriological, and helminthological analysis]. Standartinform. (In Russian)
19. Gritskevich E. R., et al. (Eds.). (2017). Laboratornyi praktikum po mikrobiologii [Laboratory practicum on microbiology]. Minsk: IVC Minfina. (In Russian)
20. SEV. (1975). Unifitsirovannye metody issledovaniia kachestva vod: metody mikrobiologicheskogo analiza vod [Unified methods for water quality research: Methods of microbiological analysis of water] (Part 4). Moscow. (In Russian)
21. Hoult J., et al. (Eds.). (1997). Opredelitel bakterii Berdzhii [Bergey's Manual of Determinative Bacteriology] (Vol. 1). Moscow: Mir. (In Russian)
22. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M. (2001). Opredelitel patogennykh i uslovno-patogennykh gribov [Identification of pathogenic and opportunistic fungi]. Moscow: Mir. (In Russian)
23. Shimadzu. (2020, August 15). Atomno-absorbtsionnaia spektroskopiia: obekty analiza, vypolniaemye standarty [Atomic absorption spectroscopy: Analytical objects and standards performed]. Retrieved from <https://www.shimadzu.ru/SMO/gost/aas>. (In Russian)
24. Barbara L. D., Christine M. C. (2020, August 15). X-ray Powder Diffraction (XRD). Retrieved from https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques.
25. ST RK ISO 17294-2-2006. (2006). Kachestvo vody. Primeneniie mass-spektrometrii s indikativno-sviazannoi plazmoi (ISP-MS) [Water quality. Application of mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-MS)]. Astana. (In Russian)
26. Schabenberger O., Pierce F. J. (2002). *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. CRC Press.
27. Issayeva A. U., Pankiewicz R., Otarbekova A. A., Rubtsova L. V. (2020). Mikroflora fosforsoderzhashchikh otkhodov Iuzhnogo Kazakhstana [Microflora of phosphorus-containing wastes of Southern Kazakhstan]. *Vestnik KazNU. Seriya Biologiya*, 1(82), 96-108. <https://doi.org/10.26577/eb.2020.v82.i1.08> (In Russian)
28. Issayeva A. U., Pankiewicz R., Otarbekova A. A. (2020). Ontystik onirindegi kuramynda fosfory bar kaldyktarynyn mikrobiologiialyk analizi [Microbiological analysis of phosphorus-containing wastes in the southern region]. *Ol-Farabi at. KazNU. Khabarshy. Biologiya seriiasy*, 3(84), 38-51. <https://doi.org/10.26577/eb.2020.v84.i3.04> (In Kazakh)
29. Akhmet A., Karimova S., Zhumadullayeva A., et al. (2024). Microorganisms of solid waste as an opportunity for waste disposal and increasing environmental sustainability in the south of Kazakhstan. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(13), 7880. <https://doi.org/10.24294/jipd7880>

Авторлар туралы мәліметтер:

Ахмет Айнагүл – PhD доктор, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Өндірістік биотехнология» F33 жетекші ғылыми қызметкері. (Шымкент, Қазақстан, e-mail: aina_756@mail.ru)

Исаева Акмарал Умирбековна – б.ғ.д., профессор, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Биотехнология» кафедрасының профессоры, Шымкент университетінің Ғылыми істері бойынша проректоры, «Биология және экология» F3И директоры, (Шымкент, Қазақстан, e-mail: akissayeva@mail.ru)

Рахимбердиева Жанар Шерахметовна – PhD доктор, доцент м.а., Шымкент университеті, «Педагогика және психология» F3И директоры, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Биология» кафедрасының аға оқытушысы, (Шымкент, Қазақстан, e-mail: rakhimberdiyeva80@mail.ru)

Аралбаева Райхан – Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, (Ақтау, Қазақстан, e-mail: raihan-14.88@mail.ru)

Баймукашева Ш. X. – Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, (Ақтау, Қазақстан, e-mail: shynar.baitukasheva@yu.edu.kz)

Туралиева М. А. – PhD доктор, М. Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Биотехнология» кафедрасының доценті, (Шымкент, Қазақстан, e-mail: pazanovamoldir@mail.ru)

Еркекулова Калия Кудайкуловна – Оңтүстік Қазақстан Медициналық Академияның “Химиялық пәндер, биология және биохимия” кафедрасының аға оқытушысы, (Шымкент, Қазақстан, e-mail: ekk.33@mail.ru)

Information about the authors:

Akhmet Ainagul – PhD Doctor, Leading Researcher of the Research Institute “Industrial Biotechnology” of the M. Auezov South Kazakhstan University, (Shymkent, Kazakhstan e-mail: aina_756@mail.ru)

Issayeva Akmaral – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Biotechnology, M. Auezov South Kazakhstan University, Vice-Rector for Scientific Affairs of Shymkent University, Director of the Research Institute of Biology and Ecology, (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: akissayeva@mail.ru)

Rakhimberdiyeva Zhanar – PhD Doctor, Associate Professor, Shymkent University, Director of the Research Institute of Pedagogy and Psychology, Senior Lecturer of the Department of Biology, M. Auezov South Kazakhstan University, (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: rakhimberdiyeva80@mail.ru)

Aralbayeva Raihan – Yessenov University (Aktau, Kazakhstan, raihan-14.88@mail.ru)

Baimukasheva Shynar – Yessenov University (Aktau, Kazakhstan, shynar.baimukasheva@yu.edu.kz)

Turalieva Moldir – PhD Doctor, Associate Professor of the Department of Biotechnology of M. Auezov South Kazakhstan University, (Shymkent, Kazakhstan e-mail: nazanovamoldir@mail.ru)

Yerkekulova Kaliya – Senior lecturer of the Department of “Chemical Disciplines, Biology

and Biochemistry” of the South Kazakhstan Medical Academy, (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ekk.33@mail.ru)

Келін түсті: 24 қазан 2024 жыл

Қабылданды: 10 наурыз 2025 жыл

G.A. Akhmetova¹ , K. Bolatkhan¹ , A.A. Dauletova¹ ,
A.K. Toktybay¹ , A.B. Kakimova¹ , S.K. Sandybayeva¹ ,
S.K. Abilev² , B.K. Zayadan^{1*} 

¹Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²«N.I. Vavilov Institute of General Genetics» RAS, Moscow, Russia

*e-mail: zbolathkan@gmail.com

STUDY OF ALGAE FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN ALMATY AND THEIR ROLE IN BIOMONITORING

This study focuses on investigating the algae of the wastewater treatment plants of Almaty City and its role in biomonitoring. Algae, including microalgae and cyanobacteria, performs self-purification functions, regulates biogeochemical cycles, and maintains the balance of substances in ecosystems. A comprehensive analysis of the composition of algal flora and the dynamics of microbial community abundance was conducted in the sedimentation tank after mechanical treatment, the wastewater channel after biological treatment, the wastewater divider, and the Sorbulak Storage Lake. A comprehensive analysis of the composition and dynamics of the algae was conducted in the sedimentation tank after mechanical treatment, the wastewater channel after biological treatment, the wastewater divider, and the Sorbulak Storage Lake. The key role of algae in biological treatment and biomonitoring processes was established. The variation in species composition aligns with pollution levels: cyanobacteria prevail in regions with elevated organic contamination, whereas green algae and diatoms become more prominent as pollution diminishes. Bacteriological indicators demonstrate the effectiveness of the treatment, showing a sequential reduction in the number of microorganisms at each stage of the process. Analysis of the saprobity index revealed a gradual decrease in organic pollution, transitioning from polysaprobic conditions in the sedimentation tank to significant water quality improvement in the Sorbulak Storage Lake. The results of the study confirm active processes of biological self-purification and stabilization of biological balance at the final stages of purification of the wastewater treatment plants of Almaty.

Key words: algae, biomonitoring, wastewater, bioindication, microalgae indicators of saprobity.

Г.А. Ахметова¹, К. Болатхан¹, А.А. Даулетова¹, А.К. Тоқтыбай¹,
А.Б. Какимова¹, С.К. Абилев², Б.К. Заядан^{1*}

¹Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, биология және биотехнология факультеті, Алматы, Қазақстан

²«Н.И. Вавилов атындағы Жалпы генетика институты» РГА, Мәскеу, Ресей

*e-mail: zbolathkan@gmail.com

Алматы тазарту қондырғыларының ағынды суларының альгофлорасын зерттеу және олардың биомониторингтегі рөлі

Бұл зерттеу Алматы қаласы тазарту қондырғыларының ағынды суларындағы альгофлораны және оның биомониторингтегі рөлін зерттеуге арналған. Альгофлора, соның ішінде микробалдырлар мен цианобактериялар, экожүйелерде өзін-өзі тазарту, биогеохимиялық циклдерді реттеу және заттардың тепе-теңдігін сақтау қызметтерін атқарады. Механикалық тазалаудан кейінгі тұндырғышта, биологиялық тазалаудан кейінгі ағынды суда, субөлгіште және Сорбулак су қоймасында альгофлора құрамының кешенді талдауы мен микробтық қауымдастық санының динамикасы зерттелді. Альгофлораның биологиялық тазарту және биомониторинг процестеріндегі негізгі рөлі анықталды. Түрлік құрамының динамикасы ластану деңгейімен тығыз байланысты: органикалық заттар жоғары аймақтарда цианобактериялар басым, ал ластану азайған сайын жасыл және диатомды балдырлар арта бастайды. Тазарту кезеңдерінің өтуіне қарай микроорганизмдер саны біртіндеп азаятыны анықталды, бұл бактериологиялық тазарту процесінің тиімділігімен дәлелденеді. Сапробтық индексін талдау барысында органикалық ластану деңгейінің төмендеуі анықталды, тұндырғышта полисапробтық жағдайлар басым болса, Сорбулак су қоймасында су сапасының айтарлықтай жақсаруы байқалды. Зерттеу нәтижелері Алматы қаласының тазарту қондырғыларының тазартудың соңғы кезеңдерінде биологиялық өзін-өзі тазартудың және биологиялық тепе-теңдікті тұрақтандырудың белсенді процестерін растайды.

Түйін сөздер: альгофлора, биомониторинг, ағынды сулар, биоиндикация, сапробтық индикатор-микробалдырлар.

Г.А. Ахметова¹, К. Болатхан¹, А.А. Даулетова¹, А.К. Токтыбай¹,
А.Б. Какимова¹, С.К. Абилов², Б.К. Заядан^{1*}

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

²«Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова» РАН, Москва, Россия

*e-mail: zbolathkan@gmail.com

Изучение альгофлоры из сточных вод очистных сооружений Алматы и их роль в биомониторинге

Настоящее исследование посвящено изучению альгофлоры сточных вод очистных сооружений города Алматы и её роли в биомониторинге. Альгофлора, включая микроводоросли и цианобактерии, выполняет функции самоочищения, регуляции биогеохимических циклов и поддержания баланса веществ в экосистемах. Комплексный анализ состава альгофлоры и динамики численности микробного сообщества был проведён в отстойнике после механической очистки, в сточном канале после биологической очистки, в вододелителе сточных вод и в озере-накопителе Сорбулак. Установлена ключевая роль альгофлоры в процессах биологической очистки и биомониторинга. Динамика видового состава связана с уровнем загрязнения: в зонах высокой органической нагрузки преобладают цианобактерии, при снижении загрязнения возрастает доля зелёных и диатомовых водорослей. Бактериологические показатели свидетельствуют об эффективности очистки, демонстрируя последовательное снижение численности микроорганизмов на каждом этапе процесса. Анализ индекса сапробности показал последовательное снижение органического загрязнения, от полисапробных условий в отстойнике до значительного улучшения качества воды в озере-накопителе Сорбулак. Результаты исследования подтверждают активные процессы биологического самоочищения и стабилизацию биологического равновесия на последних этапах очистки очистных сооружений города Алматы.

Ключевые слова: альгофлора, биомониторинг, сточные воды, биоиндикация, микроводоросли-индикаторы сапробности.

Introduction

The quality of wastewater discharged into reservoirs is a key indicator of the state of ecosystems and water resources in urbanized areas. Wastewater treatment, especially from radioactive and organic pollutants, is a serious environmental problem requiring cost-effective and environmentally safe solutions. In this framework, utilizing microalgae for wastewater treatment and nutrient recovery aligns with the principles of circular bioeconomy, which focus on waste management and ecosystem preservation. Integrating microalgae cultivation with wastewater treatment not only enhances water quality but also generates valuable biomass for further applications. Due to their ability to bioaccumulate, biotransformation and adsorption, microalgae are considered as natural agents capable of reducing the level of various pollutants, including radioactive substances [1].

One of the largest artificial reservoirs in Kazakhstan and the world are wastewater storage facilities in Almaty and Almaty region, such as the Sorbulak Storage Lake and ponds of the Right-Bank Sorbulak Canal (RSC). Sorbulak Storage Lake, located northwest of Almaty, is a natural enclosed basin used for the collection, post-treatment and storage

of wastewater. These reservoirs accumulate significant amounts of fresh, but not clean enough water, which can potentially be used for household needs. However, pollution of water bodies by wastewater from wastewater treatment plants requires systematic monitoring and assessment of their impact on aquatic ecosystems [2].

Phototrophic microorganisms grown on wastewater can serve as raw materials for the production of liquid fertilizers, biodiesel, glycerin and biogas. The main indicator of water quality is the specific and quantitative composition of the biocenosis. Even minor changes in the species composition of the biocenosis may indicate contamination of water bodies, which makes the analysis of aquatic biocenoses an important tool for assessing water quality. The predominance of organisms resistant to certain types of pollution indicates the presence of relevant pollutants. Thus, the composition of microalgae is a key indicator of the productivity of reservoirs and the state of aquatic ecosystems [3, 4, 5].

Under anthropogenic influence in Almaty, key indicators of the ecological state of water bodies include fluctuations in bacterial abundance and the saprobity index, which reflects the level of organic pollution. These parameters reflect the ability of aquatic ecosystems to self-purify. Microalgae and

cyanobacteria, due to their ability to absorb nutrients and decompose organic compounds, are actively used in the biological purification of reservoirs. They help to reduce the level of microbiological contamination and improve water quality. However, the influence of these organisms on the dynamics of bacterial abundance and the saprobicity index in water bodies, such as Sorbulak Storage Lake and the Almaty sewage treatment plants, requires a more detailed study.

In this context, investigating the species diversity of algae in the reservoirs of wastewater treatment plants in Almaty and their role in biomonitoring is a relevant research priority. The scientific novelty of this study lies in the comprehensive assessment of wastewater quality at Almaty's treatment facilities and the Sorbulak Storage Lake, along with an in-depth analysis of algal species diversity and its significance in biomonitoring.

Materials and Methods

Location of the study and sampling. Water samples were collected from wastewater treatment plants in Almaty and the Sorbulak Storage Lake (43°41'8" N, 76°35'21" E). The pH of the analyzed samples ranged from neutral to mildly alkaline. Water temperature during the sampling period varied between 15 and 23°C, influenced by seasonal and climatic factors.

Sampling was conducted using pre-sterilized 1-liter plastic bottles. For microbiological and hydrochemical analysis, water samples were filtered through membrane filters with a pore size of 0.45 microns. The collected samples were transported to the laboratory and stored at 4°C until further processing [6, 7].

Biological mats, concretions, and sediments were collected using sterile forceps and spatulas, then transferred into sterile glass containers. For analyzing planktonic cyanobacteria strains, water samples were preserved in sterile glass vials and test tubes. Sampling took place during the spring and autumn seasons of 2023 and 2024.

Water temperature was measured on-site using a thermometer, while pH values were determined with a digital pH meter (HM Digital PH-80, USA) [8].

Species composition determination and bioindication methods. To study the algae, Premere and Betical light microscopes were used with magnification from $\times 40$ to $\times 100$, with the ability to display images on a monitor. In each sample, 30-40 visual fields were analyzed on five specimens. The number of detected cells was expressed in cells per 1 ml of water.

The identification of algae species was carried out both in the native and in the fixed state of cells. Solutions of formaldehyde (4%) and iodine (Lugol's solution) were used as fixatives. The species identification was carried out using modern determinants [9-18].

Indices of species richness and diversity were used to characterize the species structure of communities. The state of freshwater ecosystems was assessed by phytoplankton using the Pantle and Bukka method modified by Sladechka [19-23].

The physico-chemical composition of water, including the content of petroleum products, was determined in the Republican Scientific-Industrial and Informational Center "Kazecology" using the current regulatory documents [24-28].

Results and discussions

The wastewater treatment plants are situated southwest of the village of Japek-Batyr (December 12). Mechanical treatment facilities are positioned on the right bank, whereas biological treatment takes place on the left bank, beyond the coastal water protection zone. Following the complete cycle of mechanical and biological purification, the treated wastewater is discharged into the Sorbulak Storage Lake. In order to prevent possible emergencies, an emergency discharge system of treated wastewater into the Ili River is provided. Additionally, before being discharged into a water body, the water undergoes the final stage of post-treatment in biological ponds (Figure 1).

The results of the study of the physical and chemical composition of wastewater from the reservoir system of the Almaty wastewater treatment plants and the Sorbulak Storage Lake showed that the concentrations of a number of substances exceed the maximum permissible values (Table 1).

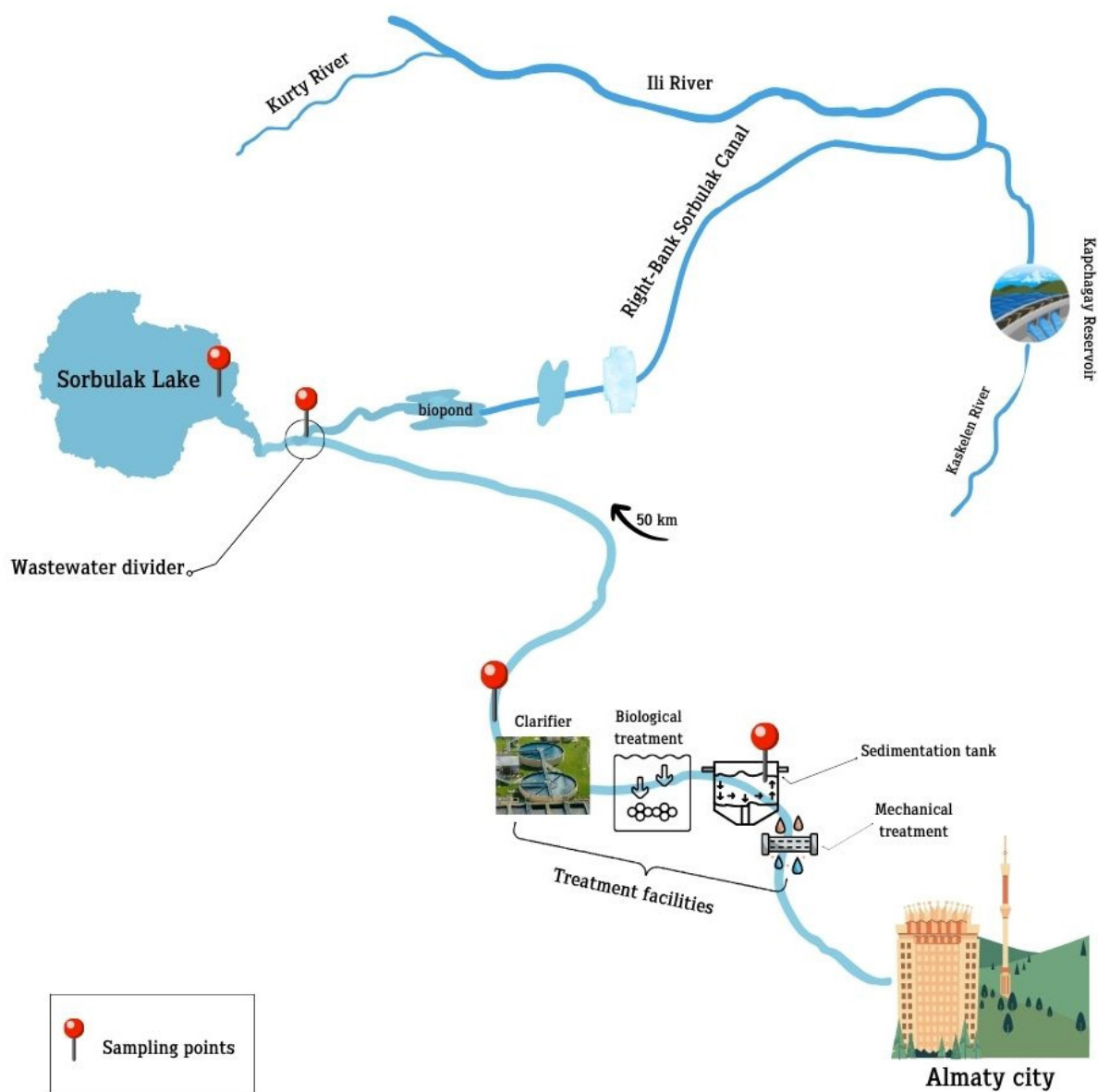


Figure 1 – Scheme of wastewater treatment plants in Almaty

Table 1 – Physical and chemical composition of wastewater treatment plants in Almaty

Indicators		Sedimentation tank after mechanical treatment	Wastewater channel after biological treatment	Wastewater divider	Sorbulak Storage Lake
1	Temperature (°C)	16	18-20	18-23	18-23
2	pH	7,0	7,8	7,5	7,2
3	BOD ₅ , O ₂ mg/dm ³	83,4	55,4	38,9	27,1
4	Oxidation, O ₂ mg/dm ³	23,6	19,1	14,7	9,0
5	Chloride, mg/dm ³	281,52	69,34	42,6	35,66
6	Sulfate, mg/dm ³	86,6	59,6	43,6	18,1

Continuation of the table

Indicators		Sedimentation tank after mechanical treatment	Wastewater channel after biological treatment	Wastewater divider	Sorbulak Storage Lake
7	Ammonia, mg/dm ³	29,0	13,6	4,6	1,4
8	Ammonium nitrogen, mg/dm ³	35,2	28,1	12,3	5,0
9	Nitrite nitrogen, mg/dm ³	7,7	1,4	0,3	0,001
10	Nitrate nitrogen, mg/dm ³	13,2	7,8	3,0	2,1
11	Phosphate, mg/dm ³	5,9	3,6	1,7	0,6
12	Phenol, mg/dm ³	0,027	0,017	0,002	-
13	Iron, mg/dm ³	1,32	0,29	0,14	0,11
14	Lead, mg/dm ³	0,0038	0,0032	0,0017	-
15	Copper, mg/dm ³	0,033	0,023	0,021	-
16	Zinc, mg/dm ³	0,043	0,035	0,023	-
17	Cadmium, mg/dm ³	0,00089	0,00074	0,0005	-
18	Calcium, mg/dm ³	59,82	58,71	53,22	50,0
19	Petroleum products, mg/dm ³	3,29	2,77	0,81	0,40

Comparative analysis of the algae from the reservoir system of the Almaty wastewater treatment plants. We have studied the species diversity of microalgae – inhabiting the reservoirs from wastewater treatment plants in Almaty. According to the results of an algological study, 22 types of microalgae were identified in the sedimentation tank after mechanical treatment.

All microalgae develop, forming films on the walls of the sump. Of the specific types of microalgae, 36% are green, 20% are diatoms, 40% are blue-green, and 4% are euglenic algae (Figure 2). Blue-green algae, such as *Phormidium foveolarum*, *Oscillatoria tenuis*, *Oscillatoria irrigua*, and *Oscillatoria willei*, dominate among all microalgae. It is known that species of the *Oscillatoria* genera are found in large numbers at the initial stages of wastewater treatment plants.

56 species of microalgae were identified in samples of water from the wastewater channel after biological treatment. Of these, green and diatoms dominate in terms of species composition (Figure 2). Most often found species: *Ankistrodesmus minutissimus*, *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*, *Coelastrum microporum*, *Closterium acerosum*, *Oocystis crassa*, *Pediastrum angulosum* var. *angulosum*, *Pediastrum simplex* var. *simplex*, *Scenedesmus obliquus* var. *obliquus*, *Scenedesmus granulatus*, *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda*, *Cyclotella kuetzingiana*, *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula hasta*, *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia hantzschiana*, *Stauroneis anceps*, *Stauroneis anceps* f. *gracilis*, *Synedra ulna*,

Synedra pulchella var. *lanceolata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Anabaena variabilis*, *Anabaena constricta*, *Merismopedia punctata*, *Merismopedia glauca*, *Phormidium foveolarum*, *Phormidium ambiguum*, *Oscillatoria angustissima*, *Oscillatoria tenuis*, *Oscillatoria irrigua*, *Oscillatoria willei*, *Spirulina meneghiniana*, *Euglena viridis*, *Euglena caudata*, *Euglena satelles*, *Euglena acus*. The studied reservoirs differ in the species diversity of microalgae. Among certain species, diatoms play a leading role (36%).

A total of 62 species of microalgae have been identified in the wastewater divider of the Almaty city wastewater treatment plants, of which 36% are green, 33% are diatoms, 20% are blue-green, and 11% are euglenic algae (Figure 2). Among certain types of microalgae, green ones dominate, especially species of the order *Chlorococcales*, of which the most common are *Ankistrodesmus minutissimus*, *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*, *Coelastrum microporum*, *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *Pediastrum duplex* var. *duplex*, *Scenedesmus obliquus* var. *obliquus*, as well as the types of genera *Volvocales*, *Desmidiales*. In the order or *Chlamydomonadales* most frequently found species are *Chlamydomonas rubrifila*, *Chlamydomonas monadina*, *Chlamydomonas reinhardtii* and from the order *Desmidiales* – *Closterium acerosum*. As can be seen from Figure 2, diatoms occupy the second place. Of the specific types of microalgae, 21 belong to diatoms. The following species have been identified from the order *Thalassiosirales*: *Cyclotella kuetzingiana*, *Cyclotella meneghiniana*,

Stephanodiscus hantzschii; from the order *Araphidiales* – *Synedra ulna*, *Synedra acus* from the order *Bacillariales* and *Naviculales* – species *Achnanthes*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Hantzschia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Stauroneis*.

Among the blue-green algae, 12 species have been identified, of which the dominant ones are *Anabaena flos-aquae* f. *minor*, *Anabaena constricta*, *Phormidium foveolarum*. Among the euglenovs most frequently meet species *Euglena satelles*. Of all the specific types of algae, 60% are indicators of water saprobicity.

At the last stage of the Almaty wastewater treatment plants, 98 species of microalgae were identified in the Sorbulak Storage Lake. The greatest diversity is observed among green algae (45%), which is typical for polluted aquatic ecosystems (Figure 2). The main representatives of this department were such species as: *Ankistrodesmus minutissimus*, *Ankistrodesmus longissimus* var. *longissimus*, *Ankistrodesmus arcuatus*, *Actinochloris sphaerica*, *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*, *Chlorella ellipsoidea*, *Chlamydomonas rubrifilum*, *Chlamydomonas elliptica*, *Chlamydomonas velata*, *Chlamydomonas flosculariae*, *Coelastrum microporum*, *Coelastrum sphaericum*, *Cosmarium connatum*, *Closterium acerosum*, *Closterium acutum*, *Closterium lanceolatum*, *Closterium reticulatum*, *Chaetopeltis orbicularis* var. *orbicularis*, *Didymocystis planctonica*, *Oocystis crassa*, *Oocystis marssonii*, *Oocystis solitaria*, *Pediastrum integrum*, *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *Pediastrum duplex* var. *duplex*, *Pediastrum simplex* var. *simplex*, *Pediastrum boryanum* var. *longicorne*, *Palmellocystis planctonica*, *Pleodorina californica*, *Palmellopsis gelatinosa*, *Scenedesmus granulatus*, *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda*, *Scenedesmus acuminatus* var. *bisseriatus*, *Scenedesmus obliquus* var. *obliquus*, *Scenedesmus platydiscus*, *Scourfieldia complanata*, *Trochiscia granulata*, *Volvox aureus*, *Zygnema* sp.

In terms of quantitative composition, diatoms occupy the second place (Figure 2). Among them, the leading role is played by species of the *Pennatophyceae* class, and there is also a large species diversity of the genera *Navicula*, *Nitzschia*. The species of the *Thalassiosirales* order developed in the greatest number: *Cyclotella kuetzingiana*, *Stephanodiscus hantzschii*.

Of the certain species in the ecosystem of the Sorbulak Storage Lake, 20% are blue-green algae. Representatives of the order *Chroococcales* are found among them: *Gloeocapsa minor*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis aeruginosa* f. *sphaerodicty-*

cides, *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* f. *aeruginosa*, *Merismopedia glauca*. From the order of *Nostocales* were found species of *Anabaena variabilis*, *Anabaena flos-aquae* f. *minor*, *Anabaena constricta*, as well as representatives of the order *Oscillatoriales*: *Oscillatoria irrigua*, *Oscillatoria brevis*, *Oscillatoria planctonica*, *Oscillatoria angustissima*, *Oscillatoria willei*, *Spirulina major*, *Spirulina laxissima*, *Spirulina meneghiniana*, *Spirulina minima*. In addition, euglenic algae (10 species) were found in the waters of Sorbulak Storage Lake, which played a secondary role in the formation of algocenosis. Among them there are representatives of the genus *Euglena*, as well as *Strombomonas urceolata* and *Phacus longicauda*. Among all the studied reservoirs of the Almaty wastewater treatment plants, the Sorbulak Storage Lake is distinguished by the greatest species diversity of algae. There are indicator species of microalgae of all saprobicity zones, dominated by β -mesosaprobic organisms such as *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda*, *Scenedesmus obliquus* var. *obliquus*, *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *Pediastrum duplex* var. *duplex*, *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia glauca*. Among α -mesosaprobic organisms, *Stephanodiscus hantzschii* and *Oscillatoria brevis* predominate in number and occurrence.

Thus, we have established that, according to the systematic position, algae from wastewater treatment plants belong to 112 species and subspecies.

The main part of the algae consists of green, blue-green, diatom and euglenic algae, while the species diversity is dominated by green algae (Figure 3). As shown in Figure 3, 45 species (40%) of microalgae of the *Chlorophyta* (green) division, 29 species (26%) of *Bacillariophyta* (diatoms), 25 species (22%) of *Cyanophyta* (blue-green), 13 species (12%) of *Euglenophyta* (euglenic).

Among green algae, the most common are *Ankistrodesmus minutissimus*, *Oocystis marssonii*, *Cosmarium connatum*, *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *Scenedesmus obliquus* var. *obliquus*, *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*. Among diatoms (29 species) most frequently found species are *Gomphonema augur*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula cryptocephala*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Stauroneis anceps*, *Cyclotella kuetzingiana*. Among the blue-green reservoirs, most commonly found species are *Oscillatoria willei*, *Anabaena flos-aquae* f. *minor*, *Anabaena constricta*, *Oscillatoria irrigua*, *Oscillatoria tenuis*, *Phormidium foveolarum*, *Spirulina meneghiniana*. Among euglenic algae, frequently meet species are *Euglena viridis*, *Euglena proxima*, and *Euglena acus*.

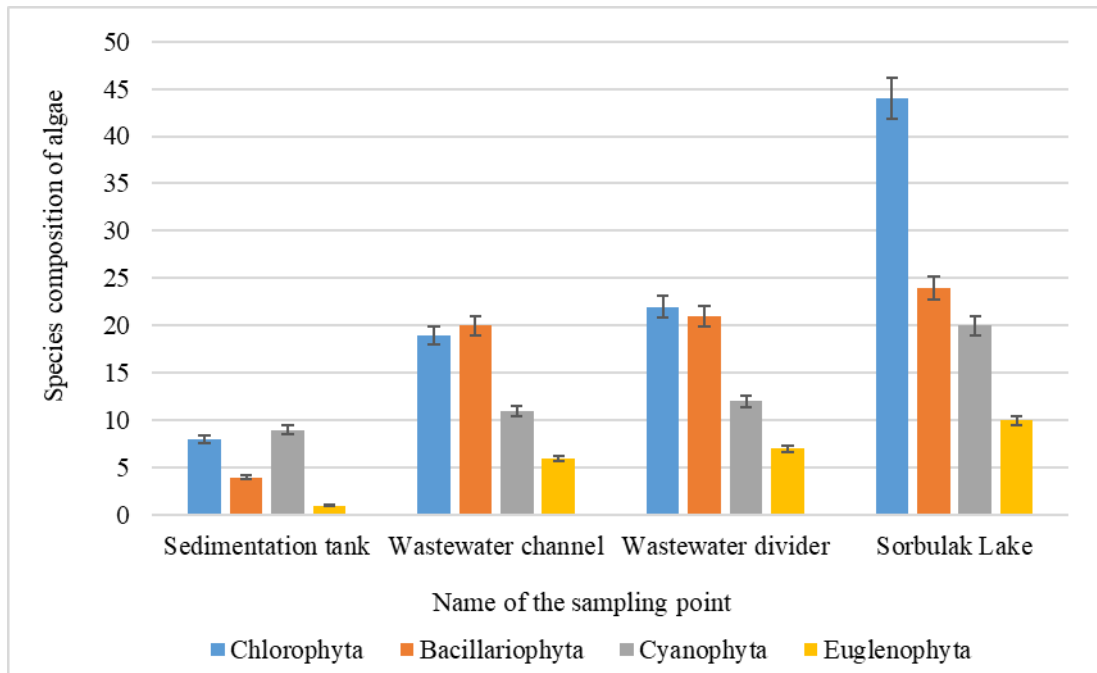


Figure 2 – Distribution of algae species in the wastewater treatment plants in Almaty

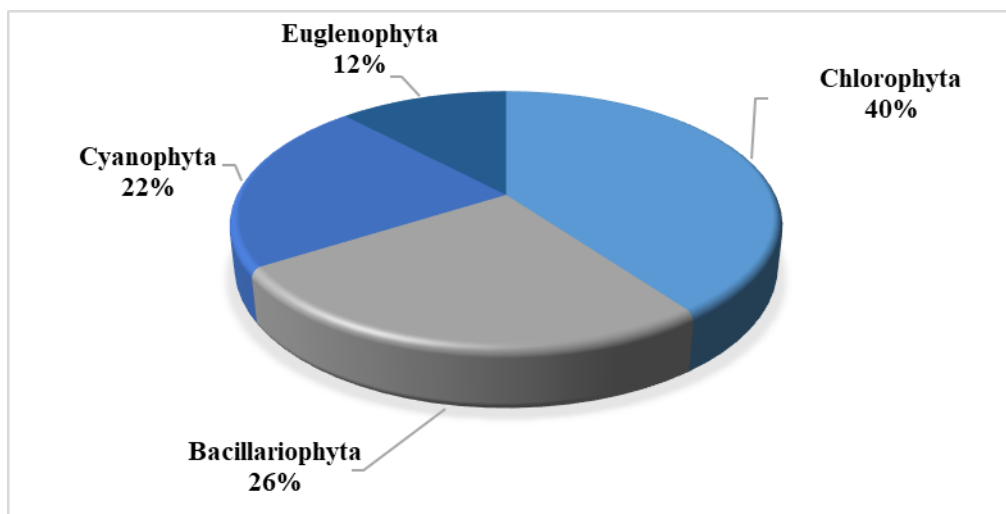


Figure 3 – Quantitative ratio of algae species in the wastewater treatment plants in Almaty

The biological balance of aquatic ecosystems is maintained by the connections between organisms and the environment. It is disrupted by harmful effects, which in turn affects the species composition of the biocenosis. In sanitary and biological analysis, the main indicator is the quantity and species composition of the biocenosis.

We conducted a comparative analysis of the occurrence of microalgae representatives in a sedimentation tank after mechanical treatment, the

wastewater channel after biological treatment, the wastewater divider, and the Sorbulak Storage Lake. As can be seen from Figure 2, the species and quantitative composition of microalgae in Almaty wastewater treatment plants increases markedly as the degree of purification increases.

So, if in the sedimentation tank after mechanical treatment the main part of the algae is represented by blue-green species, then at the last stages of cleaning there is an increase in all types of micro-

algae. For example, the frequency of occurrence of microalgae, as well as the diversity of their species composition in the waters of Sorbulak Storage Lake, is much higher than in the initial purification sites.

Comparative analysis of the microflora from reservoirs of the Almaty wastewater treatment plants. One of the consequences of pollution of aquatic ecosystems is changes in microbial censuses. The microflora of reservoirs, as the most significant and sensitive factor determining biological balance, reacts earlier than others to changes in environmental conditions. Timely and complete information about these phenomena helps to prevent the impact of water pollution on human health and the environment. Almost all representatives of the systematic and physiological groups of bacteria that occur in the biosphere are identified in reservoirs. However, the microflora of reservoirs is characterized by specificity, which significantly distinguishes it from those coming from outside. In clean water bodies, the incoming microflora makes up an insignificant part of its total amount. With an increase in the degree of contamination, the introduced microflora can change the quantitative ratio of microorganisms in the reservoir. In this regard, all aquatic microorganisms are divided into allochthonous, coming from outside, and autochthonous, or aquatic, adapted to the ecological conditions of the reservoir.

The allochthonous microflora of the reservoir is doomed to die off. However, with prolonged intake of pollutants that change the ecological balance, the species composition of the reservoir's own microflora changes. The autochthonous microflora is divided into 3 groups: strict autotrophs, mixotrophs and heterotrophs. Autotrophs include microorganisms capable of using carbon dioxide for their energy needs, heterotrophs need ready-made organic substances for these purposes, mixotrophs are able to switch from autotrophic nutrition to heterotrophic.

From a hygienic point of view, the allochthonous group of microorganisms is of the greatest importance, which may pose a potential epidemic danger due to the possible presence of pathogenic microorganisms in it. At the same time, the allochthonous saprophytic microflora consists of a complex of various physiological groups of bacteria that mineralize the organic matter of the reservoir. Depending on the degree of contamination of the reservoir, the number of allochthonous bacteria increases.

To identify the risk of epidemic danger in a polluted reservoir, both direct indicators of the presence

of human infectious agents and indirect indicators of faecal contamination are used. Among the latter, representatives of the microflora of human intestinal diseases are more often used. Basically, these indicators are used in combination with indicators of the sanitary and hygienic condition of the facility – general microbial contamination, the presence of heterotrophs, nitrifiers [29].

L.A. Vinogradova emphasizes that the influence of pollution factors on the environment can be determined by the reaction of microorganisms to these pollutants [30]. The initial changes are in the ratio of microorganisms in the biocenosis. Thus, it has been established that in reservoirs with a predominance of organic pollutants, all representatives of the microbiocenosis, including pathogenic bacteria, are indicators. The number of non-fermenting bacteria often increases in these conditions. Wastewater rich in organic substances is a suitable environment for the development of water microflora. One of the most important features of natural reservoirs is the vital activity of aquatic organisms in them – microorganisms, algae, invertebrates and higher aquatic plants, which have a direct impact on water quality, and the development of pathogenic microorganisms in them leads to a sanitary and epidemiological risk. Among pathogenic microorganisms, salmonella, shigella, enterobacteria, enteroviruses, etc. are found more often than others.

Thus, from an ecological point of view, microorganisms in wastewater can be divided into two groups – saprophytic and pathogenic microorganisms.

Various bacteria develop in reservoirs from the Almaty wastewater treatment plants. In the sedimentation tank after mechanical treatment, the total number of microorganisms is 1200 thousand cells/ml, in the wastewater channel after biological treatment – 1000 thousand cells/ml, in the wastewater divider – 900 thousand cells/ml, in the Sorbulak Storage Lake – 700 thousand cells/ml. Our determination of the total number of bacteria revealed that in polluted aquatic ecosystems, changes in the number of bacterioplankton occur in parallel with an increase in the biomass and species composition of microalgae (Figure 4).

According to the values of the studied indicators, it can be seen that the number of bacterioplankton in the sump is higher compared to other stages of purification, i.e. a decrease in the number of bacterioplankton is accompanied by a gradual increase in algae biomass and an increase in their species diversity (Figure 3).

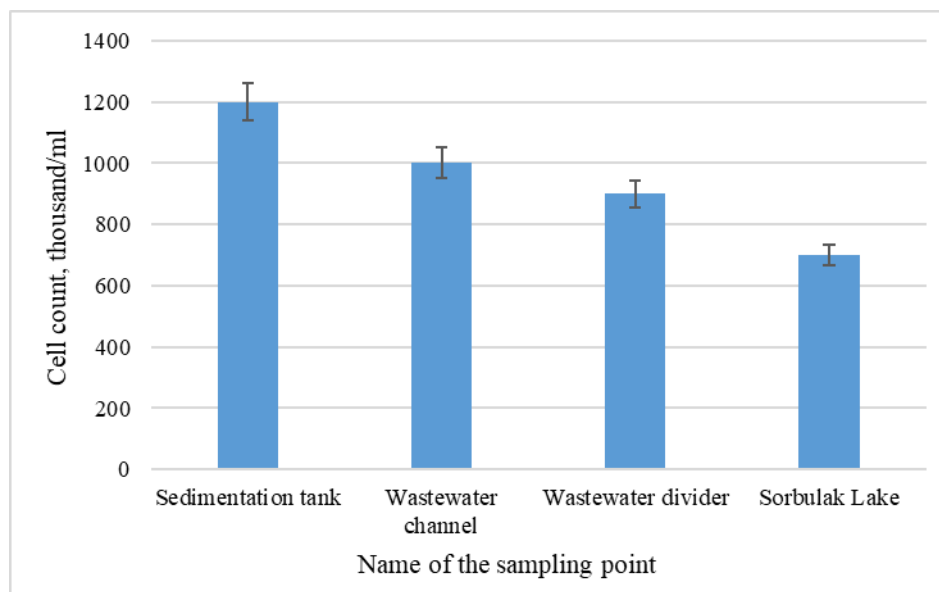


Figure 4 – Dynamics of total bacterial abundance in the wastewater treatment plants in Almaty

Thus, pollution of reservoirs is accompanied by drastic qualitative and quantitative changes in microbial cenoses of reservoirs, which are aimed at leveling and maintaining ecological balance in the reservoir.

Bioindication in reservoirs from the Almaty wastewater treatment plants using microalgae. As is well known, algae serve as the primary producers of organic matter and oxygen in aquatic ecosystems. In addition to their numerous ecological functions, microalgae play a crucial role in biological water analysis due to the stenotopic nature of many species and their high sensitivity to environmental conditions. The quantitative and qualitative composition of microalgae provides a reliable tool for accurately assessing the overall state of an aquatic ecosystem [31].

As can be seen from Figure 5, the qualitative and quantitative composition of microalgae, indeed, allows us to accurately assess the state of the aquatic ecosystem as a whole. When a reservoir is polluted, some forms of microalgae die, while others gain advantages for their development. As a result of these events, a change of biocenosis occurs in the contaminated area. Depending on the organic pollution of water bodies, the spectrum of indicator species of microalgae, which are indicators of water saprobicity, changes. This is due to the fact that the composition of microalgae depends on the class and amount of organic substances.

Thus, the sedimentation tank after mechanical treatment for organic contamination is character-

ized as a polysaprobe zone containing high concentrations of unstable organic substances and products of their anaerobic decomposition, very low concentrations of oxygen and high concentrations of dissolved carbon dioxide. The main part of microalgae species are polysaprobionts, of which *Chlorella vulgaris*, *Oscillatoria willei*, *Phormidium autumnale*, and *Oscillatoria brevis* are dominant [32]. The saprobic index according to the Pantle and Bucca method is 4.

According to organic pollution, the wastewater channel after biological treatment is characterized as a polysaprobic zone, with a saprobic index of 3.51.

As the purification process progresses, the saprobic index of polluted waters increases. Thus, the composition of the indicator species of microalgae in the wastewater divider characterizes the reservoir as an alpha-mesosaprobe zone of organic pollution, in which aerobic decomposition of organic substances begins, redox processes occur, resulting in intensive self-purification of water, and microalgae actively participate in it. The main representatives of indicator microalgae in the water separator are – *Closterium acutum*, *Cosmarium sublatereudatum*, *Navicula radiosa*, *Merismopedia tenuissima*, *Oscillatoria angustissima*, *Euglena caudata*, and *Euglena viridis*. According to this, the saprobic index is 2.8. At the final stages of purification, representatives of β -mesosaprobic microalgae species are *Ankistrodesmus minutissimus*, *Oocystis crassa*, *Nitzschia Hantzschiana*, *Microcystis aeruginosa*, Indicator microalgae of oligosaprobic zones are found

in smaller numbers. – *Synedra pulchella*, *Achnantes minutissima*, *Cyclotella Kuetzingiana*, *Scourfieldia complanata*, the saprobicity index is 2.5. According to this, the water of the reservoirs under consideration can be attributed to the β -mesosaprobic type of organic pollution.

The data obtained make it possible to classify the initial reservoirs from the Almaty wastewater treatment plants as a polysaprobic zone of organic

pollution, the latter as ‘moderately polluted’ according to the $\alpha\beta$ -mesosaprobic type.

This means that the natural process of self-purification is actively underway in the last stages of purification.

Thus, as pollution levels decrease and water quality improves, there is a gradual decrease in saprobicity. The saprobic index in the studied samples varies from 4 to 2.5 (Figure 5).

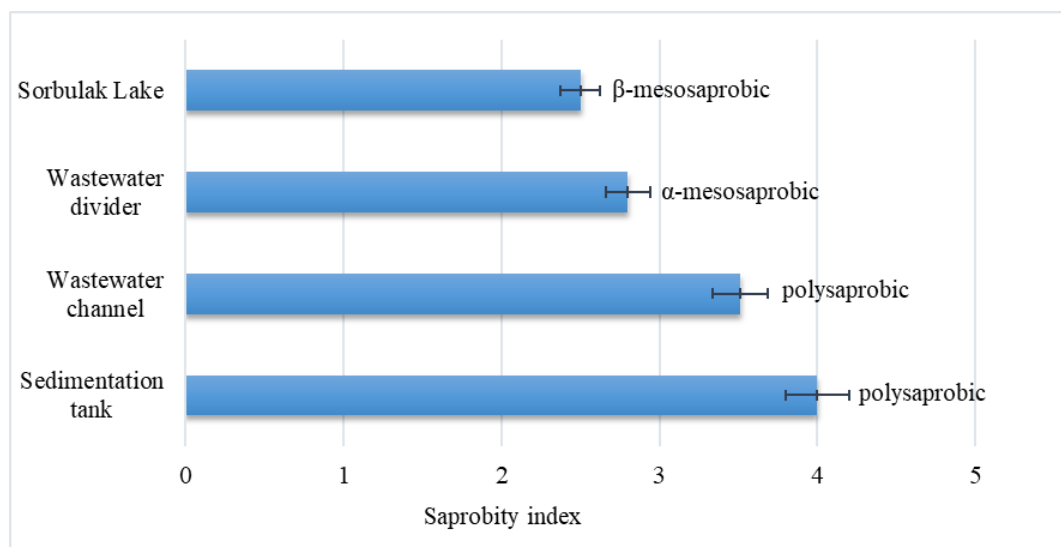


Figure 5 – Saprobity index of the wastewater treatment plants in Almaty

The results of our research indicate that as water is purified, the quantitative and qualitative composition of microalgae changes, and a parallel decrease in the values of key physical and chemical indicators of pollution is observed (Table 1). These data confirm the role of microalgae in the processes of natural self-purification of water. In addition, the massive development of algocenoses indicates the activity of biological purification, during which microalgae utilize organic pollutants and participate in the transformation of biogenic elements.

Conclusion

The study of algae from wastewater treatment plants revealed gradual changes in the species and quantitative composition of algae, which is an important indicator of the state of the aquatic environment. The sedimentation tank after mechanical treatment and the wastewater channel after biological treatment are dominated by diatoms and blue-green algae (*Bacillariophyta*, *Cyanophyta*), which

indicates a high level of eutrophication. During the purification process, the proportion of green algae (*Chlorophyta*) increases, especially in the final Sorbulak Storage Lake, which indicates a stabilization of the ecological state and a decrease in the level of pollutants.

The study revealed the significant role of microalgae in the processes of biological wastewater treatment and biomonitoring from wastewater treatment plants in Almaty and the Sorbulak Storage Lake. A direct dependence of the dynamics of the species composition of microalgae and cyanobacteria on the level of anthropogenic load has been established: in conditions of high concentration of organic substances, cyanobacteria dominate, whereas with a decrease in pollution levels, the abundance of green and diatoms increases.

The analysis of bacteriological parameters confirmed the effectiveness of the purification processes: the number of microorganisms gradually decreases as the water passes through the purification stages. In the sedimentation tank after mechanical

treatment, the total number of bacteria reaches 1200 thousand cells/ml, in the wastewater channel after biological treatment – 1000 thousand cells/ml, in the wastewater divider – 900 thousand cells/ml, and in the final reservoir (Sorbulak Storage Lake) – 700 thousand cells/ml. This confirms the reduction of sanitary and epidemiological risks and indicates the effectiveness of biological purification processes, as well as an improvement in the hygienic condition of water.

The analysis of the saprobic index showed that as the purification stages go through, the level of organic pollution decreases significantly, and the processes of natural self-purification become more active. In the sedimentation tank after mechanical treatment, the saprobicity level corresponds to the polysaprobic zone, and at the final stages there is a transition to α -mesosaprobic and β -mesosaprobic conditions, which indicates a significant reduction in organic pollution. This confirms the effectiveness of wastewater treatment plants and the use of microalgae as indicators of water quality. Based on the analysis of the saprobicity index, it was found that during water purification there is a consistent decrease in the level of organic pollution.

Thus, the conducted studies allowed us to establish the key role of algae in the processes of

biological wastewater treatment and biomonitoring from wastewater treatment plants in Almaty and the Sorbulak Storage Lake. It has also been shown that wastewater treatment plants effectively reduce the level of pollutants and contribute to the restoration of the aquatic environment. The study found that changes in the species structure of algae are closely related to the level of pollution of aquatic ecosystems. In conditions of high organic load, blue-green algae (*Cyanophyta*) predominate, while with a decrease in pollution, an increase in the proportion of green (*Chlorophyta*) and diatoms (*Bacillariophyta*) is observed.

Acknowledgments

This work was supported by grant AP23485836 «Development of technology for bioremediation of petroleum-contaminated wastewater based on an algal-cyanobacterial consortium for potential biofuel production» (2024-2026), funded by the Ministry of Higher Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

Conflict of interest

All authors are familiar with the content of the article and have no conflict of interest.

References

1. Abdelfattah, A., Ali, S. S., Ramadan, H., El-Aswar, E. I., Eltawab, R., Ho, S. H., Elsamahy, T., Li, S., El-Sheekh, M. M., & Schagerl, M. (2023). Microalgae-based wastewater treatment: Mechanisms, challenges, recent advances, and future prospects. *Environmental Science & Ecotechnology*, 13, 100205. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2022.100205>
2. Аубакирова, М. О., & Крупа, Е. Г. (2019). Комплексная оценка экологического состояния накопителей сточных вод системы правобережного Сорбулакского канала. *Experimental Biology*, 2(79).
3. Крупа, Е., & Aubakirova, M. (2021). Checklist and distribution of Calanoida (Crustacea: Copepoda) in Kazakhstan (Central Asia). *Water*, 13(15), 2015. <https://doi.org/10.3390/w13152015>
4. Крупа, Е. Г., Амиргалиев, Н. А., & Шаповалов, В. (2002). Характеристика гидроценоза накопителя Сорбулак по токсикологическим и биологическим показателям. *Тезисы докладов Всероссийской конференции «Современные проблемы водной токсикологии»*, Борок, 166-167.
5. Крупа, Е. Г., & Stuge, T. S. (2007). New species of the genus *Gigantodiptomus* (Copepoda, Calanoida) from Northeastern Kazakhstan. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 1, 18-22.
6. Российский институт стандартизации. (2022). *Общие требования к отбору проб (ISO 5667-1:2006, NEQ) (ISO 5667-3:2018, NEQ) ГОСТ Р 59024—2020*. Москва.
7. Стандартиформ. (2013). *Отбор проб для микробиологического анализа (ISO 19458:2006, MOD) ГОСТ 31942—2012*. Москва.
8. Российский институт гидрометеорологии. (2016). *Методические рекомендации по применению методики выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 (ФР.1.31.2007.03794)*. Москва.
9. Bellinger, E. G., & Sigee, D. C. (2015). *Freshwater algae: Identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell.
10. Музафаров, А. М., Эргашев, А. Э., & Халилов, С. (1988). *Определитель синезеленых водорослей Средней Азии: В 3 т. Т. 3*. Ташкент: ФАН.
11. Забелина, И. А., Киселев, А. И., Прошкина-Лавренко, В. С., & Шешуков, В. С. (1979). *Определитель пресноводных водорослей СССР. Выпуск 4. Диатомовые водоросли*. Москва: Советская наука.
12. Prakash, J. P. (Ed.). (2022). *Handbook of plant science in agriculture: Volume 1 – Plant growth and development*. CRC Press.
13. Эргашев, А. Э. (1979). *Определитель протококковых водорослей Средней Азии*. Ташкент: ФАН.

14. Царенко, П. М. (1990). *Краткий справочник по хлорококковым водорослям Украинской ССР*. Киев: Наукова думка.
15. Kim, S. K. (Ed.). (2016). *Marine OMICS: Principles and applications (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315372303>
16. The online database of cyanobacterial genera. (n.d.). Retrieved from <http://www.cyanodb.cz/>
17. CyanoBase. (n.d.). Retrieved from <http://genome.microbedb.jp/cyanobase/>
18. Заядан, Б. К., Акмуханова, Н. Р., & Садвакасова, А. К. (2013). *Коллекция микроводорослей и методы культивирования: Методическое руководство*. Алматы: Литер.
19. Мукминов, М. Н., & Шуралев, Э. А. (2011). *Методы биоиндикации: учебно-методическое пособие*. Казань: Казанский университет.
20. Чертопруд, М. В. (2007, April). Модификация индекса сапробности Пантле-Букка для водоемов европейской России. *Conference: Bioindication in monitoring of freshwater ecosystems*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4638.2086>
21. Абаумов, В. А. (1992). *Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем*. Санкт-Петербург: Гидрометеониздат.
22. Сиренко, Л. А., & Козицкая, В. Н. (1988). *Биологически активные вещества водорослей и качество воды*. Киев: Наукова думка.
23. Российское агентство по охране окружающей среды. (1999). *Методическое руководство по биотестированию воды РД-118-02-90*. Москва.
24. Министерство здравоохранения России. (n.d.). *Санитарные правила и нормы (СанПиН): Требования к безопасности воды, гигиенические нормы водоснабжения и охрана водных ресурсов*.
25. Российские федеральные стандарты. (n.d.). *Методики выполнения измерений (МВИ): Регламентируют точность и порядок анализа качества воды, включая химический состав и загрязнители*.
26. Казахстанский национальный стандарт. (n.d.). *СТ РК ИСО 5667: Отбор проб воды. Национальный стандарт Республики Казахстан, идентичный международному ISO 5667*.
27. Казахстанский национальный стандарт. (n.d.). *СТ РК ГОСТ Р 51232-2003: Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества*.
28. Казахстанский национальный стандарт. (n.d.). *СТ РК 1432-2005: Воды питьевые, расфасованные в емкости. Общие технические условия*.
29. Литвин, В. Ю., Гинцбург, А. Л., & Пушкарёва, В. И. (1998). *Эпидемиологические аспекты экологии бактерий*. Москва.
30. Виноградова, Л. А. (1982). К методике комплексного микробиологического исследования объектов окружающей среды. В *Методы индикации бактерий и вирусов в объектах окружающей среды* (С. 26-32). Москва: Медицина.
31. Алимжанова, Х. А. (2005). *Закономерности распределения водорослей бассейна реки Чирчик и их значение в определении эколого-санитарного состояния водоемов* (автореф.). Москва: НППЦ Ботаника АН РУЗ.
32. Топачевский, А. В., Брагинский, Л. П., & Сиренко, Л. А. (1972). Массовое развитие Cyanophyta как продукт экосистемы водоема. *Гидробиологический журнал*, 1(8), 68-74.

References

1. Abdelfattah, A., Ali, S. S., Ramadan, H., El-Aswar, E. I., Eltawab, R., Ho, S. H., Elsamahy, T., Li, S., El-Sheekh, M. M., & Schagerl, M. (2023). Microalgae-based wastewater treatment: Mechanisms, challenges, recent advances, and future prospects. *Environmental Science & Ecotechnology*, 13, 100205. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2022.100205>
2. Aubakirova, M. O., & Krupa, E. G. (2019). Kompleksnaya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya nakopiteley stochnykh vod sistemy pravoberezhnogo Sorbulakskogo kanala [Comprehensive assessment of the ecological state of wastewater storage facilities of the right-bank Sorbulak canal system]. *Experimental Biology*, 2(79). (In Russian)
3. Krupa, E., & Aubakirova, M. (2021). Checklist and distribution of Calanoida (Crustacea: Copepoda) in Kazakhstan (Central Asia). *Water*, 13(15), 2015. <https://doi.org/10.3390/w13152015>
4. Krupa, E. G., Amirgaliyev, N. A., & Shapovalov, V. (2002). Kharakteristika gidrotsenoza nakopitelya Sorbulak po toksikologicheskim i biologicheskim pokazatelyam [Characteristics of the hydrocenosis of the Sorbulak reservoir based on toxicological and biological indicators]. *Proceedings of the All-Russian Conference "Modern Problems of Water Toxicology"*, Borok, 166-167. (In Russian)
5. Krupa, E. G., & Stuge, T. S. (2007). New species of the genus *Gigantodiaptomus* (Copepoda, Calanoida) from Northeastern Kazakhstan. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 1, 18-22.
6. Russian Institute for Standardization. (2022). *General requirements for sampling (ISO 5667-1:2006, NEQ) (ISO 5667-3:2018, NEQ) GOST R 59024—2020*. Moscow. (In Russian)
7. Standartinform. (2013). *Sampling for microbiological analysis (ISO 19458:2006, MOD) GOST 31942—2012*. Moscow. (In Russian)
8. Russian Hydrometeorological Institute. (2016). *Methodological recommendations for measuring pH in water by the potentiometric method (PND F 14.1:2:3:4.121-97 (FR.1.31.2007.03794))*. Moscow. (In Russian)
9. Bellinger, E. G., & Sigee, D. C. (2015). *Freshwater algae: Identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell.
10. Muzafarov, A. M., Ergashov, A. E., & Khalilov, S. (1988). *Opredelitel' sinezelenykh vodorosley Sredney Azii: V 3 t. [Identification guide to cyanobacteria of Central Asia: Volume 3]*. FAN, Tashkent. (In Russian)

11. Zabelina, I. A., Kiselev, A. I., Proshkina-Lavrenko, V. S., & Sheshukov, V. S. (1979). *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vypusk 4. Diatomovye vodorosli* [Identification guide to freshwater algae of the USSR. Volume 4: Diatoms]. Soviet Science, Moscow. (In Russian)
12. Prakash, J. P. (Ed.). (2022). *Handbook of plant science in agriculture: Volume 1 – Plant growth and development*. CRC Press.
13. Ergashov, A. E. (1979). *Opredelitel' protokokkovykh vodorosley Sredney Azii* [Identification guide to protococcal algae of Central Asia]. FAN, Tashkent. (In Russian)
14. Tsarenko, P. M. (1990). *Kratkiy spravochnik po khlorokokkovym vodoroslyam Ukrainskoy SSR* [Brief reference book on chlorococcal algae of the Ukrainian SSR]. Naukova Dumka, Kyiv. (In Russian)
15. Kim, S. K. (Ed.). (2016). *Marine OMICS: Principles and applications (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315372303>
16. The online database of cyanobacterial genera. (n.d.). Retrieved from <http://www.cyanodb.cz/>
17. CyanoBase. (n.d.). Retrieved from <http://genome.microbedb.jp/cyanobase/>
18. Zayadan, B. K., Akmukhanova, N. R., & Sadvakasova, A. K. (2013). *Kollektsiya mikrovodorosley i metody kul'tivirovaniya: Metodicheskoe rukovodstvo* [Collection of microalgae and cultivation methods: Methodological guide]. Litter, Almaty. (In Russian)
19. Mukminov, M. N., & Shuralev, E. A. (2011). *Metody bioindikatsii: Uchebno-metodicheskoe posobie* [Bioindication methods: Educational-methodical manual]. Kazan University, Kazan. (In Russian)
20. Chertoprud, M. V. (2007, April). Modification of the Pantle-Buck saprobity index for water bodies of European Russia. *Proceedings of the Conference "Bioindication in Monitoring of Freshwater Ecosystems"*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4638.2086>
21. Abaumov, V. A. (1992). *Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems*. Hydrometeoizdat, St. Petersburg. (In Russian)
22. Sirenko, L. A., & Kozitskaya, V. N. (1988). *Biologically active substances of algae and water quality*. Naukova Dumka, Kyiv. (In Russian)
23. Russian Environmental Protection Agency. (1999). *Methodological guide for water biotesting RD-118-02-90*. Moscow. (In Russian)
24. Russian Ministry of Health. (n.d.). *Sanitary rules and norms (SanPiN): Water safety requirements, hygiene standards for water supply and water resources protection*. (In Russian)
25. Russian Federal Standards. (n.d.). *Measurement procedures (MVI): Regulating the accuracy and procedure of water quality analysis, including chemical composition and pollutants*. (In Russian)
26. Kazakhstan National Standard. (n.d.). *ST RK ISO 5667: Water sampling. National standard of the Republic of Kazakhstan, identical to international ISO 5667*.
27. Kazakhstan National Standard. (n.d.). *ST RK GOST R 51232-2003: Drinking water. General requirements for organization and quality control methods*.
28. Kazakhstan National Standard. (n.d.). *ST RK 1432-2005: Packaged drinking water. General technical conditions*.
29. Litvin, V. Y., Ginzburg, A. L., & Pushkareva, V. I. (1998). *Epidemiological aspects of bacterial ecology*. Moscow. (In Russian)
30. Vinogradova, L. A. (1982). *Methods for microbiological analysis of environmental objects*. Moscow: Medicine, 26-32. (In Russian)
31. Alimzhanova, K. A. (2005). *Algal distribution patterns in the Chirchik River basin and their significance in determining the ecological-sanitary state of reservoirs* (PhD thesis). NPC Botany AN RUS, Moscow. (In Russian)
32. Topachevskiy, A. V., Braginsky, L. P., & Sirenko, L. A. (1972). *Mass development of Cyanophyta as a product of ecosystem function in water bodies*. Hydrobiological Journal, 1(8), 68-74. (In Russian)

Авторлар туралы мәлімет:

Ахметова Гүлнәз Асқарқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығының 3-курс докторанты (Алматы, Қазақстан, gulnaz_akhmetova92@mail.ru)

Болатхан Кенжегүл – PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының ассоциирленген профессоры (Алматы, Қазақстан, bkenzhegul23@mail.ru)

Даулетова Алиям Абликимовна – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығының 2-курс докторанты (Алматы, Қазақстан, Aliyusha.dau@mail.ru)

Тоқтыбай Акнұр Кентайқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Биология» мамандығының 3-курс докторанты (Алматы, Қазақстан, aknur0115@mail.ru)

Какимова Ардақ Болатовна – PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, ardakkakimova1@gmail.com)

Абилев Серикбай Каримович – биология ғылымдарының докторы, профессор, «Н.И.Вавилов атындағы Жалпы генетика институты» РПА бас ғылыми қызметкері (Мәскеу, Ресей, abilev@vigg.ru)

Заядан Болатхан Казыханұлы (корреспонденттік автор) – биология ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының профессоры, ҰҒА-ң Академигі (Алматы, Қазақстан, zbolat-khan@gmail.com)

Information about authors:

Akhmetova Gulnaz – 3 year PhD student of the specialty “Biotechnology” of the Department of biotechnology of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, gulnaz_akhmetova92@mail.ru)

Bolatkhon Kenzhegul – PhD, associate professor of the Department of biotechnology of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, bkenzhegul23@mail.ru)

Dauletova Aliyam – 2nd year doctoral student of the Department of biotechnology of the Al-Farabi Kazakh National University, specialty “Biotechnology” (Almaty, Kazakhstan, Aliyusha.dau@mail.ru)

Toktybay Aknur – 3 year PhD student of the specialty “Biology” of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan aknur0115@mail.ru)

Kakimova Ardak – PhD, Senior Lecturer of the Department of biotechnology of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, ardakkakimova1@gmail.com)

Abilev Serikbay Karimovich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher at the N.I. Vavilov Institute of General Genetics, RAS (Moscow, Russia, abilev@vigg.ru)

Zayadan Bolatkhan (Corresponding author) – Doctor of Biological Sciences, Professor of Biotechnology Department of al-Farabi Kazakh National University, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: zbolatkhan@gmail.com)

Поступила 9 сентября 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

G.E. Sadykanova¹ , S. Kumarbekuly^{2*} , K.Zh. Dakieva¹ 

¹ S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

² Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

STUDY OF BERYLLIUM INFLUENCE ON PSYCHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF HUMAN ORGANISM

The leading place in research and forecasting of professional activity is occupied by the problem of diagnostics of psychophysiological properties of a person. The most typical state of workers engaged in hazardous production is emotional tension, which affects the efficiency of production activity. Highly toxic substances, which include beryllium used in beryllium production, can cause psychophysiological tension and can serve as a basis for acute and chronic emotional stress. The scientific article describes the influence of production factors on the psychophysiological status of workers of beryllium shop of JSC 'UMP' depending on age. The psychophysiological status of workers of the examined groups is distributed unevenly. The increase in the number of workers with values of high personal anxiety and low rate of motor activity is mutually conditioned by the work associated with a high degree of emotional tension. The highest level of reactive and personal anxiety in combination with a low rate of motor activity is observed in workers of the third group (aged 45-65 years), and is accompanied by an increase in stress values in the Lusher test and low values of mental efficiency. Inclusion of psychophysiological testing in the course of professional selection allows to reveal the peculiarities of protective and adaptive reactions in workers of different age groups.

Key words: beryllium production workers, toxic effect, anxiety level, reactive anxiety, personality anxiety.

Г.Е. Садыканова¹, С. Құмарбекұлы^{2*}, К.Ж. Дакиева¹

¹ С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан

² Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Бериллийдің адам ағзасының психофизиологиялық параметрлеріне әсерін зерттеу

Кәсіби қызметті зерттеу мен болжауда жетекші орынды адамның психофизиологиялық қасиеттерін диагностикалау мәселесі алады. Зиянды өндірістермен айналысатын жұмысшыларда жиі кездесетін жағдай – бұл өндірістік қызметтің тиімділігіне әсер ететін эмоционалды стресс. Бериллий өндірісінде қолданылатын бериллий сияқты уыттылығы жоғары заттар психофизиологиялық шиеленісті тудыруы мүмкін және жедел және созылмалы эмоционалды стресстің пайда болуына негіз болады. Ғылыми мақалада жасына, жұмыс өтіліне байланысты «ҮМЗ» АҚ бериллий цехы жұмысшыларының психофизиологиялық мәртебесіне өндірістік факторлардың әсері сипатталған. Зерттелген жұмыс топтарының психофизиологиялық мәртебесі біркелкі емес. Жеке мазасыздық деңгейі жоғары және моторлық белсенділіктің төмен қарқыны бар жұмысшылар санының артуы эмоционалды шиеленістің жоғары деңгейімен байланысты жұмыстарға байланысты. Реактивті және жеке мазасыздықтың ең жоғары деңгейі, мотор белсенділігінің төмен қарқыны үшінші топтағы жұмысшыларда (45-65 жас аралығындағы) байқалды. Бұл кезде Люшер сынағы бойынша стресс мәндерінің жоғарылап, ақыл-ой жұмысқабілетілігінің мәндері төмен болды. Кәсіби іріктеу кезінде психофизиологиялық тестілеуді қосу әртүрлі жастағы жұмысшыларда қорғаныс-бейімделу реакцияларының ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: бериллий, уытты әсер, мазасыздық деңгейі, реактивті мазасыздық, жеке мазасыздық.

Г.Е. Садыканова¹, С. Құмарбекұлы^{2*}, К.Ж. Дакиева¹

¹Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Оскемен, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Изучение влияния бериллия на психофизиологические параметры организма человека

Ведущее место в исследованиях и прогнозировании профессиональной деятельности занимает проблема диагностики психофизиологических свойств человека. У рабочих, занятых на вредных производствах, наиболее типичным состоянием является эмоциональное напряжение, которое отражается на эффективности производственной деятельности. Высокотоксичные вещества, к которым относится бериллий, используемый в бериллиевом производстве способны вызвать психофизиологическую напряженность, и могут служить основой для возникновения острого и хронического эмоционального стресса. В научной статье описывается влияние производственных факторов на психофизиологический статус рабочих бериллиевого цеха АО «УМЗ» в зависимости от возраста. Психофизиологический статус рабочих обследованных групп распределен неравномерно. Увеличение числа рабочих со значениями высокой личностной тревожности и низким темпом моторной деятельности взаимообусловлено работой, связанной с высокой степенью эмоционального напряжения. Наиболее высокий уровень реактивной и личностной тревожности в сочетании с низким темпом моторной деятельности наблюдается у рабочих третьей группы (в возрасте 45–65 лет), и сопровождается с увеличением значений стресса по тесту Люшера, низкими значениями умственной работоспособности. Включение психофизиологического тестирования при проведении профессионального отбора позволяют выявить особенности протекания защитно-приспособительных реакций у рабочих разновозрастных групп.

Ключевые слова: рабочие бериллиевого производства, токсический эффект, уровень тревожности, реактивная тревожность, личностная тревожность.

Introduction

Beryllium is a light grey metal with high strength but is brittle, especially at low temperatures and in the presence of impurities. At elevated temperatures it can be forged and rolled. It is easily permeable to X-rays, reflects neutrons well, and emits neutrons when irradiated with α -particles. Owing to its valuable physical and chemical properties, it is widely used in industry. It is widely used in aviation, space technology, rocket construction, as well as in the nuclear industry, the production of X-ray tubes, radio lamps, and the manufacture of fluorescent compositions [1]. The International Agency for Research on Cancer (IARC) classifies beryllium as carcinogenic to humans [2], belongs to the first class of extremely hazardous substances, which even in small doses can have toxic effects.

Both beryllium and its salts are very toxic, and their toxicity depends not only on dispersibility and solubility, but also on the type of beryllium compound and the way it enters the body [3]. As a rule, soluble beryllium is highly toxic and insoluble beryllium is less toxic. It is most toxic when ingested into the blood, then into the respiratory tract, and least toxic when ingested into the digestive tract and skin. Beryllium oxide, beryllium fluoride, beryllium chloride, beryllium sulfate, and beryllium nitrate are

all toxic, while metallic beryllium is relatively less toxic. Once beryllium is ingested, insoluble beryllium oxide mainly accumulates in the lungs, which can lead to chemical bronchitis and pneumonia. Soluble beryllium compounds are mainly stored in the bones, liver, kidneys and lymph nodes. Beryllium in lungs and bones can be a carcinogen.

The main source of harmful impact of beryllium in Ust-Kamenogorsk city is Ulba Metallurgical Plant JSC (UMP JSC), which includes beryllium production. Beryllium production of UMP JSC is one of three enterprises in the world that has a full production cycle from ore concentrate processing to the production of finished products with specified quality parameters. The technological scheme developed at the enterprise allows processing almost any type of beryllium-containing raw materials [4]. Highly toxic substances used in beryllium production can serve as a basis for acute and chronic emotional stress and pathological conditions [5]. Emotional stress is the most typical condition in workers engaged in hazardous production, which affects the efficiency of production [6]. When functional systems are exhausted, professional reliability may decrease. Therefore, it is important to identify the signs that reflect psychophysiological adaptation and resistance to the action of adverse environmental factors.

At present, practical medicine has accumulated experience in studying the influence of harmful industrial environments on morphophysiological parameters and psychophysiological state of a person [7-9]. At the same time in the described literature there are single works devoted to the study of the influence of industrial wastes of beryllium production on morphofunctional indices of a person. In the available literature it was not possible to find works devoted to the influence of beryllium production conditions on human psychophysiological reactions, which was the reason for this study.

Materials and methods

A total of 139 people working in the beryllium production shop were examined. The workers were divided into 3 groups: group I included workers aged 18-30 years (26 persons, 18,7 % (per cent)); group II – workers aged 31-44 years (57 persons, 41 %), group III – workers aged 45-65 years (56 persons, 40,3%). The average duration of work in the shop is $4,0 \pm 0,2$ years in group I, $1,4 \pm 0,82$ in group II, $25,5 \pm 1,21$ years in group III. The first group served as a comparison group. The examination was carried out in the morning at the same time in autumn.

Taking into account that workers of Ulba Metallurgical Plant (UMP) are exposed to a number of unfavourable factors of production, such as harmfulness of production, shift nature of work, high demands for work performance, basic psychophysiological functions were investigated.

Indicators of individual-typological features of the emotional sphere of personality, indicators of functional state and subjective indicators of well-being were determined using standard methods of C.D. Spielberg and Y.I. Khanin, as well as Lusher [10]. The Spielberger method was used to assess the level of personality and reactive anxiety as indicators of basic personality characteristics. The method allows us to find out the level of personal anxiety, which depends on the character traits of the tested person, the test is a reliable and informative way of self-assessment of anxiety levels.

The Lusher colour test is used to study individual typological features of the human organism, to reveal the functional state, the degree of adaptability to various situations. The test in a short time can give a deep and extensive, and free from the conscious control of the test subject, characterisation. Correlations of colour diagrams for studying mood at the moment of examination and personal character-

istics of psychoemotional sphere were considered. Three parameters were assessed by the correlation of colours – the level of stress, anxiety and vegetative balance. This method belongs to non-verbal and allows individual and group examination within a short period of time. It demonstrates the connection between constitutionally inherent properties and the type of response to environmental influences.

The strength of nervous processes is an indicator of the efficiency of nerve cells and the nervous system as a whole. A strong nervous system withstands a greater load in magnitude and duration than a weak one. To diagnose the strength of the nervous system we used the tapping test method [11]. It is based on determining the dynamics of the maximum tempo of hand movements. The experiment is carried out sequentially first with the right and then with the left hand.

Results and discussion

Nowadays it is known that when ecological conditions of human habitat change, there is a change in psychophysiological properties of a person. The study of these properties in conditions of ecological disadvantage will allow solving the problems of vocational guidance, forecasting the state of human performance and individual-psychological properties of personality. Since the basis of psychophysiological properties of a personality is formed by individual-typological features of higher nervous activity, therefore, an important issue in the study of psychophysiological properties of a person is to determine the influence of heredity and environment on the properties of different constitutional levels.

Since the test of C.D. Spielberg and Y.I. Khanin well reveals the peculiarities of states of the emotional sphere of personality and their changes in each group, the obtained results show that the level of reactive anxiety is higher in the workers of the second group by 35 % (Figure 1).

Moderate level of personal anxiety is noted in all the surveyed groups, and it is the highest in the workers of the third group. Analysis of the results shows that the level of personal anxiety exceeds reactive anxiety by 25.2%. The dynamics of indicators is characterised by a peak of moderate reactive and personality anxiety. Low reactive anxiety is most pronounced in workers of the second and third groups. Indicators of high reactive anxiety differ insignificantly in the groups. High personal anxiety prevails in the second and third groups.

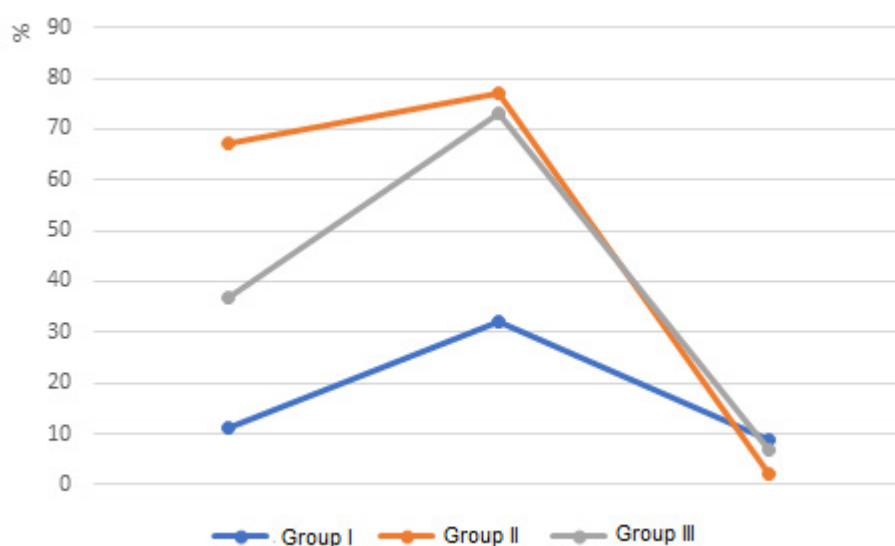


Figure 1 – Reactive anxiety level of beryllium shop workers

Along with the values of low and moderate anxiety, workers in the second and third groups have high reactive and personal anxiety, and these indicators are distributed as follows: in the second

group reactive anxiety is equal to 2.94 %, personal anxiety – 32.35%. In the third group reactive anxiety is equal to 4.76 %, personal anxiety – 28.5 % (Table 1).

Table 1 – Indicators of reactive and personality anxiety according to the test C.D. Spielberg and Y.I. Khanin in beryllium shop workers

Indicators	Age group		
	I	II	III
Reactive Anxiety:			
low	2,99±0,39	14,87±2,97	9,99±1,99
moderate	19,01±2,8	40,51±4,10	43,3±4,66
high	4,0±0,81	1,62±0,32	2,71±0,54
Personality Anxiety:			
low	3,57±0,6	3,97±0,67	2,79±0,13
moderate	16,04±0,31	34,63±6,68	36,97±0,73
high	6,38±0,1	18,43±3,68	16,24±0,32

High level of anxiety is a predisposing moment to manifestation of emotional breakdowns leading to stress. The nature of industrial stress is caused by many factors, and first of all, undoubtedly, the influence of unfavourable production conditions. High level of personal anxiety is caused by changes in somatic state of human organism and characterises personal peculiarities of individual-typological properties of personality. Most likely, changes

in the level of anxiety cause maladaptation in the psychoemotional sphere, which is reflected in other psychophysiological reactions and contributes to changes not only in the psychological state of a person, but also in other morphophysiological indicators, which forms a risk group.

Measurement of stress and balance indicators on the basis of the Lusher test showed that in the groups of examined workers of the first group and consti-

tute 35.3 % of the total number of examined workers in this group with a gradual decrease in stress data in the second and third groups. Such changes are also characteristic of the trait characterising anxiety

with a subsequent decrease in the older age groups of workers. The character of the balance indicator is characterised by increasing values with increasing age (Table 2).

Table 2 – Correlation of stress and balance according to the Lusher test in beryllium shop workers

Age group	Stress	Anxiety	Balance
I	9,17±0,45	8,39±0,41	8,65±0,43
II	13,3±0,66	11,68±0,58	31,8±1,59
III	5,33±0,26	15,96±0,79	34,66±1,73

The highest variability of the trait was observed in the balance indices in the third group of workers and makes 64.31±7.81. Lusher test in complex with other methods is currently used to assess the functional state. Assessment of balance shows good correlation of this indicator with other studied psychophysiological reactions.

The obtained results show a high percentage of workers in the first group who are stressed according to the Lusher test. The smallest percentage of workers with low stress values is observed in the

third group. The index reflecting the anxiety of the workers does not differ significantly in all the three groups examined. ‘Balance’ increases with age, as evidenced by the values of this indicator in the second and third groups.

The assessment of nervous system strength, i.e. the study of motor activity as a temperament trait, was recorded using the tapping test and characterised as follows (Table 3). In the first group, the indicators of typological properties of the nervous system are unevenly distributed.

Table 3 – Distribution of indicators by tapping test

Age group	Low	Medium	High
I	8,6±0,43	6,3±0,43	12,610,43
II	25,1311,25	18,43±0,55	13,4010,40
III	31,9910,95	18,64±0,54	5,3310,26

The second group is dominated by workers with a low rate of 44.1 per cent followed by a decrease in the rates i.e. medium rate of 32.35 per cent and high rate of 23.52 per cent.

In the third group, the highest percentage – 57.14 per cent are workers who can be classified as the group with low rate of working capacity. The group with average performance includes 33.3 %, a small percentage of 9.52 % are workers with a high rate of performance.

The analysis of the obtained results shows that in the second and third groups under study the indicators of nervous system strength are distributed unevenly with the predominance of typological properties characterising as ‘weak’ type of nervous system. This index is especially high in the workers of the third group and amounts to 57.14 % with a de-

crease in the second and first groups. The indicators of the strength of nervous activity, characterising the ‘average’ type, are characterised by a smaller scatter of data. The lowest percentage is found in workers of the first group with some increase in average values in the second and third groups. As for the indicator of the ‘strong’ type, a significant decrease in the third group (9.52 per cent) and an increase in the second (23.52 per cent) and first groups (48.46 per cent) can be noted.

Conclusion

The following conclusions were made on the basis of the conducted research: 1) psychophysiological reactions in beryllium shop workers are characterised by a slight increase in reactive anxiety

with age, a decrease in the value of 'stress' and an increase in 'balance'; 2) evaluation of the nervous system strength according to the change in the rate of motor activity shows a decrease in working capacity with age. Workers of the first group have the highest working capacity; 3) the indicators of balance coincide with the indicators of low efficiency and increased reactive anxiety. This indicates a predisposition to the occurrence of cardiovascular dis-

eases. Conflict of interest. The authors confirm the absence of conflict of interest.

Acknowledgments

This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP23489325).

References

- Filov, V. A. (2004). Berillii i ego soedineniia: okruzhaiushchaia sreda, toksikologiya, gigiena [Beryllium and its compounds: environment, toxicology, hygiene]. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*, 48(2), 76-86. (In Russian)
- Hiller, J., Naglav-Hansen, D., Drexler, H., & Göen, T. (2023). Human urinary and blood toxicokinetics of beryllium after accidental exposure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 76, 127125. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127125>
- Cooper, R. G., & Harrison, A. P. (2009). The uses and adverse effects of beryllium on health. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 13(2), 65-76. <https://doi.org/10.4103/0019-5278.55122>
- Lederer, G. W., Foley, N. K., Jaskula, B. W., & Ayuso, R. A. (2016). Beryllium—A critical mineral commodity—Resources, production, and supply chain. *U.S. Geological Survey*, (2016-3081). <https://doi.org/10.3133/fs20163081>
- Pogadaeva, A. O., & Kozhevnikova, N. Iu. (2020). Berillii i chem on opasen dlia cheloveka [Beryllium and its dangers to humans]. *Proceedings*, 101-103. (In Russian)
- Zainelova, G. Z., Sadykanova, G. E., & Kuspanova, A. A. (2023). Sostoianie psikhofiziologicheskikh pokazatelei u rabochikh tsekha kontrolno-izmeritelnykh priborov [The state of psychophysiological indicators in workers of the control and measuring instruments workshop]. *Vestnik Nauki i Obrazovaniia*, 144(3), 7-15. (In Russian)
- Dakieva, K. Zh., Sadykanova, G. E., Kumarbekuly, S., & Kalelova, G. Zh. (2022). Analiz vliianiia toksicheskikh khimicheskikh veshchestv na fiziologicheskie pokazateli eksperimentalnykh zhivotnykh [Analysis of the effect of toxic chemicals on physiological parameters of experimental animals]. *Vestnik Meditsinskikh Issledovaniia*, 70(1), 82-91. (In Russian)
- Dakieva, K. Z., Sadykanova, G. E., Tsyganov, A. P., Chursin, A. S., Sharipkhanova, A. S., & Egorina, A. V. (2023). Environmental and industrial impact on the biological systems of living organisms. *Natural and Life Sciences Communications*, 22(1), 1-18. <https://doi.org/10.12982/NLSC.2023.015>
- Anikeeva, N. A., & Lapteva, E. A. (2016). Ostorozhno – berillii! [Watch out for beryllium!]. *Vestnik Bezopasnosti i Ekologii*, 1(4), 96-97. (In Russian)
- Iuzhakov, M. M., Avdeeva, D. K., & Nguen, D. K. (2015). Obzor metodov i sistem issledovaniia emotsionalnogo stressa cheloveka [A review of methods and systems for the study of human emotional distress]. *Psikhofiziologicheskie Issledovaniia*, 2(2), 134-134. (In Russian)
- Abakumova, V. A., Gabdrakhmanova, Ch. Sh., Barkov, I. A., Litvin, V. M., & Sharipov, B. R. (2019). Realizatsiia tepping-testa beskontaktnym sposobom dlia funktsionalnoi diagnostiki [Implementation of the tapping test in a non-contact way for functional diagnostics]. *Vestnik Meditsinskikh Tekhnologii*, 22(12), 93-98. (In Russian)

Information about authors:

G.E. Sadykanova – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, 30th Gvardeiskoy Divisii Street, 34, 070002, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

S. Kumarbekuly – corresponding author, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Ecology, Seyfullin University, Zhenis ave. 62, 010000, Astana, Kazakhstan.

K.Zh. Dakieva – doctor of biological sciences, Associate Professor, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, 30th Gvardeiskoy Divisii Street, 34, 070002, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Авторлар туралы мәліметтер:

Г.Е. Садыканова – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, С. Аманжолов атындағы ШҚУ, 30-шы Гвардиялық дивизия к., 34, 070002, Өскемен, Қазақстан.

С. Құмарбекұлы – корреспонденция үшін автор, техника ғылымдарының магистрі, экология кафедрасының аға оқытушысы, С.Сейфуллин атындағы ҚазАТЗУ, Жеңіс даңғылы 62., 010000, Астана, Қазақстан.

К.Ж. Дакиева – биология ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор, С. Аманжолов атындағы ШҚУ, 30-шы Гвардиялық дивизия к., 34, 070002, Өскемен, Қазақстан.

Поступила 22 октября 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

3-бөлім
**БИОЛОГИЯЛЫҚ
АЛУАНТҮРЛІЛІКТІ САҚТАУДЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

П.В. Веселова¹, Г.М. Кудабаяева¹, Д.Ш. Абдилданов^{1,2*},
Н.В. Фризен³, И.Ю. Селютин¹, Б.Б. Осмонали¹,
З.А. Инелова², Б.К. Билибаева¹

¹ Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

² Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³ Ботанический сад Оснабрюкского университета, Оснабрюк, Германия

*e-mail: abdildanov00@mail.ru

К ИЗУЧЕНИЮ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ВЕСЕННЕЙ ФЛОРЫ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приводятся результаты мониторинга современного видового состава высших сосудистых растений особо охраняемых природных территорий, расположенных на юге Мангистауской области – Устьюртского Государственного природного заповедника и Кендерли-Каясанской государственной заповедной зоны республиканского значения. В частности, приводится карта отмеченных в процессе мониторинговых исследований 2024 г. местонахождений 2 (из 5) редких для региона видов, занесенных в Красную книгу Республики Казахстан (2014) (*Euphorbia sclerocyathium* Korov. et Popov, *Xylosalsola chiwensis* (Popov) Akhani et Roalson (= *Salsola chiwensis* Popov) и 8 (из 40) – включенных в Каталог редких и исчезающих видов растений Мангистауской области (2006) (*Salsola arbusculiformis* Drob., *Ephedra aurantiaca* Takht. et Pachom., *Zygophyllum turcomanicum* Fisch. ex Boiss., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, *H. persicum* Bunge, *Nitraria schoberi* L., *Capparis herbacea* Willd., *Tulipa sogdiana* Bunge). В перечень редких растений области предлагается внести *Isatis armena* L., встречающийся в пределах Устьюртского заповедника только в урочище Когусем, а также лекарственный вид – *Ferula foetida* (Bunge) Regel, произрастающий в песках впадины Карынжарык Кендерли-Каясанской заповедной зоны. Список заповедника дополнен антропофильным представителем семейства Brassicaceae Burnett. – *Olimarabidopsis pumila* (Stephan) Al-Shehbaz, O’Kane & R.A. Price (= *Arabidopsis pumila* (Stephan) N. Busch). Также приводятся результаты анализа опубликованных научных работ по изучению видового состава флоры Устьюртского заповедника другими авторами, проведенных за последние 20 лет. В том числе обсуждается вопрос о таксономическом объеме широко распространенного вида *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Выдвигаются предположения о произрастании на территории заповедника некоторых видов рода *Allium* L.

Ключевые слова: мониторинг, редкие виды, Устьюртский заповедник, Кендерли-Каясанская заповедная зона.

P.V. Vesselova¹, G.M. Kudabayeva¹, D.Sh. Abdildanov^{1,2*}, N.V. Friesen³,
I. Yu. Selyutina¹, B.B. Osmonali¹, Z.A. Inelova², B.K. Bilibayeva¹

¹ Institute of Botany and Phytointroduction Almaty, Kazakhstan

² Al-Farabi Kazakh National University Almaty, Kazakhstan

³ The Botanical Garden of the University of Osnabrück, Osnabrück, Germany

e-mail: abdildanov00@mail.ru

Study of species diversity of spring flora of protected areas of mangistau region

The article presents the results of monitoring of the current species composition of higher vascular plants of specially protected natural territories located in the south of Mangistau region – Ustyurt State Nature Reserve and Kenderli-Kayasan state protected area of republican significance. A map of the locations of 2 (out of 5) rare for the region species listed in the Red Data Book of the Republic of Kazakhstan (2014) (*Euphorbia sclerocyathium* Korov. et Popov, *Xylosalsola chiwensis* (Popov) Akhani et Roalson (= *Salsola chiwensis* Popov) and 8 (out of 40) – included in the Catalogue of rare and endangered plant species of Mangistau region (2006) (*Salsola arbusculiformis* Drob., *Ephedra aurantiaca* Takht. et Pachom., *Zygophyllum turcomanicum* Fisch. ex Boiss., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, *H. persicum* Bunge, *Nitraria schoberi* L., *Capparis herbacea* Willd., *Tulipa sogdiana* Bunge). *Isatis armena* L., occurring within the Ustyurt Reserve only in the Kogusem tract, is proposed to be added to the list of rare species of the

region, as well as a medicinal species – *Ferula foetida* (Bunge) Regel, growing in the sands of the Karynzharyk depression of the Kenderli-Kayasan protected area. The list of the Reserve is supplemented with an anthropophilic representative of the family Brassicaceae Burnett. – *Olimarabidopsis pumila* (Stephan) Al-Shehbaz, O’Kane & R.A. Price (= *Arabidopsis pumila* (Stephan) N. Busch). The results of analyses of published scientific works on the study of the species composition of the flora of the Ustyurt Reserve by other authors carried out over the last 20 years are also presented. Among other things, the question about the taxonomic volume of the widespread species *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. It is suggested that some species of the genus *Allium* L. grow on the territory of the reserve.

Key words: monitoring, rare species, Ustyurt reserve, Kenderli-Kayasan protected area.

П.В. Веселова¹, Г.М. Кудабаяева¹, Д.Ш. Абдилданов^{1,2*}, Н.В. Фризен³,
И.Ю. Селютина¹, Б.Б. Осмонали¹, З.А. Инелова², Б.К. Билибаева¹

¹ Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Казахстан

² Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Казахстан

³ Оснабрюк университетінің ботаникалық бағы, Оснабрюк, Германия

*e-mail: abdildanov00@mail.ru

Маңғыстау облысының қорғалатын аумағының көктемгі флорасы түр алуандығын зерттеу

Мақалада Маңғыстау облысының оңтүстігінде орналасқан ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың – Үстірт мемлекеттік табиғи қорығының және республикалық маңызы бар Кендірлі-Қайсақ мемлекеттік қорық аймағының жоғары сатыдағы өсімдіктерінің қазіргі жағдайындағы түрлік құрамы мониторингінің нәтижелері келтіріледі. Атап айтқанда, 2024 жылғы мониторингтік зерттеулер процесінде белгіленген Қазақстан Республикасының Қызыл кітабына енгізілген өңір үшін сирек кездесетін 2 (5-тен) түрдің орналасқан жерінің картасы келтіріледі (2014) *Euphorbia sclerocyathium* Korov. et Popov, *Xylosalsola chiwensis* (Popov) Akhani et Roalson (= *Salsola chiwensis* Popov) және 8 (40-тан) – Маңғыстау облысының өсімдіктердің сирек кездесетін және жойылып бара жатқан түрлерінің каталогына енгізілген (2006) (*Salsola arbusculiformis* Drob., *Ephedra aurantiaca* Takht. et Pachom., *Zygophyllum turcomanicum* Fisch. ex Boiss., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, *H. persicum* Bunge, *Nitraria schoberi* L., *Capparis herbacea* Willd., *Tulipa sogdiana* Bunge). Облыстың сирек кездесетін түрлерінің тізбесіне Үстірт қорығы шегінде тек қана Көгүсем шатқалында кездесетін *Isatis armena* L. енгізу ұсынылады, сондай-ақ дәрілік *Ferula foetida* (Bunge) Regel түрі, Кендірлі-Қайсан қорық аймағының Қарынжарық ойпатының құмдарында өседі. Қорық тізімі Brassicaceae Burnett. тұқымдасының – *Olimarabidopsis pumila* (Stephan) Al-Shehbaz, O’Kane & R.A. Price (= *Arabidopsis pumila* (Stephan) N. Busch). антропофильді өкілімен толықтырылды. Сондай-ақ Үстірт қорығы флорасының түрлік құрамын басқа авторлар соңғы 20 жылда жүргізген зерделеу жөніндегі жарияланған ғылыми жұмыстардың талдау нәтижелері келтіріледі. Оның ішінде кең таралған *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud түрінің таксономиялық көлемі туралы мәселе талқыланып жатыр. Қорық аумағында *Allium* L туысының кейбір түрлердің өсуі туралы болжамдар жасалады.

Түйін сөздер: мониторинг, сирек кездесетін түрлер, Үстірт қорығы, Кендірлі-Қаясан қорық аймағы.

Введение

Одной из основных задач научного мегапроекта ИРН: BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии» является инвентаризация видового состава объектов растительного мира Западного Казахстана, в том числе территории Мангистауской области. В 2024 г. с целью мониторинга современного состояния разнообразия высших сосудистых растений и, прежде всего, редких представителей флоры на особо охраняемых территориях

(ООПТ) этой области были выполнены ботанические изыскания.

В настоящее время на юге Мангистауской области Казахстана расположено два ООПТ, а именно Устьуртский Государственный природный заповедник (ГПЗ) и Кендерли-Каясанская государственная заповедная зона (ГЗЗ) республиканского значения.

Расположенный в Каракиянском районе Мангистауской области Устьуртский ГПЗ был создан в июле 1984 г. Его общая площадь составляет 223 342 га [1]. Заповедник был создан для сохранения пустынного природного комплекса Северного Устьурта, в том числе ряда редких видов фауны и флоры. Что касается Кендерли-Ка-

ясанской ГЗ, расположенной в западной части Устьюртского заповедника, то она была организована в марте 2001 г. Ее площадь – 1 230 290 га, что в 5,5 раза превышает площадь, собственно, Устьюртского заповедника. Создана эта заповедная зона в целях сохранения среды обитания и естественного воспроизводства дрофы-красотки и сокола-балобана.

Своеобразие видового состава флоры Устьюртского заповедника (рисунок 1 А) обуславливается разнообразием рельефа и почв этого плато. Показательными особенностями геоморфологического строения непосредственно территории заповедника являются: золотые формы рельефа, а также выровненные глинистые

пространства, сухие русла и многочисленные бессточные впадины, причем весьма обширные. Заповедник охватывает часть Западного чинка плато Устьюрт, а именно узкую причинковую полосу и Кендирлисор. При этом самая высокая точка заповедника находится в районе колодца Когусем (+340 м над ур. м.), а самая низкая — в северной части Кендерлисора (-52 м).

Кендерли-Каясанская заповедная зона включает в себя, помимо большей части впадины Карагие (-132 м ниже у.м.) и продолжающихся от нее на север высоких (до 200 м) чинков, также впадину Басгурлы, урочища Жазгурлы (рисунок 1 В) и Куанды, а также Кендерли-Каясанское плато (с песками Карынжарык).



А – Устьюртский ГПЗ
урочище Онере



В – Кендерли-Каясанский ГЗ
урочище Жазгурлы

Рисунок 1 – ООПТ Мангистауской области

Материалы и методы исследования

При выполнении исследований использовались такие ботанические методы, как: маршрутно-рекогносцировочный; эколого-систематический; эколого-географический; фитоценотический [2]. Сбор гербарного материала осуществлялся по классической методике А.К.Скворцова [3].

Определение видовой принадлежности растений проводилось на основе дихотомических

ключей флористических сводок: «Флоры Казахстана» [4], «Иллюстрированного определителя растений Казахстана» [5], «Определителя растений Средней Азии» [6]. Номенклатура таксонов выверена по POWO [7]. Карты были сделаны с помощью программы QGIS 3.34.

В 2024 г. на территорию Устьюртского заповедника (включая примыкающую к нему Кендерли-Каясанскую заповедную зону) было осуществлено два экспедиционных выезда (весенний – апрель и осенний – сентябрь) (рисунок 2).

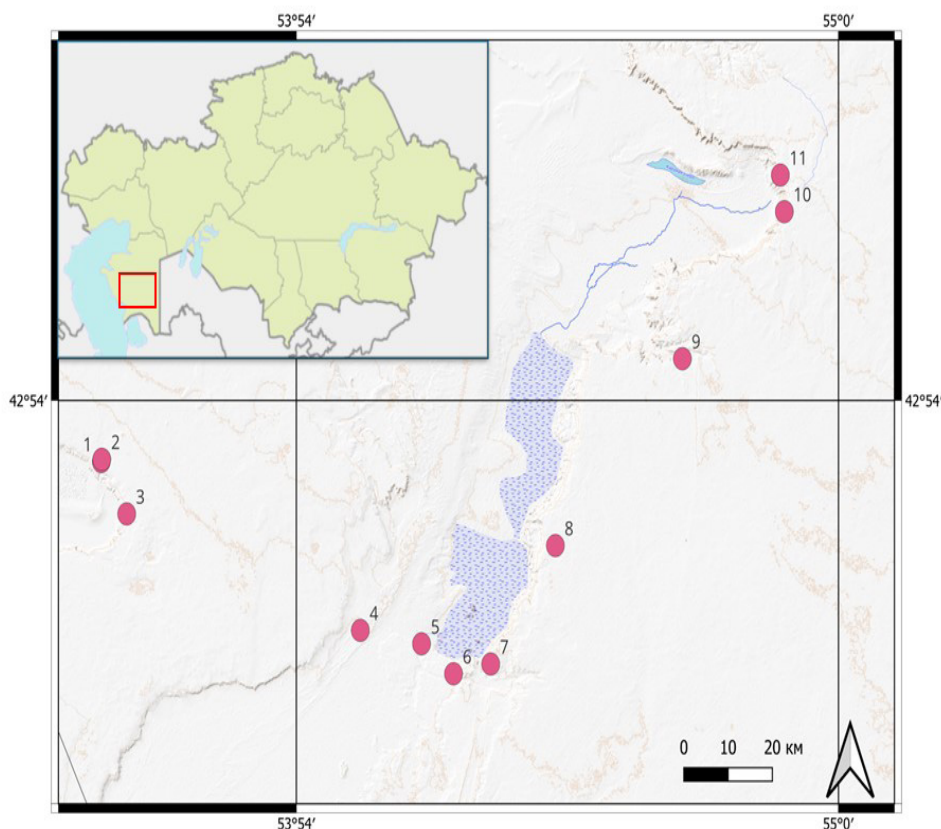


Рисунок 2 – Карта местоположения точек ботанического обследования

Результаты и их обсуждение

Поскольку основной задачей ботанических исследований в рамках мегагранта является инвентаризация ботанического разнообразия, постольку в первую очередь был проведен анализ результатов опубликованных научных работ по изучению видового состава флоры Устьюртского заповедника.

Результаты изучения флоры Устьюртского заповедника представлены в работах [1, 8-10]. Осуществляемое последовательное мониторинговое обследование территории с периодом опубликования результатов в 2-6 лет позволило детализировать (уточнить) видовой состав. Согласно опубликованным данным, на 2009 год флора заповедника насчитывала 267 видов из 43 семейств, в 2011 году численный состав был представлен 325 видами из 48 семейств, а уже в публикации 2017 года в список флористического состава включено 403 вида из 51 семейства. Таким образом, за эти годы расширен таксономический состав флоры заповедника не только на видовом, но и на семейственном уровне.

Интересно отметить, что для отдельных семейств произошли наиболее значительные количественные изменения видового состава. Так в *Chenopodiaceae* число видов изменилось с 46 (2009) до 65 (2017); в *Asteraceae* – с 39 до 52 видов; в *Brassicaceae* – с 33 до 46; в *Fabaceae* – 17 до 29. Такое значительное количественное изменение состава семейств обуславливается регулярным и целенаправленным обследованием территории заповедника в течение 8-10 лет.

Рассмотрим на примере 2 крупных семейств за счет каких видов произошло пополнение таксономического состава флоры.

Согласно последней публикации [1] по сравнению с начальными материалами обследования [8], в состав семейства *Asteraceae* добавлены виды: *Amberboa nana* (Boiss.) Iljin, *Artemisia kemrudica* Krasch., *A. santolina* Schrenk, *Cousinia prolifera* Jaub. et Spach, *Echinops ritro* Bieb., *Epilasia mirabilis* Lipsch., *Jurinea derderioides* C. Winkl, *Koelpinia tenuissima* Pavl. et Lipsch., *K. turanica* Vass., *Lagoseris macrantha* (Bunge) Iljin (*Crepis sancta* subsp. *sancta*), *Scorzonera raddeana* C. Winkl, *S. tuberosa* Pall., *S. noeanus*

Rupr., *Stemmacantha nitida* (Fisch.) Dittrich, *Takhtajianantha pusilla* (Pall.) Nasarova. Причем расширение видового состава происходит у родов, уже ранее приводимых для этой территории, а не за счет увеличения родового комплекса.

Расширение состава семейства Brassicaceae происходит за счет включения видов: *Cryptospora omissa* Botsch., *Goldbachia laevigata* (Bieb.) DC., *Litwinowia tenuissima* (Pall.) Woronow ex Pavl., *Matthiola suberba* Conti, *M. tatarica* (Pall.) DC., *Neotorularia torulosa* (Desf.) Hedge et J. Leonard., *Streptoloma desertorum* Bunge, *Strigosella grandiflora* (Bunge) Botsch., *S. intermedia* (C. A. Mey.) Botsch., *S. scorpioides* (Bunge) Botsch., *Syrenia siliculosa* (Bieb.) Andr., *Tauscheria lasiocarpa* Fisch. ex DC., *Tetracme quadricornis* (Steph.) Bunge, *T. recurvata* Bunge и др.

Для этого семейства характерно не только увеличение числа видов, но и расширение спи-

ска родов флоры заповедника. В числе большинства добавленных родов присутствуют виды, имеющие сорный характер (*Cryptospora omissa*, *Goldbachia laevigata*, *Litwinowia tenuissima*, *Strigosella intermedia*, *S. scorpioides*, *Tauscheria lasiocarpa*, *Tetracme quadricornis*, *T. recurvata*).

В этой связи следует отметить, что в процессе экспедиционных исследований 2024 г. для рассматриваемой территории выявлена географическая новинка из сем. Brassicaceae – *Olimarabidopsis pumila* (Stephan) Al-Shehbaz, O’Kane & R.A. Price (= *Arabidopsis pumila* (Stephan) N. Busch) [11] (рисунок 4). Этот восточно-древнесредиземноморский мезо-ксерофитный вид в пределах Казахстана встречается в основном в туранских пустынях, полупустынных регионах, а также в пустынных горах, предгорьях и низкогорьях Джунгарского Алатау и хребтов Тянь-Шаня.

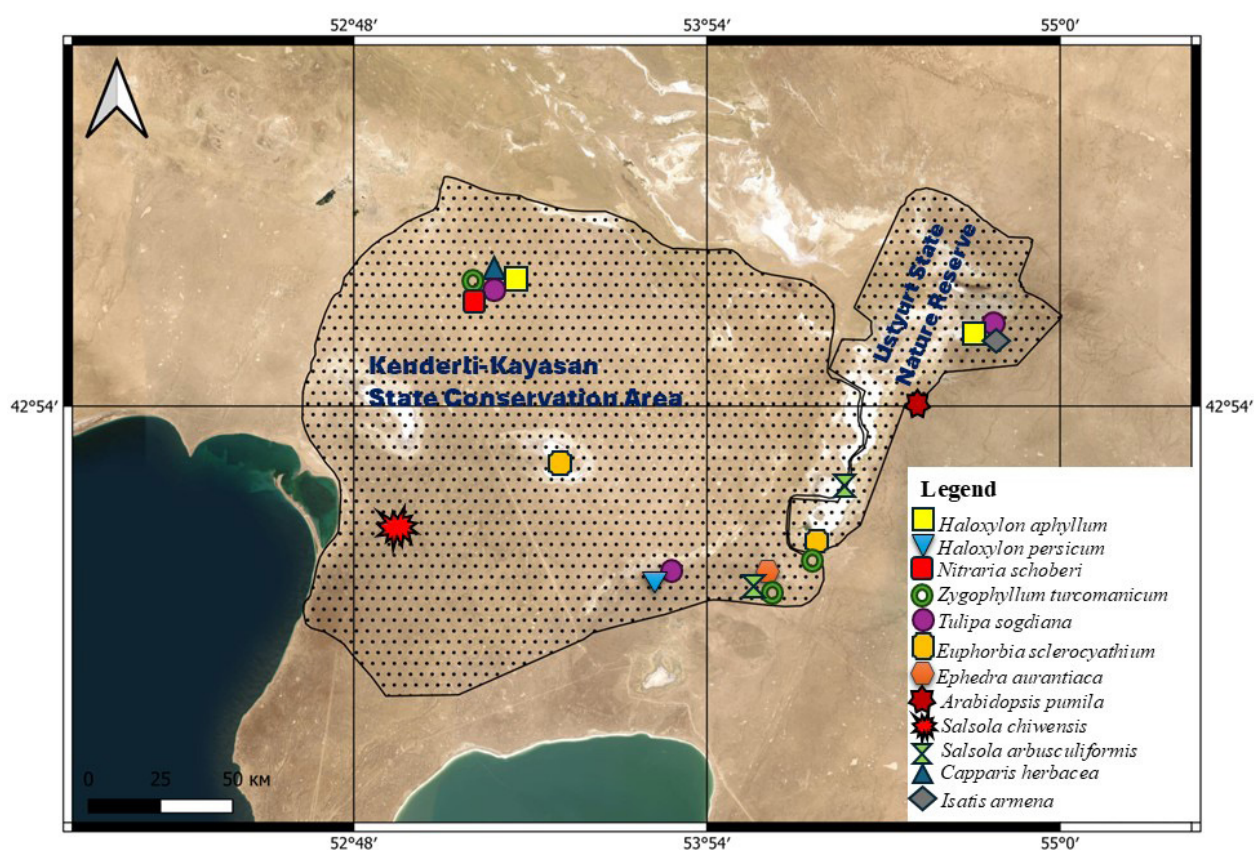


Рисунок 3 – Карта точек произрастания редких видов ООПТ Мангистауской области, отмеченных в результате исследований 2004 года

Несмотря на указание на наличие этого антропофильного вида, обладающего довольно широким распространением, на Устьюрте [12] в списки высших сосудистых растений именно Устьюртского заповедника [1] *Olimarabidopsis pumila* не попал.

Вернемся к анализу истории изучения флоры заповедника. В 2004 году был опубликован Конспект флоры Мангистауской области. Учитывая, что территория Устьюртского заповедника находится на территории области, было проведено сопоставление иерархического распределения численности наиболее крупных семейств в составе флоры области и флоры заповедника. Результаты свидетельствуют в целом об аналогичности распределения наиболее крупных таксонов по мере убывания их численности. Это касается семейств: Chenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Poaceae, Fabaceae, Boraginaceae, Caryophyllaceae, Scrophulariaceae. Однако некоторое отличие от областных показателей наблюдается во флоре заповедника по сем. Fabaceae. В составе флоры заповедника это семейство перемещается на более высокое иерархическое положение, располагаясь вслед за Brassicaceae.

Анализ видового состава высших сосудистых растений Устьюртского ГПЗ выявил необходимость решения вопроса о едином подходе к объему отдельных таксономических единиц. Речь идет о *Phragmites australis* s. l. из которого ряд авторов в качестве отдельных видов выделяют *P. flavescens* (Cust.) Hegetschw. и *P. stenophyllus* (Boiss.) Rouy. В таком же объеме эти виды рассматривают Д.Э. Нурмухамбетова с соавторами [1].

В результате изучения литературных источников, гербарного материала и, согласно собственным наблюдениям, мы пришли к выводу, вслед за рядом авторов [13-15], что необходимы дополнительные исследования (в том числе и молекулярно-генетические) для того, чтобы подтвердить видовую самостоятельность двух таксонов рода *Phragmites*. Так, *Ph. flavescens* во многом сходен с *Ph. australis* (Cav.) Trin ex Steud., отличаясь от него сначала светло-буроватыми, а затем светло-желтыми метелками и обычной приуроченностью к засоленным местообитаниям. *Ph. stenophyllus* часто принимается за галофильный экотип *Ph. australis*.

Весенний мониторинг видового состава флоры высших сосудистых растений обоих ООПТ позволил подтвердить произрастание на их территории в целом не менее 50 видов, относящихся

к группе эфемеров (рис. 4 А. *Gagea kunawurensis* (Royle) Greuter (*Gagea ova* Stapf) [16]) и эфемероидов (рис. 4 В. *Megacarpaea megalocarpa* (Fisch. ex DC.) Schischk. ex B. Fedtsch. [17-18], *Ferula foetida* (Bunge) Regel), включая редкие для Мангистауской области [19] (рис. 4 С. *Tulipa sogdiana*) и Казахстана (рис. 4 D. *Euphorbia sclerocyathium*) виды. Всего же во время весенней экспедиции в ООПТ Мангистауской области было зафиксировано 122 высших сосудистых растений (Кендерли-Каясанский ГЗЗ – 30 видов и Устьюртский ГПЗ – 92). В период осенних изысканий на территории Кендерли-Каясанской ГЗЗ было отмечено новое местонахождение *Salsola chiwensis* [20], также включенного в республиканскую Красную книгу [21] и указываемого ранее только для Устьюртского ГПЗ (рис. 4 Е).

В результате ботанических изысканий на территории ООПТ Мангистауской области:

- в пределах Устьюртского ГПЗ были отмечены следующие редкие виды высших сосудистых растений: *Euphorbia sclerocyathium* – Красная книга Казахстана [21]; *Haloxylon aphyllum*, *Tulipa sogdiana*, *Zygophyllum turcomanicum* – Каталог редких и исчезающих видов растений Мангистауской области [19].

- в пределах Кендерли-Каясанской ГЗЗ также были отмечены редкие виды: *Salsola chiwensis* и *Euphorbia sclerocyathium* [21]; *Salsola arbusculiformis*, *Capparis herbacea*, *Tulipa sogdiana*, *Zygophyllum turcomanicum*, *Nitraria schoberi*, *Ephedra aurantiaca* [19].

При посещении урочища Когусем был зафиксирован встречающийся только в пределах Устьюртского заповедника *Isatis armena* L. (= *Sameraria bidentata* Botsch.) [1, 22]. Этот вид является весьма редким и встречается, как правило, по сухим руслам временных водотоков. Интересно, что до сих пор южнее указанного местообитания он не найден ни во флоре Туркмении, ни во флоре Узбекистана. Между тем *Isatis armena* указывается для флор большинства стран юго-западной Палеарктики (Афганистана, Ирана, Ирака, Пакистана, Сирии, Палестины, Израиля и др.) [22-23]. В 2022 г. Д. Германом вайда армянская была впервые приведена для территории России («... Ростовская область ...») [24] и соответственно флоры Европы в целом. Таким образом, по крайней мере сейчас можно предполагать дизъюнкцию в распространении этого вида вайды. Учитывая вышесказанное, предлагаем внести *Isatis armena* L. (рис. 5А) в перечень редких видов области.

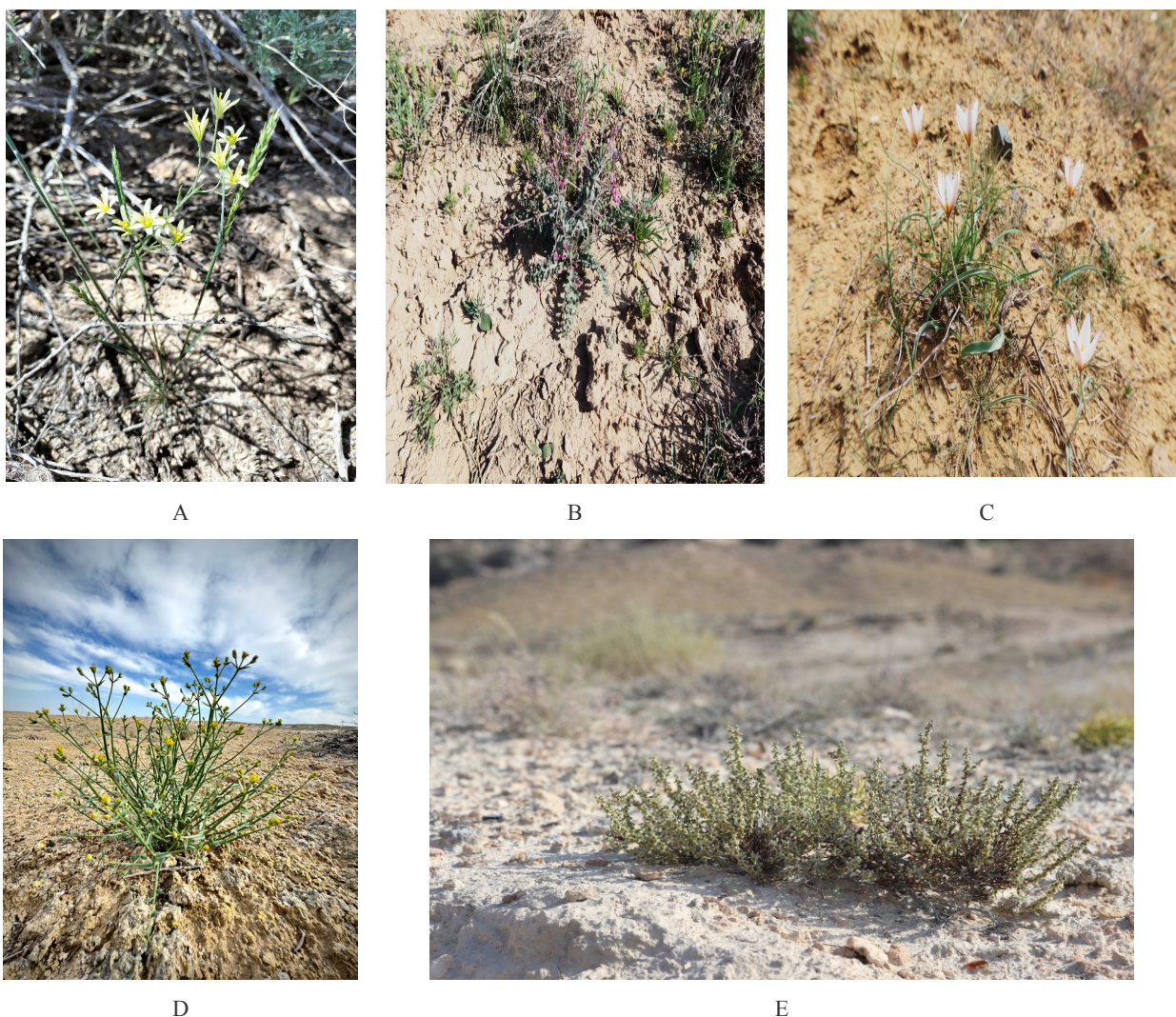


Рисунок 4 – Высшие сосудистые растения флоры ООПТ Мангистауской области
 А – *Gagea kunawurensis*, В – *Megacarpaea megalocarpa*, С – *Tulipa sogdiana*,
 D – *Euphorbia sclerocyathium*, E – *Salsola chiwensis*

Кроме того, считаем необходимым внести в список редких растений области, встречающийся только в южной части Казахстана хозяйственно ценный (лекарственный) и активно заготавливаемый на неохраемых территориях псаммофитный вид – ферулу вонючую (*Ferula foetida*) (рис. 5В).

По данным Каталога редких и исчезающих видов Мангистауской области [19] только на Мангышлаке и в Южном Устьрте встречается сокращающийся вид *Allium rubellum* M.Bieb. (*Allium albanum* Grossh.), со статусом 3(R), име-

ющий разорванный ареал. Данный вид на Северном Устьрте был зафиксирован у поселка Бейнеу: «волнистая равнина, склон к солончаку (45.426810, 56.003603); серо-бурые, суглинистые почвы (45.427993, 55.220273)» [19]. Так как местообитания со схожими экологическими условиями произрастания достаточно часто встречаются в пределах изучаемых ООПТ вполне закономерно было бы предположить, что *Allium rubellum* может быть встречен, как на территории Устьртского ГПЗ, так и Кендерли-Каясанской ГЗЗ.



А



В

Рисунок 5 – Виды, предлагаемые для включения в перечень редких видов области
А – *Isatis armena*, В – *Ferula foetida*

Следует отметить и высокую вероятность нахождения в пределах описываемых ООПТ и такого представителя рода *Allium* L., как *A. borszczowii* Regel, произрастающего обычно в песчаных степях и пустынях, на пестроцветных породах и шлейфах мелкосопочника. По данным этикеток коллекционных образцов Гербария (АА) этот вид лука встречается на сопредельных с исследуемыми территориях («Западный чинк Усть-Урта, на наносных щебнистых глинах 03.05.1926. Русанов Ф.Н.; Адаевский у. Мангышлак между р. Чага и меловым делювием горы Айракты. 05.06.1926. Спиридонов М.Д.). Однако, чтобы достоверно указывать принадлежность *Allium rubellum* и *A. borszczowii* к флоре, например Устьюртского заповедника, нужны дальнейшие исследования их видового состава.

Закключение

Таким образом, результаты мониторинговых и аналитических исследований видового состава высших сосудистых растений территорий ООПТ Мангистауской области позволили:

- выявить новый для Устьюртского заповедника вид;
- выявить новые местонахождения редких видов для области и Казахстана в целом, как на территории заповедника, так Кендерли-Каясанской зоны;
- выявить и предложить к внесению в список редких растений области новые виды (*Isatis armena* и *Ferula foetida*);
- расширить список видов, перспективных к поиску их находений на изучаемой территории (*Allium rubellum* и *A. borszczowii*);
- критически взглянуть на количество приводимых таксономических единиц для территории Устьюртского ГПЗ.

Финансирование

Работа выполнена в рамках грантового финансирования на 2023–2025 гг. № BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии».

Литература

1. Нурмухамбетова Д.Э., Лактионов А.П., Пилипенко В.Н., Нурмухамбетов Ж.Э. Флора Устьюртского природного заповедника (Конспект флоры) Астана – 2017. – 182 с.
2. Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижииков, Н.А. Антипин. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.
3. Скворцов А. К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – 1977. – 199 с.
4. Флора Казахстана. – Алма-Ата, 1956-1966. – ТТ.1-9.
5. Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1969-1972. – Т.1-2.
6. Определитель растений Средней Азии. – Ташкент, 1968-1993. – Т. 1–11.
7. POWO (<https://powo.science.kew.org>) [accessed 20 January 2025].
8. Лактионов, А. П., Бобров, А. А., Местерази, А., Мещерякова, Н. О., Нурмухамбетова, Д. Э., Пифко, Д. Новые, критические и редкие таксоны во флоре Северного и Восточного Прикаспия. Естественные науки – 2013, (3), 016-022 р.
9. Pavlichenko L. M., Yespolayeva A. R., Aktymbayeva A. S. Concentrations of heavy metals in the vegetation and soils of Mangistau region //European journal of natural history. – 2017. – №. 3. – P. 61-64.
10. Koshim A. G. Sergeyeveva, A. M., Bexeitova, R. T., Aktymbayeva, A. S. Landscape of the Mangystau region in Kazakhstan as a geomorphotourism destination: a geographical review //Geo Journal of Tourism and Geosites. – 2020. – Vol. 29. – №. 2. – P. 385-397.
11. Jin Y. et al. Identification of reliable reference genes for qRT-PCR in the ephemeral plant *Arabidopsis pumila* based on full-length transcriptome data //Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9. – №. 1. – P. 8408. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44849-1>
12. Сафронова И.Н. Пустыни Мангышлака (очерк растительности). – СПб., 1996. – 211 с.
13. Цвелёв Н.Н. О родах Тростник (*Phragmites* Adans.) и Змеёвка (*Cleistogenes* Keng.) семейства злаков (Poaceae) в России. Новости систематики высших растений, 2011. – Т. 43.– С. 30-44.
14. Цвелёв Н.Н., Пробатова Н.С. Злаки России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019.– 646 с.
15. Clayton W.D., Vorontsova M.S., Harman K.T. and Williamson, H. (2006 onwards). GrassBase – The Online World Grass Flora. <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>. [accessed 08 January 2025].
16. Lin M. Qiu, J., Xie, K., & Tan, D. Palynological features and taxonomic significance for 16 species of *Gagea* (Liliaceae) from Xinjiang, China //PhytoKeys. – 2023. – Vol. 225. – P. 53. Doi: 10.3897/phytokeys.225.101518
17. Zhang, Z., Shi, X., Tian, H., Qiu, J., Ma, H., & Tan, D. Complete Chloroplast Genome of *Megacarpaea megalocarpa* and Comparative Analysis with Related Species from Brassicaceae //Genes. – 2024. – Vol. 15. – №. 7. – P. 886. <https://doi.org/10.3390/genes15070886>.
18. Nikolov L.A., Shushkov P., Nevado B., Gan, X., Al-Shehbaz I.A., Filatov D., Bailey C.D., Tsiantis M. Resolving the Backbone of the Brassicaceae Phylogeny for Investigating Trait Diversity. New Phytol. 2019, 222, 1638–1651. <https://doi.org/10.1111/nph.15732>.
19. Государственный кадастр растений Мангистауской области. Каталога редких и исчезающих видов растений Мангистауской области (Красная книга). – Алматы, 2006. – 44 с.
20. Rakhimova N. K. Rakhimova, T., Shomurodov, K. F., & Sharipova, V. K. The status of coenopopulations of *Xylosalsola chiwensis* (Popov) Akhani & Roalson and *Scorzonera bungei* Krasch. & Lipsch. on the Ustyurt plateau (Uzbekistan) //Arid ecosystems. – 2023. – Т. 13. – №. 2. – С. 189-195. DOI: .1134/S2079096123020117.
21. Красная книга Казахстана. Растения – Астана, TOO «AptPrintXXI», 2014. – Vol. 2. – 452 p.
22. Fragman-Sapir O., Taifour H., Ziffer-Berger J. *Isatis armena* (Brassicaceae), New For Flora Palaestina //Polish Botanical Journal. – 2015. – Vol. 60. – №. 2. – P. 301-303. DOI: 10.1515/pbj-2015-0020.
23. Noori M., Nezamabadi A. R. Comparative epidermal leaf anatomy of some Brassicaceae with emphasis on its systematic implication //Journal of Wildlife and Biodiversity. – 2023. – Vol. 7. – №. 2. – P. 45-57 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6514835>.
24. Moazzeni H., Zarre S., Maroofi H. *Isatis* L. (Brassicaceae) in Iran: A new record and a new synonym //Turkish Journal of Botany. – 2008. – Vol. 32. – №. 3. – P. 243-247.
25. Herman D. A. New records and deletions of Cruciferae for Russia and some neighbouring countries //Turczaninowia. – 2022. – Vol. 25. – №. 1. – P. 146-152. DOI:10.14258/turczaninowia. 25.1.14.

References

1. Nurmukhambetova D.E., Laktionov A.P., Pilipenko V.N., Nurmukhambetov J.E. Flora of the Ustyurt Nature Reserve (Flora Prospectus) Astana – 2017 – 182 p.
2. Ramensky L.G. Ecological assessment of fodder lands by vegetation cover / L.G. Ramensky, I.A. Tsatsenkin, O.N. Chizhikov, N.A. Antipin. – Moscow: Selkhozgiz, 1956. – 472 p.
3. Skvortsov A. K. Herbarium. Manual on methodology and technique. – 1977. – 199 p.
4. Flora of Kazakhstan. – Alma-Ata, 1956-1966. – Vol.1-9.
5. Illustrated identifier of plants of Kazakhstan. – Alma-Ata: Nauka, 1969-1972. – Vol.1-2.
6. Determinator of plants of Central Asia. – Tashkent, 1968-1993. – Vol. 1-11
7. POWO (<https://powo.science.kew.org>) [accessed 20 January 2025].
8. Laktionov, A. P., Bobrov, A. A., Mesterazi, A., Meshcheryakova, N. O., Nurmukhambetova, D. E., Pifko, D. New, critical and rare taxa in the flora of the Northern and Eastern Caspian Sea. Natural Sciences – 2013, (3), 016-022.

9. Pavlichenko L. M., Yespolayeva A. R., Aktymbayeva A. S. Concentrations of heavy metals in the vegetation and soils of Mangistau region //European journal of natural history. – 2017. – №. 3. – P. 61-64.
10. Koshim A. G. Sergeeva, A. M., Bexetova, R. T., Aktymbayeva, A. S. Landscape of the Mangystau region in Kazakhstan as a geomorphotourism destination: a geographical review //Geo Journal of Tourism and Geosites. – 2020. – Vol. 29. – №. 2. – P. 385-397.
11. Jin Y. et al. Identification of reliable reference genes for qRT-PCR in the ephemeral plant *Arabidopsis pumila* based on full-length transcriptome data //Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9. – №. 1. – P. 8408. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44849-1>.
12. Safronova I.N. Deserts of Mangyshlak (sketch of vegetation). SPb., 1996.– 211 p.
13. Tsvelevlev N.N. About genera Reed (*Phragmites* Adans.) and Serpentine (*Cleistogenes* Keng.) of the family of cereals (Poaceae) in Russia. *Novosti sistematika of higher plants*, 2011. – Vol. 43. – P. 30-44.
14. Tsvelevlev N.N., Probatova N.S. Grains of Russia. Moscow: Partnership of scientific publications KMK, 2019.–646 p.
15. Clayton W.D., Vorontsova M.S., Harman K.T. and Williamson H. (2006 onwards). GrassBase – The Online World Grass Flora. <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>. [accessed 08 January 2025].
16. Lin M., Qiu, J., Xie, K., & Tan, D. Palynological features and taxonomic significance for 16 species of *Gagea* (Liliaceae) from Xinjiang, China //PhytoKeys. – 2023. – Vol. 225. – P. 53. Doi: 10.3897/phytokeys.225.101518
17. Zhang Z., Shi X., Tian H., Qiu J., Ma H., & Tan D. omplete Chloroplast Genome of *Megacarpaea megalocarpa* and Comparative Analysis with Related Species from Brassicaceae //Genes. – 2024. – Vol. 15. – №. 7. – P. 886. <https://doi.org/10.3390/genes15070886>
18. Nikolov, L.A., Shushkov, P., Nevado, B., Gan, X., Al-Shehbaz, I.A., Filatov, D., Bailey C.D., Tsiantis M. Resolving the Backbone of the Brassicaceae Phylogeny for Investigating Trait Diversity. *New Phytol.* 2019, 222, 1638–1651. <https://doi.org/10.1111/nph.15732>.
19. State cadastre of plants of Mangistau oblast. Catalog of rare and endangered plant species of Mangistau oblast (Red Book). – Almaty, 2006. – 44 p.
20. Rakhimova N. K. Rakhimova, T., Shomurodov, K. F., & Sharipova, V. K. The status of coenopopulations of *Xylosalsola chiuensis* (Popov) Akhani & Roalson and *Scorzonera bungei* Krasch. & Lipsch. on the Ustyurt plateau (Uzbekistan) //Arid ecosystems. – 2023. – Vol. 13. – №. 2. – P. 189-195. DOI: .1134/S2079096123020117
21. Red Book of Kazakhstan. Plants – Astana, AptPrintXXI LLP, 2014. – Vol. 2. – 452 p.
22. Fragan-Sapir O., Taifour H., Ziffer-Berger J. *Isatis armena* (Brassicaceae), New For Flora Palaestina //Polish Botanical Journal. – 2015. – Vol. 60. – №. 2. – P. 301-303. DOI: 10.1515/pbj-2015-0020
23. Noori M., Nezamabadi A. R. Comparative epidermal leaf anatomy of some Brassicaceae with emphasis on its systematic implication //Journal of Wildlife and Biodiversity. – 2023. – Vol. 7. – №. 2. – P. 45-57 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6514835>.
24. Moazzeni H., Zarre S., Maroofi H. *Isatis* L. (Brassicaceae) in Iran: A new record and a new synonym //Turkish Journal of Botany. – 2008. – Vol. 32. – №. 3. – P. 243-247.
25. Herman D. A. New records and deletions of Cruciferae for Russia and some neighbouring countries //Turczaninowia. – 2022. – Vol. 25. – №. 1. – P. 146-152. DOI:10.14258/turczaninowia.25.1.14

Авторлар туралы мәліметтер

Веселова П.В. – биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитоинтродукция институты Жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының меңгерушісі, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3903-6276>, электрондық пошта: pol_ys@mail.ru;

Құдабаева Г.М. – биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитоинтродукция институты Жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7315-4033>, электрондық пошта: kgt_anita@mail.ru;

Абдильданов Д.Ш. – Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультетінің биоалуантүрлік және биоресурстар кафедрасы геоботаника мамандығының докторанты, Тимирязева көш., 71, Алматы, Қазақстан; Ботаника және фитоинтродукция институты жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0681-5468>, электрондық пошта: abdildanov00@mail.ru;

Фризен Н.В. – биология ғылымының докторы, профессор, Оснабрюк ботаникалық бағы, Оснабрюк университеті, Альбрехтштрассе 29, 49076, Оснабрюк, Германия; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3547-3257>, электрондық пошта: nfriesen@uni-osnabrueck.de.

Селютина И.Ю. – биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитоинтродукция институты Жоғары өсімдіктер флорасы зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5032-2065>, электрондық пошта: selyutina.inessa@mail.ru

Осмонали Б.Б. – PhD Өсімдіктер әлемі кадастры зертханасының меңгерушісі, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3060-8597>, электрондық пошта: be96ka_kz@mail.ru.

Инелова З.А. – биология ғылымдарының кандидаты, профессор Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультетінің биоалуантүрлік және биоресурстар кафедрасы, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8778-5848>, электрондық пошта: zarina.inelova@kaznu.edu.kz.

Билибаева Б.К. – магистр, Ботаника және фитоинтродукция институты дендрология зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Тимирязева көш., 36 Д, Алматы, Қазақстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5144-028X>, электрондық пошта: botik_86@mail.ru.

Information about authors:

Vesselova P.V. – Candidate of Biological Sciences (c. sc), head of the Laboratory of flora of higher plants RSE REM “Institute of Botany and Phytointroduction” FWC MENR RK, Timiryazev street, 36 “D”, 050040, Almaty, Kazakhstan; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3903-6276>, e-mail pol_ves@mail.ru.

Kudabayeva G.M. – Candidate of Biological Sciences (C. Sc), Leading Researcher, Laboratory of Higher Plant Flora, RSE REM “Institute of Botany and Phytointroduction” FWC MENR RK, Timiryazev street, 36 “D”, 050040, Almaty, Kazakhstan; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7315-4033>, e-mail: kgm_anita@mail.ru.

Abdildanov D.Sh. – Phd doctoral student, Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Timiryazeva 71, 050040, Almaty, Kazakhstan; Junior Researcher at the Laboratory of Higher Plant Flora, RSE REM “Institute of Botany and Phytointroduction” FWC MENR RK, Timiryazev street, 36 “D”, 050040, Almaty, Kazakhstan; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0681-5468>, e-mail: abdildanov00@mail.ru;

Friesen N.V. – Doctor of biological sciences (D.Sc.), Professor, Botanical Garden, University of Osnabrück, Albrechtstrasse 29, 49076, Osnabrück, Germany; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3547-3257>, e-mail: nfriesen@uni-osnabrueck.de.

Selyutina I.Yu. – Candidate of Biological Sciences, Institute of Botany and Phytointroduction, leading researcher of the Laboratory of Higher Plant Flora, Timiryazeva St., 36 D, Almaty, Kazakhstan; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5032-2065>, e-mail: selyutina.inessa@mail.ru

Osmonali B.B. – PhD Head of the Plant World Cadastre Laboratory, 36 D, Timiryazeva St., Almaty, Kazakhstan; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3060-8597>, e-mail: be96ka_kz@mail.ru

Inelova Z.A. – Candidate of Biological Sciences, Department of Biodiversity and Bioresources of the Faculty of Biology and Biotechnology of KazNU named after Professor Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8778-5848>, e-mail: zarina.inelova@kaznu.edu.kz

Bilibayeva B.K. – master, junior researcher of dendrology laboratory, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 D, Timiryazeva St., Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5144-028X>, e-mail: botik_86@mail.ru

Поступила 29 ноября 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

М.С. Курманбаева¹ , Д.Э. Карабалаева^{1,*} ,
М.Ж. Жумагул^{1,2,3} , А.Б. Құсманғазин¹ 

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

² Международный университет Астана, Астана, Казахстан

³ Астанинский ботанический сад, Астана, Казахстан

*e-mail: dina.20.1996@mail.ru

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ВИДА *TROLLIUS DSCHUNGARICUS* REGEL ВО ФЛОРЕ ХРЕБТА КЕТПЕН КУНГЕЙСКОГО АЛАТАУ

Статья посвящена исследованию современного состояния двух популяций вида *Trollius dschungaricus* Regel, встречающихся во флоре Кетпенского ущелья Кунгейского Алатау. В работе представлены таксономический, экологический и географический анализ флористического состава популяций этого вида.

Флористический состав популяций *T. dschungaricus* включает 73 вида растений, относящихся к 61 роду и 25 семействам. Наибольшее количество видов представлено семействами *Poaceae* (злаковые) – 15 видов, *Asteraceae* (сложноцветные) – 14 видов, *Chenopodiaceae* (маревые) – 9 видов, *Fabaceae* (бобовые) – 7 видов, *Lamiaceae* (губоцветные) – 4 вида, *Rosaceae* (розоцветные) – 3 вида, а также *Ranunculaceae* (лютиковые) и *Berberidaceae* (барбарисовые), по 2 вида каждое, другие приведенные семейства включают лишь по одному виду.

Анализ возрастной структуры популяций *T. dschungaricus* в Кетпенском ущелье показал их стабильное состояние, при этом преобладает группа виргинильных и генеративных растений. Доля проростков в исследуемых популяциях сравнительно невелика, составляя от 2 до 9 %. В обеих популяциях преобладают генеративные особи, а иматурные растения представлены в небольшом проценте. Это связано с недостаточным семенным возобновлением за последние годы и быстрым переходом иматурных растений в виргинильное состояние. При этом в популяциях отсутствуют старые, сенильные растения.

На жизнеспособность особей *T. dschungaricus* в популяциях в первую очередь влияет тип местообитания. Исследованная возрастная структура свидетельствует о хорошем состоянии популяций, обитающих в горно-луговых и разнотравных фитоценозах Кетпенского хребта Кунгейского Алатау.

Ключевые слова: Купальница джунгарская, популяция, хребет Кетпен, возрастная структура, флористический состав.

M.S. Kurmanbayeva¹, D.E. Karabalayeva^{1,*},
M.Zh. Zhumagul^{1,2,3}, A.B. Kusmangazinov¹

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

² Astana International University, Astana, Kazakhstan

³ Astana Botanical Garden, Astana, Kazakhstan

*e-mail: dina.20.1996@mail.ru

Assessment of the current status of the populations of *Trollius Dschungaricus* Regel in the flora of the Ketpen ridge of the Kungey Alatau

The article is dedicated to the study of the current status of two populations of *Trollius dschungaricus* Regel found in the flora of the Ketpen Gorge of the Kungey Alatau. The work presents a taxonomic, ecological, and geographical analysis of the floristic composition of these populations.

The floristic composition of the *T. dschungaricus* populations includes 73 plant species belonging to 61 genera and 25 families. The largest number of species is represented by the families *Poaceae* with 15 species, *Asteraceae* with 14 species, *Chenopodiaceae* with 9 species, *Fabaceae* with 7 species, *Lamiaceae* with 4 species, *Rosaceae* with 3 species, as well as *Ranunculaceae* and *Berberidaceae* with 2 species each. The remaining families are represented by one species.

An analysis of the age structure of the *T. dschungaricus* populations in Ketpen Gorge showed their stable condition, with a predominance of virginile and generative plants. The proportion of seedlings in

the studied populations is relatively small, ranging from 2 to 9%. In both populations, generative individuals dominate, while immature plants are represented in small percentages. This is due to insufficient seed regeneration in recent years and the rapid transition of immature plants to the virginile stage. At the same time, there are no old, senile plants in the populations.

The viability of *T. dschungaricus* individuals in the populations is primarily influenced by the type of habitat. The studied age structure indicates the good condition of populations living in the mountain meadows and mixed herbaceous phytocenoses of the Ketpen Ridge of the Kungey Alatau.

Key words: *Trollius dschungaricus*, population, Ketpen Ridge, age structure, floristic composition.

М.С. Курманбаева¹, Д.Э. Карабалаева^{1*},
М.Ж. Жумагул^{1,2,3}, А.Б. Құрманғазин¹

¹ Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

² Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

³ Астана ботаникалық бағы, Астана, Қазақстан

*e-mail: dina.20.1996@mail.ru

Күнгей Алатауы Кетпен жотасының флорасындағы *Trollius Dschungaricus* Regel түрінің қазіргі жағдайын бағалау

Мақала Күнгей Алатауының Кетпен жотасының флорасында кездесетін *Trollius dschungaricus* Regel түрінің екі популяциясының қазіргі жағдайын зерттеуге арналған. Жұмыста осы түрдегі популяциялардың флористикалық құрамына таксономиялық, экологиялық және географиялық талдау ұсынылған.

T. dschungaricus популяцияларының флористикалық құрамына 61 туысқа және 25 тұқымдасқа жататын өсімдіктердің 73 түрі кіреді. Түрлердің ең көп саны *Poaceae* (Астық) тұқымдасына жататын – 15 түр, *Asteraceae* (күрделігүлділер) – 14 түр, *Chenopodiaceae* (алабота) – 9 түр, *Fabaceae* (бұршақ) – 7 түр, *Lamiaceae* (ерінгүлділер) – 4 түр, *Rosaceae* (паушангүлділер) – 3 түр, сондай-ақ *Ranunculaceae* (сарғалдақтар) және *Berberidaceae* (бөріқарақаттар), әрқайсысы 2 түрден кездеседі. Қалған тұқымдастар бір түрмен ұсынылған.

Кетпен жотасындағы *T. dschungaricus* популяцияларының жастық құрылымын талдау олардың тұрақты күйін көрсетті, виргинилді және генеративті өсімдіктер тобы басым болды. Зерттелетін популяциялардағы көшеттердің үлесі салыстырмалы түрде аз, 2-ден 9%-ға дейін. Екі популяцияда да генеративті даралар басым, ал иматуралық өсімдіктер аз пайызбен ұсынылған. Бұл соңғы жылдардағы тұқымның жеткіліксіз жаңаруына және иматураланған өсімдіктердің виргинилді күйіне тез ауысуына байланысты. Сонымен қатар, популяцияларда ескі, сенильді өсімдіктер жоқ.

Популяциялардағы *T. dschungaricus* дараларының өміршеңдігіне ең алдымен тіршілік ету ортасының түрі әсер етеді. Зерттелген жас құрылымы Күнгей Алатауы Кетпен жотасының таулы-шалғынды және түрлі шөпті фитоценоздарында мекендейтін популяциялардың жақсы жай-күйін көрсетеді.

Түйін сөздер: Жоңғар күнгелді, популяция, Кетпен жотасы, жастық құрылымы, флоралық құрамы.

Введение

Семейство *Ranunculaceae* (Лютиковые) включает около 50 родов и более 2 000 видов. Эти растения отличаются разнообразием форм и сред обитания, встречаются преимущественно в умеренных и субтропических зонах, но некоторые виды также произрастают в тропиках. В состав семейства входят различные роды, включая род *Trollius*, который, согласно базе POWO, насчитывает 40 признанных видов.

T. dschungaricus относится к роду *Trollius* L. (семейство *Ranunculaceae*). В род *Trollius* были объединены роды *Hegemone* и *Megaleranensis* [1]. В настоящее время род *Trollius* включает

около 40 видов, распространенных в нетропических регионах Северного полушария [4]. На территории Казахстана произрастает 5 видов рода *Trollius* L.: *Trollius dschungaricus* Regel, *Trollius altaicus* C.A. Mey., *Trollius asiaticus* L., *Trollius lilacinus* Bunge, *Trollius micranthus* (Winkl. et Kom.) Pachom [2-3].

Растет в поясе хвойных и лиственных лесов, а также на альпийских лугах до высоты 3800 м над уровнем моря. Встречается в Джунгарском Алатау, Заилийском и Кунгейском Алатау, Кетпенском хребте, Терскей Алатау, Киргизском Алатау и Западном Тянь-Шане. Область общего распространения включает Среднюю Азию (восточные горы) и Западный Китай.

Виды рода *Trollius* являются ценными лекарственными растениями [4]. Их фитохимический состав имеет большое значение благодаря наличию различных биоактивных соединений с потенциальными фармакологическими применениями. Эти соединения включают бензоатные эфиры, флавоноиды, дитерпены и 1-арил-изохроман, которые, как было показано, обладают противораковыми, антибактериальными, противогрибковыми, противовоспалительными и антиоксидантными свойствами [5-6].

Наличие этих соединений, особенно в цветках видов рода *Trollius*, делает их ценными для традиционной китайской медицины. Здесь они используются для лечения респираторных инфекций и других заболеваний [7].

Полифенолы, включая флавоноиды и фенольные кислоты, являются одной из наиболее изученных групп химических соединений, обладающих широким спектром биологической активности. Наиболее подробно изученным свойством этих соединений является их антиоксидантное действие, которое играет важную роль в медицине и профилактике, в частности в борьбе с опухолями, дегенеративными заболеваниями и процессами старения.

Ученые по всему миру продолжают искать новые и эффективные растительные источники полифенольных соединений. Виды рода *Trollius* богаты полифенольными соединениями, особенно флавоноидными С-гликозидами, которые встречаются в растительном мире довольно редко [8-9].

Исследования показали, что флавоноиды являются основными компонентами растений рода *Trollius*, и именно они обуславливают противовоспалительную и противовирусную активность [10]. Эти растения богаты химическими соединениями, в частности флавоноидами, которые привлекли значительное внимание благодаря своим антибактериальным и противовирусным свойствам.

Современные фармацевтические исследования показывают, что растения рода *Trollius* содержат алкалоиды, флавоноиды, органические кислоты и другие химические компоненты, обладающие противовоспалительным, противовирусным и антибактериальным действием. Особенно в контексте антибактериальной активности растения рода *Trollius* проявляют ингибирующий эффект в отношении различных бактерий, таких как *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Streptococcus pneumoniae* [11].

Известно, что эти виды способны образовывать внутри- и межвидовые гибриды. Определение видовой чистоты является важным аспектом сохранения биоразнообразия и интродукции лекарственных растений. Однако исследования, посвященные гибридизации и распределению признаков, проводятся крайне редко.

Современное состояние видов рода *Trollius* в Казахстане изучено недостаточно, и для мониторинга их распространения и оценки состояния популяций необходимы комплексные исследования. Изученные виды обладают уникальными характеристиками, такими как естественная гибридизация, декоративная ценность и лекарственные свойства. Таким образом, данное исследование не только расширяет наши знания о роде *Trollius*, но и вносит вклад в сохранение его разнообразия и использование в медицине.

Вид рода *Trollius*, купальница джунгарская (*T. dschungaricus*), – многолетнее травянистое растение. Хозяйственное значение – весьма декоративное, требует испытаний в культуре. *T. dschungaricus* встречается в горах Центральной Азии, в частности, в Казахстане.

Ареал и экология: *T. dschungaricus* предпочитает высокогорные районы и встречается на влажных склонах, в долинах рек и на лугах. Он растет в условиях умеренного климата, предпочитая влажные участки, такие как речные долины, горные луга, мокрые склоны и влажные лесные поляны. Также растение может выдерживать низкие температуры [12].

T. dschungaricus встречается в условиях умеренного климата с холодными зимами и умеренно теплым летом. Это растение хорошо переносит низкие температуры и может расти в районах с холодным климатом. Вид устойчив к морозам и предпочитает места, где почва остается влажной в течение значительной части года. Растение предпочитает кислые и умеренно влажные почвы, богатые органическими веществами. Часто его можно встретить на почвах с хорошей вододерживающей способностью, таких как торфяники или водно-болотные почвы. В условиях своего естественного ареала *T. dschungaricus* часто растёт на солнечных или полутенённых участках. Оно может быть частью более открытых экосистем, но также встречается в лесных участках с рассеянным светом. Влажность почвы – важный фактор для его роста, и в сухие периоды растение может замедлять свой рост. В целом, *T. dschungaricus* хорошо адаптирован к высокогорным и влажным условиям, что делает его устойчивым к экстремальным температурам.

и в то же время зависимым от стабильной влажности почвы для нормального развития.

Это многолетнее травянистое растение, образующее плотные кустистые формы. Листья крупные, пальчато-рассечённые, с длинными черешками. Цветки ярко-жёлтые, как и у других видов рода *Trollius*, с многочисленными тычинками. Цветки собраны в соцветия. *T. dschungaricus* хорошо приспособлен к холодным и влажным условиям, что позволяет ему расти в горных районах, где другие растения не могут выжить. Это декоративное растение ценится за яркие цветы и устойчивость к холодным условиям.

Популяции *T. dschungaricus* встречаются спорадически, зачастую в виде единичных экземпляров или небольших куртин на разнотравных лугах лесной зоны, преимущественно в увлажнённых лугово-разнотравных местах с хорошей освещённостью. Анализ возрастных спектров показал доминирование молодых и генеративных растений. Исследуемые популяции вида, произрастающие в естественных природных ландшафтах Кетпенского хребта, относятся к экологической группе мезофитов и мезоксерофитов, что свидетельствует о высоких адаптационных способностях этих растений и их значительной экологической гибкости.

T. dschungaricus является перспективным растением для озеленения благодаря своим декоративным качествам и высокой устойчивости. Высокая зимостойкость этого вида позволяет ему успешно адаптироваться к неблагоприятным условиям, что делает его удобным для разведения и использования в ландшафтном дизайне. Популяции *T. dschungaricus* показывают отличные результаты как в семенном, так и в

вегетативном размножении, а их устойчивость к болезням снижает потребность в химических обработках и способствует сохранению естественного баланса экосистемы.

Кроме того, сохранение характерного габитуса и высокая декоративность делают *Trollius dschungaricus* идеальным выбором для создания цветочных композиций, бордюров и других элементов ландшафта. Растения также привлекательны для пчёл и других опылителей, что делает их ценным элементом как в общественных, так и в частных озеленениях [13].

Специальные популяционные исследования *T. dschungaricus* в Казахстане не проведены, в связи с чем детальное изучение существующих популяций этого вида необходимо для сохранения биоразнообразия на территории Казахстана. В настоящее время структура популяций и морфолого-биологические особенности *T. dschungaricus*, произрастающих в естественных условиях на исследуемой территории Кунгейского Алатау, остаются практически неизученными. Работа посвящена изучению современного состояния популяций *T. dschungaricus*, флористического состава популяций этих видов в Кунгейском Алатау. Целью данной работы является изучение популяционных особенностей *T. dschungaricus* в природных популяциях хребта Кетпен Кунгейского Алатау.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2022-2024 гг. в природных фитоценозах на территории хребта Кунгейского Алатау, в районе хребта Кетпен, Уйгурского района Алматинской области (таблица 1).

Таблица 1 – GPS-координаты двух популяций вида *T. Dschungaricus*

Название вида, номер ценопопуляции	Географическое местоположение	Координаты местонахождения
<i>T. dschungaricus</i> , Популяция-1	Алматинская область, Уйгурский район, хребет Кетпен	43°33' 61.19" с.ш., 80°33' 45.42" в.д., 2733 м.н.у.м.
<i>T. dschungaricus</i> , Популяция-2	Алматинская область, Уйгурский район, хребет Кетпен	43°34' 68.01" с.ш., 80°33' 76.32" в.д., 2453 м.н.у.м.

Хребет Кетпен входит в систему гор Северного Тянь-Шаня. Абсолютная высота хребта составляет 3600 м над уровнем моря. Хребет Кетпен представлен чередованием узких гребней с

глубокими ущельями и межгорными понижениями. В некоторых участках узкие гребни сменяются широкими плоскогорьями, которые постепенно переходят в узкие увалы, чередующиеся

между собой и образующие целую сеть ущелий. Высокогорье уступает место среднегорью (высота 1400-2100 м над уровнем моря), которое, в свою очередь, переходит в низкогорье (1200-1400 м над уровнем моря). Низкогорье и среднегорье представляют собой скопление сопок и небольших хребтов, разбросанных в различных направлениях, создавая холмисто-увалистый рельеф с крупными склонами юго-восточной экспозиции. Межувалистые понижения выражены в виде глубоких балок. Узкие увалы часто переходят в значительные плоскогорья, образуя общий предгорный шлейф, который постепенно переходит в Илийскую долину. Предгорная равнина имеет холмисто-увалистый рельеф с плоскими и относительно ровными участками, которые, наклоняясь к северу, рассечены сухими логами. В южной части логи глубокие, а в северной – более мелкие.

Климатические условия обследованной территории резко континентальные. Для них характерны большая разница температур между днем и ночью, холодная малоснежная зима и жаркое сухое лето. Согласно существующему агроклиматическому районированию, территория обследования расположена в очень засушливом подгорно-равнинном районе с ГТК = 0,5÷0,7 и суммой температур выше 10°C – 3400-3500°C. В данном районе за период с суммой температур выше 10°C выпадает 150-200 мм осадков. Сумма осадков за весенний период вегетации составляет 70 мм, за осенний – 40 мм; сумма дефицита влажности воздуха весной и осенью составляет 260 мм, а за период с температурой выше 10°C достигает 1720-1800 мм. Устойчивый снежный покров держится 80-100 дней, его высота составляет 15-30 см, а запасы воды в снеге – 35-70 мм. Весенние заморозки в воздухе наблюдаются с 15 апреля по 1 мая.

Среднегодовое количество осадков по многолетним данным в предгорной части хребта Кетпен составляет 376,1 мм. Такое количество осадков объясняется тем, что северные склоны Кетпенского хребта защищены от влажных ветров. Поэтому пустынно-степная зона хребта Кетпень охватывает полосу предгорий с абсолютными высотными отметками от 1000-1200 до 1300-1400 м.

Среднегодовая температура воздуха составляет +8,7°C, максимально возможная температура достигает +38,2°C, а минимальная – -27°C. Гидрографическая сеть территории представлена реками Кепебулаксай, Докенышкисай, ручьями Келебулаксай, Большой Кетменсай (Кетпен),

Дженишке, Малый Кетменсай, Арлыкголсай, а также сезонными ручьями [14].

Территория района обследования относится к горной и подгорно-равнинной областям, подзоне черноземов среднеспелых, темно-каштановых, светло-каштановых, сероземов обыкновенных северных и светлых сероземов северных почв. Основные типы рельефа – горы и долины горных рек [15].

Растительность Кетпенского хребта представлена ельниками (*Juniperus turkestanica* Kom., *Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.), а также злаковыми видами: *Botriochloa ischaemum* (L.) Keng., *Elymus angustus* Trin., *Dactylis glomerata* L., *Stipa capillata* L., *Alopecurus soongoricus* (Roshev.) V. Petr., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach., *Poa pratensis* L., *Poa bulbosa* L., *Poa stepposa* Kryl., Roshev., *Festuca sulcata* Hack., *Aeluropus intermedius* Rgl., *Agropyron repens* (L.) Beauv., *Koeleria gracilis* Pers., *Phragmites communis* Trin., *Lasiagrostis splendens* (Trin.) Kunth.

Объект исследования – вид рода *Trollius* L. семейства Ranunculaceae – *Trollius dschungaricus* из природных популяций. Купальница джунгарская (*T. dschungaricus*) – многолетнее травянистое растение высотой 15-70 см с коротким корневищем. Стебель прямой, у основания слегка приподнимающийся, 1-3-цветковый, гладкий, у основания одет остатками прошлогодних листьев. Листья прикорневые, длинночерешковые, пальчато-пятилопастные, лопасти их широкие, надрезанные на 3-5 сегментов с тупо-зубчатыми краями. Стеблевые листья: нижние – черешковые, верхние – сидячие, с пластинкой, сходной с прикорневыми или немного более глубоко рассеченной; самые верхние постепенно уменьшаются. Цветонос длиной 2-15 см, при плодах удлинняющийся. Цветки крупные, до 6 см в диаметре, чашелистики ярко-золотисто-желтые, снаружи слегка красноватые, в количестве от 4 до 15 (20). Лепестки-нектарники длиной около 8 мм, оранжевые, почти равные тычиночным нитям, линейные, с округленной верхушкой, расширенные и немного утолщенные. Медовая ямка находится на высоте около 1 мм, под ней лепесток немного сужается. Рыльца желтые, завязи буроватые, во время цветения у основания столбика морщинистые. Множественные листовки, до 10 мм длиной, собраны в шаровидную головку. Носик листовки длиной около 2 мм, прямой, слегка отклоненный. Семена буро-черные, блестящие, округлые, слегка угловатые. Цветёт в июле [16-19].

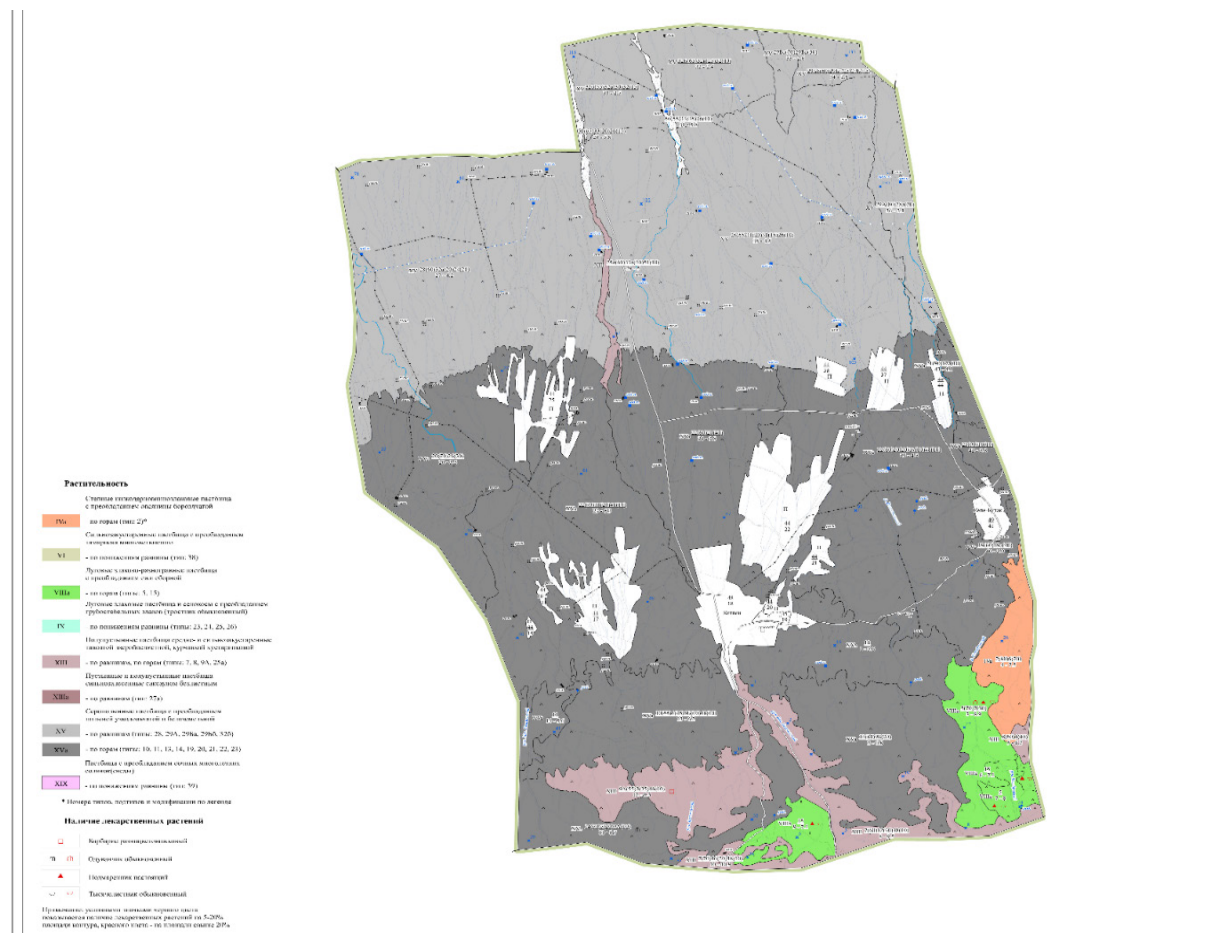


Рисунок 1 – Карта-схема хребта Кетпен Кунгейского Алатау

Методы исследования

Для изучения современного состояния популяций вида *T. dschungaricus* в его естественных природных местах обитания были запланированы экспедиционные полевые работы маршрутно-рекогносцировочным методом по территории Кетпенского хребта. Обилие видов в фитоценозах определялось по шкале обилия Друде [20].

Геоботанические исследования проводились в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный. На подготовительном этапе собирались обзорные литературные и картографические материалы, отражающие степень изученности природных условий исследуемой территории. В ходе полевого этапа изыскания выполнялись маршрутным методом в масштабе 1:50000 с интервалом между маршрутами 1 км. В процессе работы осуществлялось картирование растительности, нанесение геоботанических контуров на топографическую основу и описа-

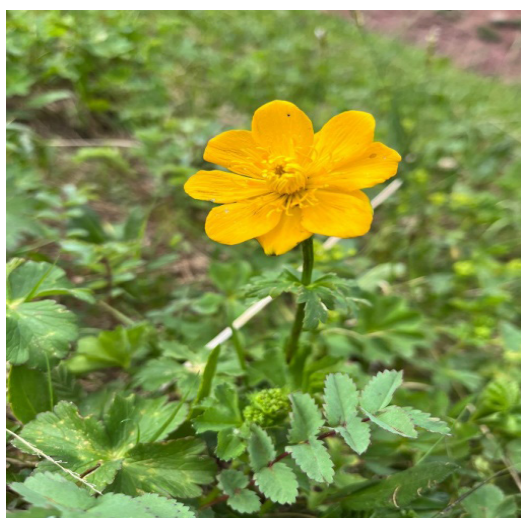
ние растительных сообществ. Под последними понимаются группы растительности, сходные по видовому составу, структуре, динамике и привязке к определённым местообитаниям. Геоботанические описания были внесены в бланк, включая название сообщества, характеристики рельефа, почвы, условия увлажнения, проективное покрытие почвы растениями (в процентах), высоту, фенофазу и жизненность растений. При возможности в пределах контура выделялись участки с однородной растительностью. Одновременно с этим на четырёх площадках площадью 1 м² каждая проводились укосы. Травянистые растения срезались на высоте 1–3 см, крупнотравные – на 4–6 см, а у полукустарников удалялся или обламывался прирост текущего года [21]. Для уточнения флористического состава сомнительные виды растений закладывались в гербарий и уточнялись в камеральный период. Сбор и обработка гербарного материала включали размещение образцов *T. dschungaricus*

в гербарные папки с указанием места и даты сбора, а также имени коллекционера. После полевых исследований материал сушили и анализировали с использованием бинокулярных луп. Все работы по сбору и обработке гербарного материала выполнялись в соответствии с методикой А.К. Скворцова [22]. Для изучения географического распространения *T. dschungaricus* применён маршрутно-рекогносцировочный метод, а также использованы классические общепринятые методики для изучения морфологии растений в популяциях, фитоценозов, экологии и биологии. Определение видового состава растительных сообществ осуществлялось с использованием соответствующих ботанических определителей, справочников и других источников, таких как: «Флора Казахстана», «Определитель растений Средней Азии» и др. Структура семейств указана по системе А.Л.Тахтаджяна [23]. Виды и рода в семействах расположены по алфавиту. Видовая идентификация и систематика проводятся в лаборатории после полевых работ. Для этого используются многотомные отчёты и справочники, такие как «Флора СССР» [24],

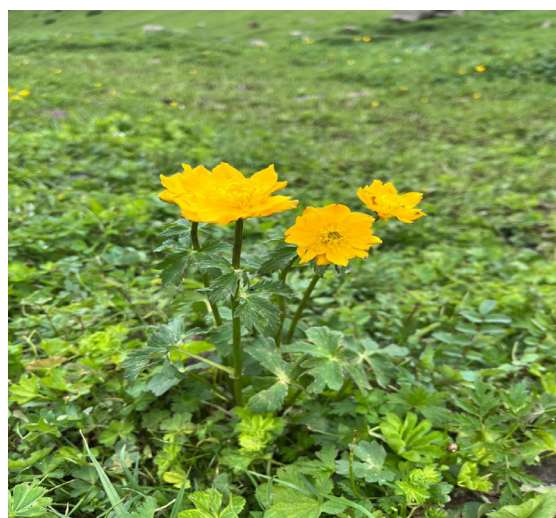
«Флора Казахстана» [25], «Определитель растений Средней Азии» [26] и другие. Видовые и родовые названия *T. dschungaricus* в Кетпенском хребте Кунгейского Алатау приведены согласно базе данных Plants of the World Online (POWO), а также по С.К. Черепанову и С.А. Абдулиной [27, 28, 29]. В ходе полевых экспедиционных исследований в исследуемом районе хребта Кетпен были обнаружены 3 популяции *T. dschungaricus*. Морфологические признаки *T. dschungaricus* изучались на живых растениях с привлечением гербарного материала.

Результаты и обсуждение

Для уточнения природных мест произрастания популяций вида *T. dschungaricus* в Кунгейском Алатау, на хребте Кетпен, а также для построения маршрута экспедиционных выездов, установления сроков цветения и занимаемых экологических ниш, было проведено изучение гербарного материала основного гербарного фонда Института ботаники и фитоинтродукции, а также литературных флористических сведений.



А



В

Рисунок 2 – Популяция *T.dschungaricus* на хребте Кетпен Кунгейского Алатау: А-популяция 1, В- популяция 2

Исследования популяций *T. dschungaricus*, произрастающих на хребте Кетпен Кунгейского Алатау, и изучение гербарного материала показали, что исследуемый вид имеет хорошую экологическую амплитуду и достаточно хорошо распространён на данной

территории. Однако ценотическая приуроченность этих видов несколько уже, и доминирующая часть популяций *T. dschungaricus* обнаружена преимущественно в разнотравно-травянистых группировках, где виды находят более благоприятные условия. Это как

открытые, так и тенистые места с хорошим увлажнением. В результате экспедиционных исследований были зафиксированы два местонахождения популяций *T. dschungaricus* в различных эколого-фитоценологических условиях: на увлажнённых местообитаниях среди лугово-разнотравной и кустарниково-разнотравной растительности. Типичными местами

расселения *T. dschungaricus* на хребте Кетпен, Кунгейского Алатау являются открытые светлые леса и достаточно увлажнённые разнотравные луга среднего лесного пояса.

Флористический состав с участием вида *T. dschungaricus*, обнаруженного на хребте Кетпен, Уйгурского района Алматинской области, Кунгейского Алатау, представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Флористический состав с участием *T. dschungaricus* на хребте Кетпен Кунгейского Алатау

№ п/п	Русское название	Латинское название	Казахское название	Жизненная форма
1	2	3	4	5
Семейство сосновые – <i>Pinaceae</i> Lindl.				
1	Ель Шренка	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.	Шренк шырышасы	Дерево
Семейство кипарисовые – <i>Cupressaceae</i> Neger.				
2	Можжевельник туркестанский	<i>Juniperus turkestanica</i> Kom.	Түркістан аршасы	Дерево
Семейство злаковые – <i>Gramineae</i> Juss.				
3	Бородач кровоостанавливающий	<i>Botriochloa ischaemum</i> (L.) Keng.	Қантияр бозшағыл	Многолетник
4	Волоснец узкий	<i>Elymus angustus</i> Trin.	Жіңішке қияқ	Многолетник
5	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Шоғыр тарғақшөп	Многолетник
6	Ковыль волосистый	<i>Stipa capillata</i> L.	Қылтан селеу, садақбоз қау	Многолетник
7	Лисохвост джунгарский	<i>Alopecurus soongoricus</i> (Roshev.) V. Petr.	Жоңғар түлкікүйрек	Многолетник
8	Моргук восточный	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. et Spach.	Шығыс мортығы	Однолетник
9	Мятлик луговой	<i>Poa pratensis</i> L.	Шалғын қоңырбас	Многолетник
10	Мятлик луковичный	<i>Poa bulbosa</i> L.	Жуашықты қоңырбас	Многолетник
11	Мятлик степной	<i>Poa stepposa</i> (L.) Kunt.	Дала қоңырбас	Многолетник
12	Овсяница бороздчатая (<i>типчак</i>)	<i>Festuca sulcata</i> Hack.	Кәдімгі бетеге	Многолетник
13	Прибрежница промежуточная	<i>Aeluropus intermedius</i> Rgl.	Түйекарын	Многолетник
14	Пырей ползучий	<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	Жатаған бидайық	Многолетник
15	Тонконог тонкий	<i>Koeleria gracilis</i> Pers.	Қоңырбас шисабак	Многолетник
16	Тростник обыкновенный	<i>Phragmites communis</i> Trin.	Кәдімгі қамыс	Многолетник
17	Чий блестящий	<i>Lasiagrostis splendens</i> (Trin.) Kunth.	Ақ ший	Многолетник
Семейство осоковые – <i>Cyperaceae</i> Juss.				
18	Осока черноколосая	<i>Carex melanostachya</i> M.B.	Қарамасақ қиякөлең	Многолетник
Семейство лилейные – <i>Liliaceae</i> Juss.				
19	Лук черно-красный	<i>Allium atrosanguineum</i> Schrenk.	Қарақызыл жуа	Многолетник
Семейство крапивные-<i>Urticaceae</i> Juss.				
20	Крапива жгучая	<i>Urtica urens</i> L.	Күйдіргіш қалақай	Многолетник
Семейство гречишные – <i>Polygonaceae</i> Lindl.				
21	Курчавка кустарниковая	<i>Atraphaxis frutescens</i> (L.) Eversm	Бұта түйесіңір	Кустарник

Семейство маревые – <i>Chenopodiaceae</i> Vent.				
22	Ежовник солончаковый	<i>Anabasis salsa</i> (C.A.Mey.) Benth.	Сортаң бұйырған	Полукустарник
23	Климакоптера супротивнолистная	<i>Climacoptera brachiata</i> (Pall.) Botsch.	Тарбақ торғайоты	Однолетник
24	Кохия простертая	<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	Жатаған изен	Полукустарничек
25	Поташник каспийский	<i>Kalidium caspicum</i> (L.)	Шытыр сорқаңбақ	Кустарничек
26	Рогач песчаный	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	Құмебелек	Однолетник
27	Рогач сумчатый	<i>Ceratocarpus utriculosus</i> Bluk.	Қалталы ебелек	Однолетник
28	Сведа вздутоплодная	<i>Suaeda physophora</i> Pall.	Үрмежемiс ақсора	Кустарничек
29	Солянка восточная	<i>Salsola orientalis</i> S. G. Gmel.	Күйреуік	Полукустарник
30	Терескен роговидный	<i>Eurotia ceratoides</i> (L.) Gueldenst.	Мүйіз теріскен	Кустарничек
Семейство гвоздичные – <i>Caryophyllaceae</i> Juss.				
31	Колючелистник колючий	<i>Acanthophyllum pungens</i> (Bge.) Boiss.	Тікенді бозтіккен	Многолетник
Семейство лютиковые – <i>Ranunculaceae</i> Juss.				
32	Рогоглавник пряморогий	<i>Ceratocephalus orthoceras</i> DS.	Имек шөнгебас	Однолетник
33	Лютик заилийский	<i>Ranunculus transiliensis</i> M. Pop.	Іле сарғалдағы	Многолетник
34	Купальница джунгарская	<i>Trollius dschungaricus</i> L.	Жоңғар күнгелді	Многолетник
Семейство барбарисовые – <i>Berberidaceae</i> Juss.				
35	Барбарис разноцвето-ножковы	<i>Berberis heteropoda</i> Schrenk	Түрлігүлаяқ бөрікарақаты	Кустарник
36	Барбарис цельнокрайний	<i>Berberis integerrima</i> Bge.	Тұтасжиек бөрікарақат	Кустарник
Семейство крестоцветные – <i>Cruciferae</i> Juss.				
37	Бурачок пустынный	<i>Alyssum desertorum</i> Stapf.	Шөл жауылша	Однолетник
Семейство розоцветные – <i>Rosaceae</i> Juss.				
38	Таволга зверобоелистная	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Шайқурай тобылғы	Кустарник
39	Шиповник Альберта	<i>Rosa alberti</i> Rgl.	Альберт раушаны	Кустарник
40	Шиповник широкошиповый	<i>Rosa platyacantha</i> Schrenk.	Жалпактікен раушаны	Кустарник
Семейство бобовые – <i>Leguminosae</i> Juss.				
41	Горошек мышиный	<i>Vicia cracca</i> L.	Тышқан сиыржоңышқа	Многолетник
42	Карагана кустарниковая	<i>Caragana frutex</i> (L.) C. Koch.	Бұта қараған	Кустарник
43	Клевер луговой (красный)	<i>Trifolium pratense</i> L.	Қызылбас беде	Многолетник
44	Клевер ползучий	<i>Trifolium repens</i> L.	Ақ беде	Многолетник
45	Люцерна серповидная	<i>Medicago falcata</i> L.	Сарыбас жоңышқа	Многолетник
46	Солодка голая	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Жалаң мия	Многолетник
47	Чингил серебристый	<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss.	Ақшеңгел	Кустарник
Семейство гераниевые – <i>Geraniaceae</i> Juss.				
48	Герань луговая	<i>Geranium pratense</i> L.	Шалғын қазтамақ	Многолетник
Семейство зверобойные – <i>Guttiferae</i> Juss.				
49	Зверобой продырявленный	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Шайшөп шайқурай	Многолетник
Семейство гребенщиковые – <i>Tamaricaceae</i> Link.				
50	Гребенщик многоветвистый	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Қызыл жыңғыл	Кустарник

Продолжение таблицы

Семейство свинчатковые – <i>Plumbaginaceae</i> Juss.				
51	Кермек узколистный	<i>Limonium leptophyllum</i> (Schrenk.) Kuntze.	Айылжапырак кермек	Полукустарник
Семейство бурачниковые – <i>Boraginaceae</i> Juss.				
52	Липучка мелкоплодная	<i>Lappula microcarpa</i> (Ledeb.) Gurke.	Ұсақжемiс кәріқыз	Двулетник
Семейство губоцветные – <i>Labiatae</i> Juss.				
53	Зайцегуб двуигльчатый	<i>Lagochilus diacanthophyllus</i> (Pall.) Benth.	Қостікенді қоянжапырак	Многолетник
54	Зизифора Бунговская	<i>Ziziphora bungeana</i> Juz.	Бунге киікоты	Многолетник
55	Зизифора пахучковидная	<i>Ziziphora clinopodiooides</i> Lam.	Гүлрайхан киікоты	Многолетник
56	Тимьян маршаллиев-ский	<i>Thymus marschallianus</i> Willd.	Маршал жebірі	Полукустарничек
Семейство подорожниковые – <i>Plantaginaceae</i> Juss.				
57	Подорожник ланцетовидный	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Қандауыр бақажапырак	Многолетник
Семейство мареновые – <i>Rubiaceae</i> Juss.				
58	Подмаренник настоящий	<i>Galium verum</i> L.	Нағыз қызылбояу	Многолетник
Семейство жимолостные – <i>Caprifoliaceae</i> Juss.				
59	Жимолость татарская	<i>Lonicera tatarica</i> L.	Татар ұшқаты	Кустарник
Семейство сложноцветные – <i>Compositae</i> Giseke.				
60	Аяния щитковая	<i>Ajania fastigiata</i> Poljak.	Қалқан таужусан	Многолетник
61	Бузульник крупнолистный	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	Іріжапырак сарыандыз	Многолетник
62	Горчак ползучий (кекре)	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	Жатаған у кекіре	Многолетник
63	Карелиния каспийская	<i>Karelinia caspia</i> (Pall.) Less.	Каспий ақбасшөп	Многолетник
64	Одуванчик обыкновенный	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	Кәдімгі бақбақ	Многолетник
65	Пижма тысячелистная	<i>Tanacetum millefolium</i> L.	Мыңжапырак түймешетен	Многолетник
66	Полынь белоземельная	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.	Боз жусан	Полукустарничек
67	Полынь заилийская	<i>Artemisia transiliensis</i> Poljak.	Ілеарғы жусаны	Полукустарник
68	Полынь лессинговидная	<i>Artemisia sublessingiana</i> (Kell.) Krasch.	Лессингтүсті жусан	Многолетник
69	Полынь осенняя	<i>Artemisia serotina</i> Bge.	Күздік жусан	Многолетник
70	Полынь семиреченская	<i>Artemisia heptapotamica</i> Poljak.	Жетісу жусан	Многолетник
71	Полынь тьяншанская	<i>Artemisia tianschanica</i> Krasch.	Тәншән жусаны	Полукустарник
72	Полынь Шренковская	<i>Artemisia schrenkiana</i> Ledeb.	Шренк жусаны	Многолетник
73	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium</i> L.	Ақбас мыңжапырак	Многолетник
Семейство амариллисовые – <i>Amarillidaceae</i> Jaume.				
74	Иксиолирион татарский	<i>Ixiolirion tataricum</i> (Pall.) Roem. et Schult.	Татар шөпжиары	Многолетник

Флористический состав по материалам полевых исследований, включает 73 вида, принадлежащие к 61 роду и 25 семействам (Таблица 2). Наибольшее число видов представлено семействами *Rosaceae* (15 видов), *Asteraceae* (14 видов), *Chenopodiaceae* (9 видов), *Fabaceae* (7

видов), *Lamiaceae* (4 вида), *Rosaceae* (3 вида), *Ranunculaceae* и *Berberidaceae* (по 2 вида). Остальные семейства включают по одному виду.

Доминантами растительного покрова являются 15 видов. Большинство растений (70 видов, или 96 %) поедается скотом, ядовитыми счита-

ются 3 вида, а 7 видов обладают лекарственными свойствами.

Преобладающую жизненную форму составляют многолетние растения (66 видов), среди которых длительновегетирующие многолетние травы (43 вида), кустарники (10 видов), кустарнички (3 вида), полукустарники (5 видов), полукустарнички (3 вида) и деревья (2 вида).

К многолетним травам относятся представители семейств *Roaceae*, *Cyperaceae*, а также виды рода *Artemisia* и разнотравье из *Asteraceae*, многие из которых выполняют ценообразующую функцию. Кустарники, полукустарники, кустарнички, полукустарнички и деревья принадлежат к семействам *Cupressaceae*, *Pinaceae*, *Chenopodiaceae*, *Berberidaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Tamaricaceae*, *Lamiaceae*, *Caprifoliaceae*, *Asteraceae*, *Polygonaceae*.

Многолетние растения играют эдификационную роль в исследуемом районе, среди них: *Festuca valesiaca*, *Artemisia tianschanica*, *Artemisia sieversiana*, *Artemisia lessingiana*, *Carex melanostachya*, *Poa stepposa*, *Poa pratensis*, *Achillea millefolium*, *Phragmites australis* и другие.

Группу однолетников (6 видов) составляют представители семейств *Roaceae*, *Chenopodiaceae*, *Ranunculaceae* и *Brassicaceae*. Они формируют в основном модификационные травостой, среди которых *Climacoptera lanata* и *Bassia prostrata*. К двулетним растениям относится *Lappula microcarpa*.

Экологический анализ флоры показывает широкое распространение ксерофитов в пределах среднегорья, мезофитов и галофитов – в долинах рек и руслах временных водотоков.

Рельеф играет значительную роль в распределении растительного покрова. На основании проведенных исследований природные кормовые угодья были систематизированы в зависимости от условий местообитания и видового состава в пределах основных форм рельефа: среднегорье, низкогорье и предгорная равнина.

Ведущими растительными сообществами среднегорья являются *Festucetum valesiaca-Artemisietum sublessingiana*, *Graminetum Herbosum*, *Fruticoso-Graminetum-Herbosum* и *Artemisietum sublessingiana-Graminetum*.

Естественная растительность низкогорья с холмисто-увалистой и волнистой поверхностью характеризуется господством кустарниковых и узкодолючатопольных сообществ, местами с значительным участием зайцегиба колючего.

В результате перевыпаса в недавнем прошлом сформировались вторичные модифика-

ционные травостой, занимающие небольшие площади. На сильно перегруженных участках кустарниково-полынно-эфемеровых, полынно-типчачковых видов распространены кустарниково-полынно-солянковые и мелкокустарничково-узкодолючато-полынно-типчачковые модификационные травостой.

Индикаторами сбой являются климакoptера супротивнолистная, зайцегиба колючий и вьюнок трагакантовидный. Кормовая ценность сообществ со вторичной растительностью резко падает.

Полынные виды из-за сильной перегруженности выпасом подвержены антропогенной деградации. Здесь отмечено появление неподаемых эфемеров (бурачок пустынный, мортук восточный, рогоглавник пряморогий).

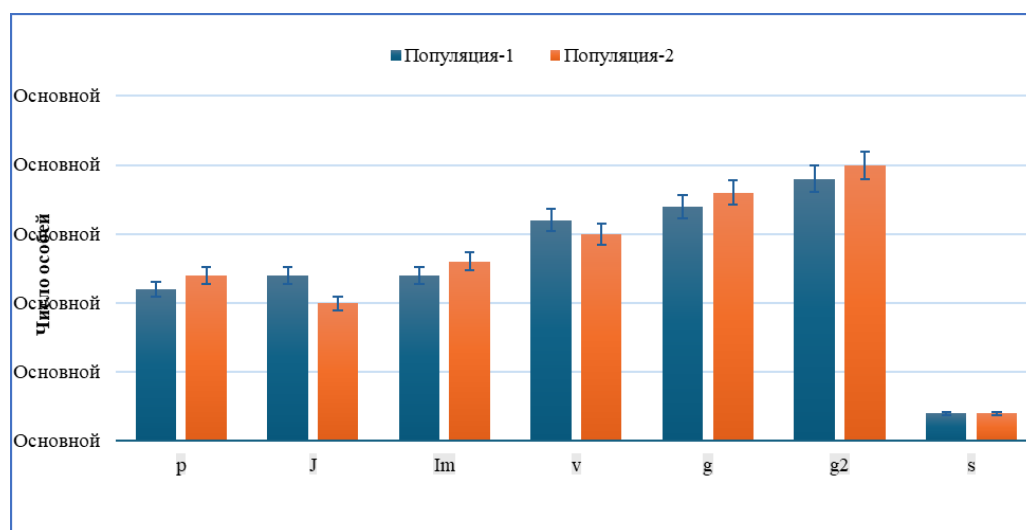
На территории обследованного участка больше всего распространена растительность предгорья.

Кустарниковые и полынные виды распространены в предгорье по крутосклоновым формам рельефа на сероземах обыкновенных северных смытых, неполноразвитых и малоразвитых, а также на сероземах светлых северных солончатых суглинистых почвах и занимают значительную площадь.

С приближением к реке Или на лугово-сероземных обыкновенных северных среднесолончатых суглинистых почвах доминируют злаковые виды с преобладанием чингила и тростника. Для растительного покрова основного участка исследуемой территории характерна высокая степень закустаренности, обусловленная распространением *Spiraea hypericifolia* L. и *Atraphaxis frutescens* (L.) Eversm. Следует отметить, что наиболее густые кустарниковые заросли и плотные популяции данных видов наблюдаются преимущественно среди сообществ с преобладанием *Artemisia* в западной и южной частях участка. Ведущее положение среди кустарников занимает *S. hypericifolia*, *A. frutescens* и *Tamarix ramosissima* Ledeb.

Почвы под этими растительными сообществами представлены темно-каштановыми карбонатными почвами, черноземами обыкновенными, среднесуглинистыми почвами средней мощности и луговыми солончаками.

Подавляющая часть популяций *T. dschungaricus*, встречающихся в хребте Кетпен Кунгейского Алатау, представлена иматурной и генеративной возрастной группой, что связано с преобладанием вегетативного размножения, и наблюдается отсутствие сенильных растений (рис. 3).

Рисунок 3 – Возрастной спектр *Trollius dschungaricus* в хребте Кетпен

Возрастной спектр продвигается слева направо на графике, отражая естественный процесс роста и развития особей в популяции. Движение идет от самых молодых стадий (слева) к старым (справа). Если в популяции мало молодых особей, а преобладают старые, это может указывать на снижение численности в будущем. Если же имеется большое количество проростков и ювенильных особей, популяция имеет потенциал к росту.

Проростки (Seedlings) – первые стадии жизни. На этом этапе наблюдается высокая смертность, но выжившие особи переходят на последующие стадии. Ювенильные особи (Juvenile) продолжают рост, но еще не способны к размножению. Высокая численность этих стадий свидетельствует о хорошем потенциале роста популяции. Если переход от ювенильного к виргинильному возрасту малочисленный, это может означать трудности с воспроизводством. Если преобладают генеративные стадии, популяция активно размножается. Если же их мало, а старых особей много, популяция может сокращаться.

Движение идет слева направо – от молодых стадий к старым. Баланс между возрастными группами определяет будущее популяции. Если молодые особи преобладают, популяция перспективна. Если же больше старых особей, возможен спад численности.

Как видно из рисунка 3, возрастной спектр показывает распределение особей по возрастным группам и позволяет оценить динамику переходов между стадиями развития. Рассмотрим,

как особи переходят из одной стадии в другую в обеих популяциях.

В обеих популяциях наблюдается схожее количество проростков. Однако в ювенильной стадии численность в Популяции-1 выше, чем в Популяции-2. Это может говорить о лучшей выживаемости молодых растений в первой популяции, что способствует их дальнейшему росту. В Популяции-1 переход в имматурную стадию более выражен, так как численность этой группы значительно выше, чем в Популяции-2. Вторая популяция, напротив, теряет часть особей на этом этапе, что может быть связано с неблагоприятными условиями среды или конкуренцией. Виргинильная стадия представлена примерно одинаковым количеством особей в обеих популяциях, что свидетельствует о стабильности перехода: несмотря на разницу в численности имматурных особей, доля тех, кто достигает виргинильной стадии, остается схожей.

На стадии Генеративный-1 обе популяции демонстрируют схожие показатели, но во второй популяции немного больше особей. Это может означать, что в Популяции-2 скорость перехода к генеративному состоянию выше, что может быть связано с благоприятными факторами, такими как более короткий ювенильный период или высокая плодовитость. На стадии Генеративный-2 Популяция-2 продолжает лидировать, что указывает на больший процент зрелых размножающихся особей. Количество сениальных особей в обеих популяциях минимально, но во второй популяции их чуть меньше. Это может свидетельствовать о более активном обновлении

и меньшей продолжительности жизни в этой популяции.

Популяция-1 демонстрирует высокий уровень выживания на ранних стадиях, что делает ее перспективной для дальнейшего роста. Популяция-2 быстрее достигает генеративных стадий, что увеличивает ее репродуктивный потенциал, но может указывать на более короткий жизненный цикл. Низкая численность сенильных особей в обеих популяциях говорит о высокой смертности после генеративного периода или активном обновлении популяций. Таким образом, Популяция-1 ориентирована на рост и увеличение численности, а Популяция-2 – на быстрое размножение и обновление.

Заключение

T. dschungaricus относится к роду *Trollius*, семейство Ranunculaceae. В род *Trollius* были объединены роды *Hegemone* и *Megaleranensis*. Поэтому в настоящее время род *Trollius* L. (сем. Ranunculaceae, купальница) включает 40 видов, распространенных во вне тропических регионах Северного полушария. На территории Казахстана произрастают 5 видов рода *Trollius* L.: *Trollius dschungaricus* Rgl., *Trollius altaicus* C.A. Mey., *Trollius asiaticus* L., *Trollius lilacinus* Bunge и *Trollius micranthus* (Winkl. et Kom.) Pachom. Семейство Ranunculaceae (лютиковые) насчитывает около 50 родов и более 2 000 видов.

T. dschungaricus предпочитает высокогорные районы, встречается на влажных склонах, в долинах рек и на лугах. Он предпочитает влажные участки, такие как речные долины, горные луга, мокрые склоны и влажные лесные поляны. Растет в условиях умеренного климата и может выдерживать низкие температуры.

Хребет Кетпен Кунгейского Алатау разнообразен благодаря смене высотных зон. В высокогорье преобладают холодные условия с малым количеством растительности, в основном мхи, лишайники и редкие высокогорные растения, такие как *T. dschungaricus*.

Флористический состав с участием *T. dschungaricus* в хребте Кетпен Кунгейского Алатау включает 73 вида, принадлежащих 61 роду и 25 семействам (см. Таблицу 2). Среди семейств наибольшее количество видов представлены Злаковыми (15 видов), Сложноцветными (14 видов), Марыми (9 видов), Бобовыми (7 видов), Розоцветными (3 вида), Губоцветными (4 вида), а также Лютиковыми (3 вида) и Барбари-

совыми (2 вида). Остальные семейства представлены одним видом.

Возрастной спектр *T. dschungaricus* в хребте Кетпен продвигается слева направо, что отражает естественный процесс роста и развития особей в популяциях. Воспроизведение этого вида осуществляется преимущественно через семенное возобновление. Базовый спектр имеет полночленный, правосторонний характер с преобладанием генеративных особей, что свидетельствует о благоприятных условиях для охраны вида в период его цветения. Эти характеристики возрастной структуры популяции указывают на наличие благоприятных условий для существования *T. dschungaricus* в исследуемом месте обитания. Однако движение возрастного спектра от молодых особей слева к более старым справа также может указывать на снижение численности в будущем, если в популяции будет наблюдаться нехватка молодых стадий и преобладание старших возрастных групп.

В связи с этим необходимо принять меры для сохранения *T. dschungaricus* в хребте Кетпен. Важно обеспечить охрану ключевых местообитаний этого вида, особенно в период цветения, когда растение наиболее уязвимо. Следует разработать и внедрить программу мониторинга популяций, направленную на отслеживание возрастной структуры и динамики численности вида. Также необходимо проводить работы по защите от антропогенных воздействий, таких как вытапывание и изменение природных условий, которые могут привести к деградации местообитаний.

Для восстановления численности молодых особей можно рассмотреть возможность искусственного посева семян в местах, где природное возобновление ограничено. Важно также обеспечить контроль за состоянием экосистемы, включая управление водным режимом и сохранение естественных растительных сообществ, поддерживающих популяцию *T. dschungaricus*. Сохранение биоразнообразия в данном регионе требует комплексного подхода, который должен включать как защиту существующих популяций, так и меры по восстановлению и поддержанию устойчивости экосистемы в целом.

Благодарность, конфликт интересов

Исследовательская работа выполнена в рамках проекта №AP26194223 Комитета Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Литература

1. Li, J., Du, Y., Xie, L., Jin, X., Zhang, Z., & Yang, M. Comparative plastome genomics and phylogenetic relationships of the genus *Trollius* //Frontiers in Plant Science. – 2023. – Т. 14. – С. 1293091.
2. Абдулина, С. А. (1999). Список сосудистых растений Казахстана / Под редакцией Р. В. Камелина. – Алматы, 187 с.
3. He, L., Wang, Z., Lu, J., Qin, C., He, J., Ren, W., & Liu, X. *Trollius chinensis* Bunge: A Comprehensive Review of Research on Botany, Materia Medica, Ethnopharmacological Use, Phytochemistry, Pharmacology, and Quality Control //Molecules. – 2024. – Т. 29. – №. 2. – С. 421.
4. Zhang Z., Wang M., Yang C. Phytochemical and chemotaxonomic studies on *Trollius ranunculoides* Hemsl //Biochemical Systematics and Ecology. – 2023. – Т. 109. – С. 104674.
5. Yang K. et al. A Comprehensive Research Review of Herbal Textual Research, Phytochemistry, Pharmacology, Traditional Uses, Clinical Application, Safety Evaluation, and Quality Control of *Trollius chinensis* Bunge //Pharmaceuticals. – 2024. – Т. 17. – №. 6. – С. 800.
6. Fiorito, S., Epifano, F., Preziuso, F., Taddeo, V. A., & Genovese, S. Selenylated plant polysaccharides: A survey of their chemical and pharmacological properties //Phytochemistry. – 2018. – Т. 153. – С. 1-10.
7. Song Z. et al. On-line study of flavonoids of *Trollius chinensis* Bunge binding to DNA with ethidium bromide using a novel combination of chromatographic, mass spectrometric and fluorescence techniques //Journal of Chromatography A. – 2013. – Т. 1282. – С. 102-112.
8. Witkowska-Banaszczak E., Radzikowska D., Ratajczak K. Chemical profile and antioxidant activity of *Trollius europaeus* under the influence of feeding aphids //Open life sciences. – 2018. – Т. 13. – №. 1. – С. 312-318.
9. Fan W., Luo Y. Impacts of climate change on the distribution of suitable habitats and ecological niche for *Trollius* wildflowers in Ili River Valley, Tacheng, Altay prefecture //Plants. – 2024. – Т. 13. – №. 13. – С. 1752.
10. An, F., Yang, G., Tian, J. and Wang, S. Antioxidant effects of the orientin and vitexin in *Trollius chinensis* Bunge in D-galactose-aged mice //Neural Regeneration Research. – 2012. – Т. 7. – №. 33. – С. 2565-2575.
11. Zuo, J., Ma, P., Geng, S., Kong, Y., Li, X., Fan, Z., Zhang, Y., Dong, A. and Zhou, Q., Optimization of the extraction process of flavonoids from *Trollius ledebouri* with natural deep eutectic solvents //Journal of Separation Science. – 2022. – Т. 45. – №. 3. – С. 717-727.
12. Yan L., Wu W., Tian S. Antibacterial and antibiofilm activities of *Trollius altaicus* CA Mey. on *Streptococcus mutans* //Microbial pathogenesis. – 2020. – Т. 149. – С. 104265.
13. Ali T., Michael B. O., Ogbesejana A. B. Flavonoids with Monoamine Oxidase A and B Inhibitory and Anti-Inflammatory Effects from *Vitex Grandifolia* //Malaysian Journal of Analytical Sciences. – 2020. – Т. 24. – №. 6. – С. 1035-1044.
14. Агроклиматические ресурсы Алма-Атинской области Казахской ССР. Ленинград. Изд-во «Гидрометеиздат», 1978
15. Пашков С. В. Агроморфогенез староосвоенных районов Казахстана //Ландшафтоведение и ландшафтная экология: коадаптация ландшафта и хозяйственной деятельности. – 2020. – С. 359-363.
16. Флора Казахстана. Том IV, Алма-ата: Изд. АН КазССР, 1961. С. 14-16.
17. Sulborska-Różycka A., Weryszko-Chmielewska E. Detailing morphological traits of *Trollius europeus* L. flowers, nectary structure, and holocrine nectar secretion through combined light and electron microscopy //Micron. – 2022. – Т. 162. – С. 103345.
18. Chen, J., Wang, J., Xu, W., Wuyun, T., & Zhang, L. Physiological and molecular responses of *Trollius chinensis* seedlings to waterlogging stress and subsequent drainage //Environmental and Experimental Botany. – 2023. – Т. 214. – С. 105481.
19. Witkowska-Banaszczak E. The genus *Trollius*-review of pharmacological and chemical research //Phytotherapy Research. – 2015. – Т. 29. – №. 4. – С. 475-500.
20. Заугольнова Л.Б., Денисова Л.В., Никитина С.В. Подходы к оценке состояния ценопопуляций растений // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 1993. – Т. 98, вып. 5. – С. 100–108.
21. Ильин М.М. Общие вопросы изучения сырьевых растений //Методика полевого исследования сырьевых растений. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1948.- С. 7-24.
22. Скворцов А.К. Гербарий. – М., 1977. – 199 с.
23. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – 1987. – М.: Л., 439 с.
24. Флора СССР. – М.-Л., 1955. Т. 22.
25. Флора Казахстана. Том 4, 1958. – 245 с.
26. Введенский А. И. *Allium* L.-Лук //Определитель растений Средней Азии. – 1971. – Т. 2. – С. 39-89.
27. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – С.-Пб., 1995. – 990 с.
28. Абдулина С.А. Сосудистые растения Казахстана. – Алматы, 1998. – 188 с.
29. POWO (2024). "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (Retrieved 10 October 2024.)

References

1. Li, J., Du, Y., Xie, L., Jin, X., Zhang, Z., & Yang, M. Comparative plastome genomics and phylogenetic relationships of the genus *Trollius* //Frontiers in Plant Science. – 2023. – V. 14. – S. 1293091.
2. Abdulina S. A. – 1999., Spisok sosudistih rastenii Kazakhstana [List of vascular plants of Kazakhstan]// Pod redakciei R. V. Kamelina. – Almati, 187 s. (in Russian)
3. He, L., Wang, Z., Lu, J., Qin, C., He, J., Ren, W., & Liu, X. *Trollius chinensis* Bunge: A Comprehensive Review of Research on Botany, Materia Medica, Ethnopharmacological Use, Phytochemistry, Pharmacology, and Quality Control //Molecules. – 2024. – V. 29. – №. 2. – S. 421.
4. Zhang Z., Wang M., Yang C. Phytochemical and chemotaxonomic studies on *Trollius ranunculoides* Hemsl //Biochemical Systematics and Ecology. – 2023. – V. 109. – S. 104674.
5. Yang K. et al. A Comprehensive Research Review of Herbal Textual Research, Phytochemistry, Pharmacology, Traditional Uses, Clinical Application, Safety Evaluation, and Quality Control of *Trollius chinensis* Bunge //Pharmaceuticals. – 2024. – V. 17. – №. 6. – S. 800.
6. Fiorito, S., Epifano, F., Preziuso, F., Taddeo, V. A., & Genovese, S. Selenylated plant polysaccharides: A survey of their chemical and pharmacological properties //Phytochemistry. – 2018. – V. 153. – S. 1-10.
7. Song Z. et al. On-line study of flavonoids of *Trollius chinensis* Bunge binding to DNA with ethidium bromide using a novel combination of chromatographic, mass spectrometric and fluorescence techniques //Journal of Chromatography A. – 2013. – V. 1282. – S. 102-112.
8. Witkowska-Banaszczak E., Radzikowska D., Ratajczak K. Chemical profile and antioxidant activity of *Trollius europaeus* under the influence of feeding aphids //Open life sciences. – 2018. – V. 13. – №. 1. – S. 312-318.
9. Fan W., Luo Y. Impacts of climate change on the distribution of suitable habitats and ecological niche for *Trollius* wildflowers in Ili River Valley, Tacheng, Altay prefecture //Plants. – 2024. – V. 13. – №. 13. – S. 1752.
10. An, F., Yang, G., Tian, J. and Wang, S. Antioxidant effects of the orientin and vitexin in *Trollius chinensis* Bunge in D-galactose-aged mice //Neural Regeneration Research. – 2012. – V. 7. – №. 33. – S. 2565-2575.
11. Zuo, J., Ma, P., Geng, S., Kong, Y., Li, X., Fan, Z., Zhang, Y., Dong, A. and Zhou, Q., Optimization of the extraction process of flavonoids from *Trollius ledebouri* with natural deep eutectic solvents //Journal of Separation Science. – 2022. – V. 45. – №. 3. – S. 717-727.
12. Yan L., Wu W., Tian S. Antibacterial and antibiofilm activities of *Trollius altaicus* CA Mey. On *Streptococcus mutans* // Microbial pathogenesis. – 2020. – V. 149. – S. 104265.
13. Ali T., Michael B. O., Ogbesejana A. B. Flavonoids with Monoamine Oxidase A and B Inhibitory and Anti-Inflammatory Effects from *Vitex Grandifolia* //Malaysian Journal of Analytical Sciences. – 2020. – V. 24. – №. 6. – S. 1035-1044.
14. Agroklimaticheskie resursi Alma-Atinskoi oblasti Kazahskoi SSR [Agroclimatic resources of the Alma-Ata region of the Kazakh SSR]. Leningrad. Izd-vo «Gidrometeoizdat». – 1978. (in Russian)
15. Pashkov S. V. Agromorfogenez staroosvoennih raionov Kazakhstana //Landshaftovedenie i landshaftnaya ekologiya koadaptatsiya landshafta i hozyaistvennoi deyatel'nosti [Agromorphogenesis of old-developed areas of Kazakhstan // Landscape science and landscape ecology: co-adaptation of landscape and economic activity]. – 2020. – S. 359_363. (in Russian)
16. Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. Tom IV Alma-ata. Izd. AN KazSSR 1961. S. 14-16. (in Russian)
17. Sulborska-Różycka A., Weryszko-Chmielewska E. Detailing morphological traits of *Trollius europeus* L. flowers, nectary structure, and holocrine nectar secretion through combined light and electron microscopy //Micron. – 2022. – V. 162. – S. 103345.
18. Chen, J., Wang, J., Xu, W., Wuyun, T., & Zhang, L. Physiological and molecular responses of *Trollius chinensis* seedlings to waterlogging stress and subsequent drainage //Environmental and Experimental Botany. – 2023. – V. 214. – S. 105481.
19. Witkowska□Banaszczak E. The genus *Trollius*-review of pharmacological and chemical research //Phytotherapy Research. – 2015. – V. 29. – №. 4. – S. 475-500.
20. Zaugolnova L.B. Denisova L.V. Nikitina S.V. Podhodi k ocenke sostoyaniya cenopopulyatsii rastenii [Approaches to assessing the status of plant populations] // Byul. MOIP. Otd. Biol. – 1993. – V. 98 vip. 5. – S. 100–108. (in Russian)
21. Ilin M.M. Obschie voprosi izucheniya sirevih rastenii //Metodika polevogo issledovaniya sirevih rastenii [General questions of raw plants study //Methodology of field study of raw plants]. M.L. Izd-vo AN SSSR 1948.- S. 7-24. (in Russian)
22. Skvorcov A.K. Gerbarii [Herbarium]. – M. 1977. – 199 s. (in Russian)
23. Tahtadjyan A.L. Sistema magnoliofitov [Magnoliophyte system]. – 1987. M. L. 439 s. (in Russian)
24. Flora SSSR [Flora of the USSR]. – M.–L. 1955. V. 22. (in Russian)
25. Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]. Tom 4. 1958. – 245 s. (in Russian)
26. Vvedenskii A. I. Allium L. Luk //Opredelitel rastenii Srednei Azii [Central Asia Plant Identifier]. – 1971. – T. 2. – S. 39-89. (in Russian)
27. Cherepanov S.K. Sosudistie rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v predelakh bivshego SSSR, [Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)]. – S. Pb. 1995. – 990 s. (in Russian)
28. Abdulina S.A. Sosudistie rasteniya Kazakhstana [Vascular plants of Kazakhstan]. – Almati, 1998. – 188 s. (in Russian)
29. POWO (2024). "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> (Retrieved 10 October 2024.)

Авторлар туралы мәлімет

Курманбаева Меруерт Сакеновна – биология ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Биология және биотехнология факультетінің деканы, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының профессоры (Алматы, Қазақстан, e-mail: kurmanbayevakz@gmail.com)

Карабалаева Дина Эзимхановна (корреспондент автор) – техника және технология ғылымдарының магистрі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, e-mail: dina.20.1996@mail.ru)

Жұмагул Молдір Жакыпжановна – PhD, Астана Халықаралық Университетінің қауымдастырылған профессор м.а., Астана ботаникалық бағының жетекші ғылыми қызметкері, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми қызметкері (Астана, Қазақстан, электрондық пошта: mzhakypzhan@mail.ru)

Құсмангазинов Әділ Болатұлы – PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Биология және биотехнология факультеті деканның оқу-әдістемелік және тәрбие жұмысы жөніндегі орынбасары, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: adil_06.1996@mail.ru)

Information about authors:

Kurmanbayeva Meruert Sakenovna – Doctor of Biological Sciences, Dean of the Faculty of Biology and Biotechnology at Al-Farabi Kazakh National University, Professor of the Department of Biodiversity and Bioresources (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kurmanbayevakz@gmail.com).

Karabalayeva Dina Ezimkhanovna (corresponding author) – Master of Technical and Technological Sciences, PhD student of the Department of Biodiversity and Bioresources at Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: dina.20.1996@mail.ru).

Zhumagul Moldir Zhakypzhanovna – PhD, Acting Associate Professor of the Astana International University, Senior Researcher of the Astana Botanical Garden, and Researcher at Al-Farabi Kazakh National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: mzhakypzhan@mail.ru).

Kusmangazinov Adil Bolatuly – PhD, Deputy Dean for Academic and Educational Work at the Faculty of Biology and Biotechnology of Al-Farabi Kazakh National University, Senior Lecturer at the Department of Biodiversity and Bioresources (Almaty, Kazakhstan, e-mail: adil_06.1996@mail.ru).

Поступила 15 сентября 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

А.С. Мусаева^{1,*}, А.К. Бекитаева¹, Ш. Бахтыбеккызы¹,
З.С. Оразымбетова¹, Б.С. Арынгазиев¹, О.Х. Хамдиева¹,
Е.Б. Кузовлева¹, С.В. Беспалов², М.О. Бегманова¹,
О.В. Вишнякова³

¹ Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

² Институт зоологии КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

³ Ассоциация «Консонар», Алматы, Казахстан

*e-mail: azadahamdиеva@gmail.com

ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРСТИ СОБАК ПОРОДЫ ТОБЕТ

Современная кинология активно изучает породные характеристики собак для сохранения генетического разнообразия и здоровья пород. Одним из перспективных подходов является использование волос, как малоинвазивного источника информации, который обладает возможностью определения вида или даже породы млекопитающих путем анализа комбинации основных микроструктур волос. Волос является ценным, и в то же время, простейшим модельным объектом фундаментальных и прикладных исследований. Это исследование направлено на выявление уникальных особенностей структуры шерсти собак породы Тобет, которые могут быть использованы для идентификации и селекционной работы с этой породой, а также для разработки научно обоснованных подходов к сохранению генетического разнообразия и здоровья пород. Наше исследование выявило, что шерсть Тобет обладает особенностями: однорядной, фрагментарной структурой сердцевинки с зубчатыми краями клеток и промежуточным положением кутикулы, имеющей узор «обычная волна» и близкое расстояние между чешуйками. Результаты демонстрируют потенциал использования морфологических характеристик шерсти в качестве породоспецифического маркера, облегчая этические исследования редких и охраняемых пород, что особенно актуально для селекции и сохранения уникальной национальной породы.

Ключевые слова: Тобет, шерсть, стержень волоса, сердцевина, кутикула.

A.S. Mussayeva^{1*}, A.K. Bekitayeva¹, Sh. Bakhtybekkyzy¹, Z.S. Orazymbetova¹,
B.S. Aryngazyev¹, O.Kh. Khamdiyeva¹, Y.B. Kuzovleva¹, S.V. Bepalov²,
M.O. Begmanova¹, O.V. Vishnyakova³

¹Institute of Genetics and Physiology, CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Zoology KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

³Association "Kansonar"

*e-mail: azadahamdиеva@gmail.com

Evaluation of the morphological characteristics of tobet dog hair

Modern cynology actively studies the breed characteristics of dogs to preserve genetic diversity and maintain breed health. One of the promising approaches involves the use of hair as a minimally invasive source of information, capable of determining the species or even the breed of a mammal through the analysis of primary microstructural features of hair. Hair serves as a valuable yet simple model object for both fundamental and applied research. This study focuses on identifying unique structural features of the hair in the Tobet dog breed, which can be applied for breed identification and breeding works, as well as for developing scientifically grounded approaches to preserving genetic diversity and ensuring breed health. Our research revealed that Tobet hair is characterized by a single-layered, fragmented medulla with serrated cell edges, an intermediate cuticle position featuring a "regular wave" pattern, and closely spaced scales. The findings highlight the potential of utilizing the morphological characteristics of hair as a breed-specific marker, facilitating ethical research on rare and protected breeds, which is particularly significant for the breeding and conservation of this unique national breed.

Key words: Tobet, hair, medulla, cuticle.

А.С. Мусаева^{1*}, А.К. Бекитаева¹, Ш. Бахтыбеккызы¹, З.С. Оразымбетова¹,
Б.С. Арынгазиев¹, О.Х. Хамдиева¹, Е.Б. Кузовлева¹, С.В. Беспалов²,
М.О. Бегманова¹, О.В. Вишнякова³

¹ҚР БҒМ ҒК Генетика және физиология институты, Алматы, Қазақстан

²ҚР БҒМ ҒК Зоология институты, Алматы, Қазақстан

³«Кансонар», Алматы, Қазақстан

*e-mail: aimus_@mail.ru

Тобет тұқымды иттердің жүнінің морфологиялық сипаттамаларын бағалау

Қазіргі заман кинологиясы иттердің генетикалық әртүрлілігі мен денсаулығын сақтау үшін тұқымдық ерекшеліктеріне зор көңіл бөліп, белсенді түрде зерттейді. Перспективалық тәсілдердің бірі болып табылатын, жүн талшығының (шаштың) негізгі микроструктураларының комбинациясын талдау – сүтқоректілердің түрін анықтауға немесе тіпті тұқымын сипаттауға мүмкіндік беретін инвазивті емес әдіс ретінде қарастырылады. Шаш – іргелі және қолданбалы зерттеулер үшін құнды әрі қарапайым модельдік объект. Бұл зерттеу Тобеттің жүн талшығы құрылымының бірегей ерекшеліктерін анықтауға бағытталған, бұл тұқыммен сәйкестендіру және селекциялық жұмыс үшін пайдаланылуы мүмкін, сондай-ақ тұқымдардың генетикалық әртүрлілігі мен денсаулығын сақтаудың ғылыми негізделген тәсілдерін әзірлеу үшін қолдануға болады. Зерттеу нәтижесінде тобет жүнінің келесі ерекшеліктері анықталды: бірқатарлы, фрагменттелген құрылымдағы өзегі, жасуша жиектері иректелген және кутикуланың аралық орналасуы, “қалыпты толқын” өрнегі және қабыршақтарының жақын орналасуы. Нәтижелер тобет жүнінің морфологиялық сипаттамаларын тұқымдық маркер ретінде қолданудың әлеуетін көрсетіп отыр, сирек және қорғауға алынған тұқымдардың этикалық зерттеулерін жеңілдетеді, бұл ұлттық тұқымның ерекше генетикасын сақтау және селекция үшін аса маңызды.

Түйін сөздер: Тобет, жүн, жүн талшығы, шаш, медулла, кутикула

Введение

Современная кинология уделяет большое внимание изучению породных характеристик собак, что позволяет обеспечивать сохранение генетического разнообразия и поддерживать здоровье пород. Одним из важных аспектов является разработка эффективных и доступных методов оценки специфических породных особенностей. Шерсть животных представляет собой ценный источник информации о состоянии их здоровья, физиологических особенностях и генетической принадлежности [1, 2]. Более того, морфологические и микрометрические характеристики шерсти могут служить информативными маркерами, позволяющими проводить видоспецифическую [3-7] и породоспецифическую идентификацию [8-9].

Волос состоит из двух основных частей: корня волоса, который находится в дерме кожи, и стержня волоса, выступающего над эпидермисом. Стержень волоса включает три морфологически различимые слоя: сердцевину или медуллу (центральный, слой), корковый слой (средний слой) и кутикулу (внешний слой) [7,10]. Слои волосяного стержня отличаются морфологией формирующих их клеток и составом структурных белков (кератины, кератиноподобные и кератинассоциированные белки) [11, 12]. Серцевина (медулла) иногда может отсутствовать на протяжении всего волоса или в некоторых его участках. Если она

присутствует, состоит из ороговевающих клеток на основе кератина. Содержание фибрилл кератина в этих клетках минимальное, что приводит к тому, что основное пространство клетки занимает воздух и остатки цитоплазмы, которые могут содержать меланосомы. Морфология этих клеток и межклеточные заполненные воздухом пространства определяют специфические характеристики сердцевин. Ее структура может различаться в зависимости от вида животного и быть сплошной или прерывистой, фрагментарной [10]. Корковый слой составляет основную часть волокна волоса и состоит из удлинённых кератинизированных, веретенообразных клеток, перемежающихся с меланосомами. Клетки такой формы, пригнанные по своей форме друг к другу, образуют плотный эластичный слой, прочно соединённый в одно целое. Меланосомы – это пигментные гранулы, которые придают волосу цвет. Вокруг коркового слоя располагается кутикула, которая образует тонкий защитный барьер вокруг волоса [10]. Кутикула состоит из 1 ряда клеток в толщину или из 2 и более рядов, где клетки краями налегают друг на друга. Расположение клеток могут быть поперечными, косыми (с умеренным уклоном, с сильным уклоном) или продольными, по направлению к оси волоса. Выделяют два основных типа узоров чешуек кутикулы: волнистый – клеточные края имеют изгибы или волнообразную форму; коронный простой (в форме короны) – клетки как лепестки, перекрывают одна другую. Также встречаются

узоры мозаичного типа, где кутикулы неправильной многоугольной формы с бессистемным расположением. Строение свободного края апикальной части клеток кутикулы тоже разнообразны, встречаются – ровный, неровный, зубчатый, округло-зубчатый, острозубчатый, неровный с округлыми вершинами и острыми углублениями и др. Расстояние между последовательными краями чешуек может быть близким, промежуточным или широким, в зависимости от вида животного [13]. Характеристики узора чешуек кутикулы, типа и диаметра медуллы, а также пигментация волоса являются важными признаками для идентификации вида животного [14-16].

Использование шерсти для определения вида или породы животных обладает рядом преимуществ по сравнению с инвазивными методами. Этот подход является малоинвазивным, (неинвазивным) безопасным и гуманным, так как не вызывает стресс у животных и не требует сложного оборудования. Шерсть легко собирается, сохраняется в течение длительного времени без специальных условий за счет высокого содержания фибриллярного белка-кератина, богатого цистеином, и минимально подвержена риску контаминации [7]. Метод также этически приемлем для работы с редкими и охраняемыми видами.

Собаки породы Тобет, являющиеся традиционным наследием Казахстана, обладают уникальными экстерьерными и генетическими характеристиками, что делает их изучение особенно актуальным [17]. Однако до настоящего времени научные данные о морфологических особенностях шерсти этой породы остаются недостаточными. *Таким образом, в данной работе мы исследовали морфологические и микроструктурные характеристики волос собак породы Тобет и оценили возможность их использования в качестве малоинвазивного доступного породоспецифического маркера.* Результаты исследования могут быть использованы для создания научно обоснованных подходов к идентификации и селекционной работе с данной породой.

Материалы и методы

Объекты исследования

В работе использованы образцы шерсти от представителей породы Тобет и других пород, проживающих в различных регионах Казахстана: Тобет – 133 образца и 39 образцов от собак других пород со схожим или не похожим типом шерстного покрова, а именно Тазы – 13 образцов, Немецкая овчарка – 7 образцов, Тибетский

мастиф – 3 образца, Хаски -1 образец, Южно-африканский бурбуль – 1 образец, Голден ретривер -1 образец, Аляскинский маламут -3 образца, Лабрадор – 1 образец, Кавказская овчарка – 2 образца, Кавказский волкодав – 7 образцов. Оценка соответствия стандартам пород собак была проведена экспертами-кинологами Республиканской ассоциации общественных объединений охотников и охотничьих хозяйств «КАНСОНАР». Образцы шерсти собирали в средней дорсальной области тела собак с использованием расчески после получения согласия владельца. Образцы собирались и хранились в прозрачных герметичных пластиковых пакетах с застежкой-молнией до проведения первичной обработки и визуального анализа, далее хранились в бумажных конвертах, помеченных данными о породе, дате сбора и номере материала. Каждый образец содержал не менее 50 волос разного типа, в исследовании использовались дорсальные остевые волосы. Этот выбор был обусловлен тем, что остевые волосы обладают диагностически надежными признаками, что делает их важными для идентификации вида [14, 18-21]. Все собаки, включенные в это исследование, были клинически здоровы и не имели признаков кожных заболеваний. Процесс получения образцов шерсти был безболезненным для животных и не требовал анальгетиков или анестезии. Исследование получило одобрение Биоэтической комиссии РГП на ПХВ «Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А.Айтхожина» КН МНВО РК.

Визуальная оценка волос, определение длины и диаметра волоса

Визуальную оценку проводили сразу после сбора и промывания образцов мыльно-содовым раствором с последующим высушиванием на впитывающей бумаге при комнатной температуре.

После визуальной оценки проводили специальную обработку с целью подготовки препаратов для исследования кутикулы и сердцевинки волоса: собранные волосы промывались в спирте с добавлением моющего средства с помощью магнитной мешалки, затем высушивались на впитывающей бумаге.

Получение отпечатка кутикулы волоса

Для получения отпечатка кутикулы использовали волосы, прошедшие соответствующую обработку. Тонкий слой бесцветного лака для ногтей либо синтетического бальзама наносили на чистое предметное стекло. После неполного высыхания при комнатной температуре в течение нескольких минут поверх этого слоя поме-

щали волосы. После полного высыхания лака либо бальзама волосы удаляли. Опыты повторялись до тех пор, пока не были получены отпечатки кутикулы хорошего качества с 2-5-ю остевыми волосами. Полученные отпечатки оценивали под световым микроскопом при увеличении в 10× и 40× [22].

Получение препаратов для изучения типов сердцевинки волоса

Волосы промывали мыльно-содовым раствором, затем в эфире и погружали в раствор 70% перекиси водорода и 30% аммиака для обесцвечивания. Обесцвеченные волосы промывали в дистиллированной воде для удаления раствора и проводили насыщение парафином или глицерином для заполнения воздушного пространства, что делало их прозрачными. Полученные препараты оценивали под световым микроскопом при увеличении в 10× и 40×.

Результаты

В Таблицах 1 и 2 представлены характеристики сердцевинки и кутикулы волос, обнару-

женные у собак разных пород в ходе проведенного исследования. Анализ характеристики краев сердцевинки проводили до насыщения волос парафином или глицерином, так как края были четко видны до обработки. У просмотренных волос представителей разных пород собак (тазы, золотистый ретривер, аляскинский маламут, немецкая овчарка, тобет) были преимущественно обнаружены клетки с зубчатыми (в тонких сегментах бахромообразные) краями, редко – с ровными краями (Рисунок 1, слева). Было показано, что расположение клеток почти всегда однорядное, структура сердцевинки преимущественно одноклеточная неравномерная, узор фрагментарный, редко сплошной. Были рисунки, где между всеми клетками располагались светлые участки одинакового размера, формируя узор, напоминающий лестницу (немецкая овчарка и золотистый ретривер). У некоторых пород также наблюдались светлые участки пошире и разного размера, создающие решетчатый рисунок (Тобет). В некоторых препаратах сердцевинки также можно было разглядеть изображения букв, к примеру, N, K, V, X.

Таблица 1 – Особенности сердцевинки волос собак различных пород

Порода	Структура	Расположение	Узор	Края клеток	Ширина коры
Тазы	Одноклеточные нерегулярные	Однорядный	Фрагментарный	Зубчатая	Средняя
Золотистый ретривер	Одноклеточные нерегулярные	Однорядный	Фрагментарный	Зубчатая	Средняя
Аляскинский маламут	Одноклеточные нерегулярные	Однорядный	Сплошной	Зубчатая	Больше средней
Немецкая овчарка	Одноклеточные нерегулярные	Однорядный	Фрагментарный	Зубчатая	Меньше средней
Тобет	Одноклеточные нерегулярные	Однорядный	Фрагментарный	Зубчатая	Средняя

Таблица 2 – Особенности кутикулы волос собак различных пород

Порода	Позиция	Края чешуек	Узор чешуек	Расстояние между краями чешуек
Тазы	Промежуточная	Зубчатые	Обычная волна	Среднее
Золотистый ретривер	Поперечная	Гладкие	Обычная волна	Среднее
Аляскинский маламут	Поперечная	Гладкие	Обычная волна	Большое
Немецкая овчарка	Поперечная	Округло-зубчатый	Обычная волна	Большое
Тобет	Промежуточная	Зубчатые	Обычная волна	Близкое

Размер и форма чешуек кутикулы варьировала в зависимости от их расположения на волосе. На кончике волоса первые чешуйки имели небольшие размеры. В самой широкой части стержня чешуйки были значительно крупнее и располагались поперечно (с уклоном, без уклона). При оценке строения чешуйчатого слоя волос была использована ранее описанная классификация [23]. Кутикулу в основном анализировали по ее чешуйчатому узору и расположению на волосах (Рисунок 2). В изученных породах собак встречались несколько основных типов рисунка чешуйчатого слоя волоса: простой (или правильный) регулярный волнистый, неправильный нерегулярный волнистый узор. Края клеток были в виде ровной линии, гладкие, округлозубчатые, неровные с неглубокими впадинами и относительно острыми углами, волнистые, неровные

с глубокими впадинами и закругленными углами, а также чешуйки, расположенные подобно лепесткам цветка разного размера. Расстояние между краями чешуек отмечалось разное.

Анализ полученных препаратов кутикулы показал необходимость дальнейшего преобразования микрофотографий в схематические изображения для устранения цветовых артефактов, что будет способствовать стандартизации визуального восприятия и повышению качества анализа. Данный процесс включает упрощение изображений, устранение цветовых вариаций и акцентирование на формах и контурах чешуек кутикулы волос. Полученные изображения позволяют проводить более точный сравнительный анализ и эффективно выявлять морфологические различия и сходства между образцами, что важно для наших дальнейших исследований.

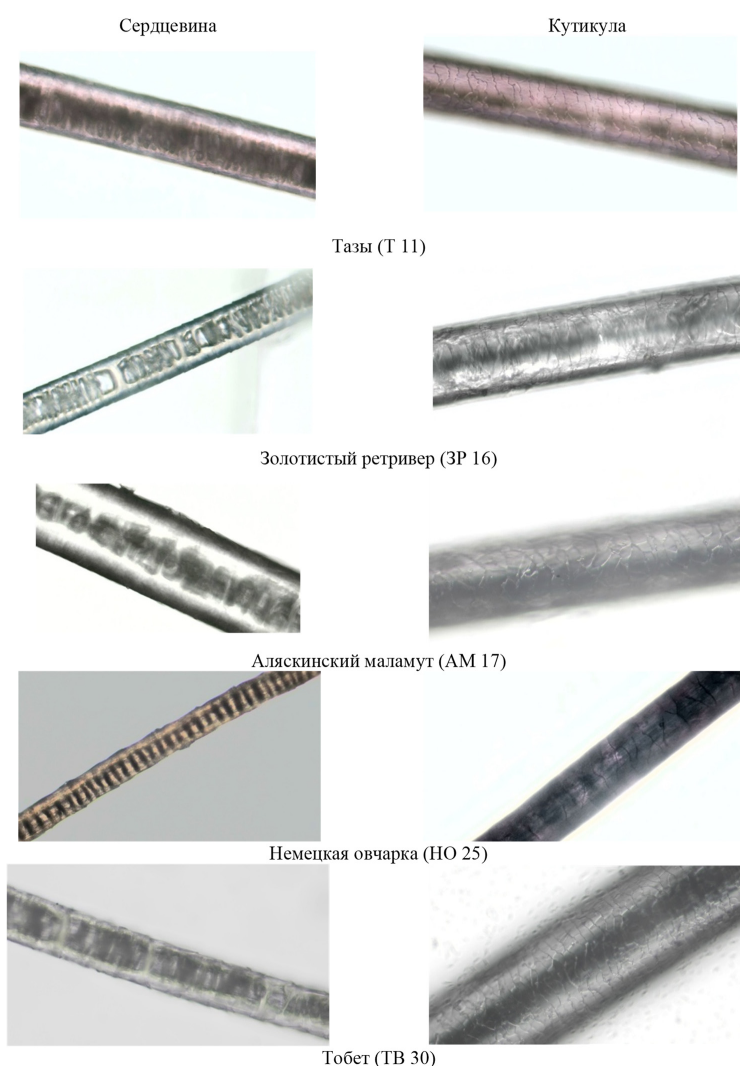


Рисунок 1 – Препараты образцов волос собак разных пород, демонстрирующие узоры сердцевин и кутикулы (световой микроскоп, объектив 20х)

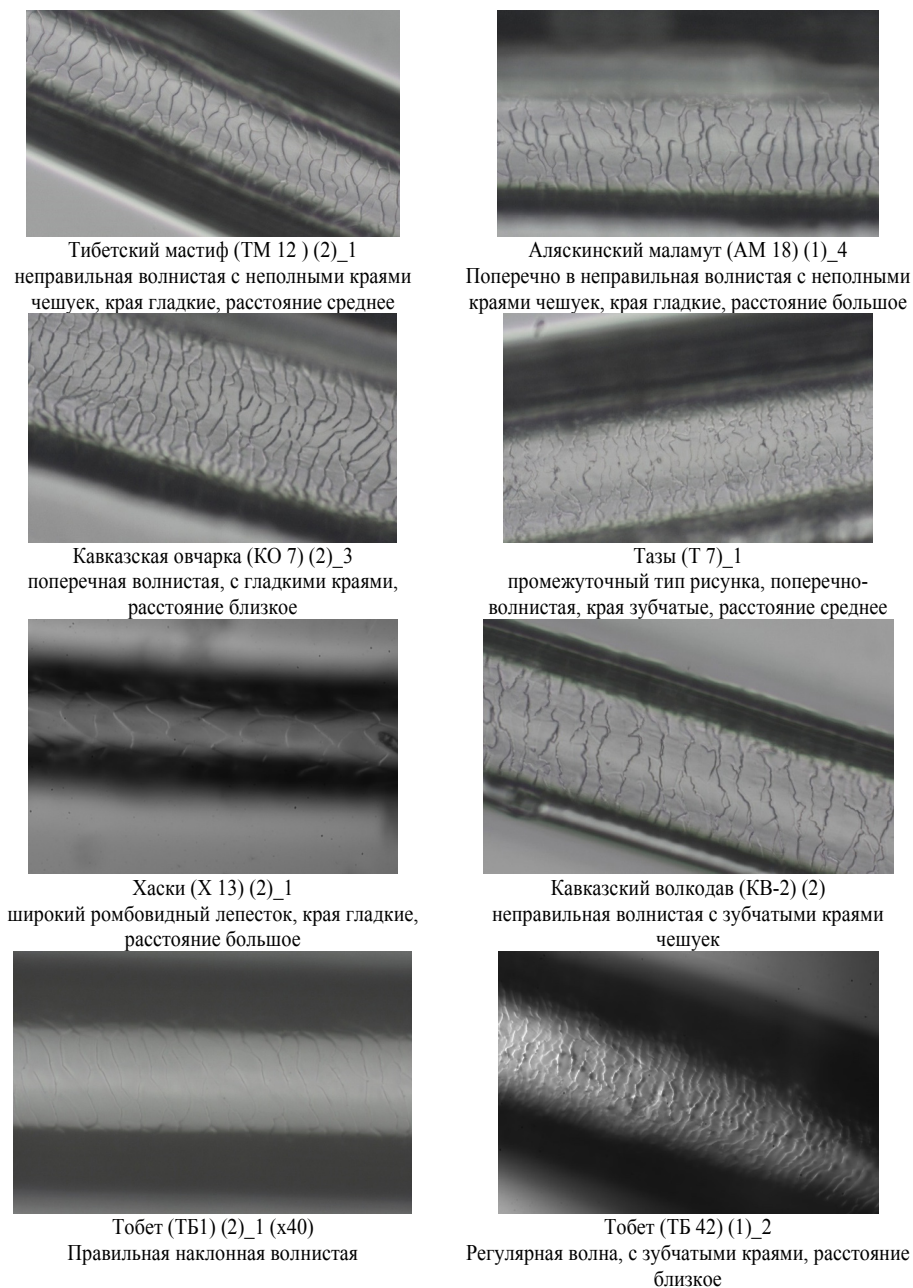


Рисунок 2 – Микроскопические характеристики кутикулы волос собак различных пород, (световой микроскоп, объектив 40х)

Обсуждение

В данной работе мы исследовали морфологические особенности остевых волос собаки породы Тобет и другие породы собак с похожим и непохожим типами шерстяного покрова. Характерной особенностью шерсти всех пород собак было присутствие сердцевинки волоса. Данные результаты согласуются с ранее описанными работами, показавшими наличие сердцевинки у представителей семейства *Canidae* [1]. Однако

наблюдаемые особенности структуры сердцевинки были более разнообразными, чем в предыдущих публикациях, которые рассматривали *Canidae* как однородную без каких-либо изменений этих показателей [1]. Так, в то время как Ahmed и соавторы показали, что особенностью сердцевинки шерсти собак является сплошной узор, мы наблюдали как фрагментарный, так и сплошной узоры медуллы [1]. Тем не менее, следует отметить, что медулла шерсти представителей породы Тобет по морфологическим

признакам мало отличалась от других пород собак, изученных в данной работе (одноклеточная нерегулярная структура, однорядное расположение, фрагментарный узор, зубчатые края клеток и разная ширина коры). У исследованных собак не наблюдается очевидная корреляция между диаметром остевого волоса и наличием, и степенью развитости в нем сердцевин. Наибольшая толщина сердцевин относительно толщины всего стержня волоса обнаружена у Немецкой овчарки (диаметр самого волоса небольшой, но сердцевина занимает почти всю толщину), минимальный показатель нами выявлен у собаки породы Аляскинский маламут (диаметр самого волоса большой, но сердцевина тонкая) (Рисунк. 1, слева).

Породоспецифические особенности были выявлены при анализе кутикулы шерсти собак Тобет. Мы показали, что кутикула шерсти собак породы Тобет характеризовалась промежуточной позицией, зубчатыми краями чешуек с узором «обычная волна» и близким расстоянием между краями чешуек. Интересно, что наиболее схожие особенности строения кутикулы были также выявлены у другой казахской национальной породы собак – тазы. Возможным объяснением такого сходства между двумя породами собак могут быть адаптивные изменения, обусловленные схожими климатическими условиями развития данных пород собак. Кутикула волоса, являясь внешней частью волоса, наиболее подвержена воздействию окружающей среды [24, 25]. Большинство представителей собак в нашем исследовании характеризовались широко- или среднеотстоящими чешуйками кутикулы, в то время как у Тобет расстояние между чешуйками были близкое.

Выявленные нами закономерности строения волос собак необходимо подтвердить в более де-

тальном исследовании с участием большего количества животных, включая разные категории волос. Тем не менее, результаты, полученные на данном этапе указывают на наличие породоспецифических особенностей строения волос у собак Тобет и, следовательно, на большую перспективность использования шерсти собак породы Тобет в качестве породоспецифического маркера.

Заключение

Полученные в рамках выполнения исследования результаты впервые описывают морфологические особенности шерсти собак породы Тобет в сравнении с другими породами и указывают на перспективность использования совокупности морфологических особенностей шерсти Тобет в качестве малоинвазивного породоспецифического маркера. А также представляют более широкий интерес в плане механизмов морфогенеза волос.

Финансирование

Работа выполнена в рамках программы BR21881977 «Изучение генофонда национальной казахской породы собак Тобет и методов его криоконсервации для разработки рекомендаций по эффективному восстановлению и сохранению породы», финансируемой Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие финансовой или какой-либо иной поддержки исследования, или конфликта интересов.

Литература

1. Ahmed Y.A., Ali S. and Ghallab A. «Hair histology as a tool for forensic identification of some domestic animal species» *EXCLI J.*, (2018) Vol.6, No. 17, pp. 663-670. DOI: <https://doi.org/10.17179/excli2018-1478>.
2. Tridico S. «Examination, analysis, and application of hair in forensic science – animal hair» *Forensic Sci Rev.*, (2005) Vol.17(1), pp. 17–28.
3. Sato H., Matsuda H., Kubota S. and Kawano K. «Statistical comparison of dog and cat guard hairs using numerical morphology» *Forensic Sci Int.*, (2006) Vol.10. № 158(2-3). pp. 94-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.04.041>.
4. Sahajpal V., Goyal S.P., Jayapal R., Yoganand K. and Thakar M.K. «Hair characteristics of four Indian bear species» *Sci Justice.*, (2008) Vol.48(1), pp. 8-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2007.05.001>.
5. Sahajpal V., Goyal S., Singh K. and Thakur V. «Dealing wildlife offences in India: role of the hair as physical evidence» *Int J Trichology.*, (2009) Vol. 1(1), pp. 18-26. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-7753.51928>.
6. European Network of Forensic Sciences Institutes. «Best practice manual for the microscopic examination and comparison of human and animal hair». *ENFSI-BPM-THG-03*. (2015). No 3, p.64.

7. Knecht, L. «The Use of Hair Morphology in the Identification of Mammals» *In Wildlife Forensics* (eds J.E. Huffman and J.R. Wallace). (2011). DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119953142.ch8>
8. Tumiłowicz P., Goliżewska A., Arct J., Pytkowska K. and Szczepanik M. «Preliminary study of guard hair morphology in four dog breeds» *Vet Dermatol.* (2018). DOI: <https://doi.org/10.1111/vde.12656>.
9. Van den Broeck W., Mortier P., Simoens P. «Scanning electron microscopic study of different hair types in various breeds of rabbits» *Folia Morphol (Warsz)*. (2001) Vol. 60(1). pp.33-40. DOI: <https://doi.org/10.1111/vde.12656>
10. Deedrick D.W., Koch S.L. «Microscopy of Hair Part II: A practical guide and manual for animal hairs» *Forensic Sci Commun.* (2004) Vol.6. № 3. pp. 1–32.
11. Zhang, L.M.Q. and Cho Y.I. «Deep-Learning-Based Hair Damage Diagnosis Method Applying Scanning Electron Microscopy Images» *Diagnostics* (2021) Vol. 11, p. 1831. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11101831>
12. Velamoor S., Mitchell A., Bostina M. and Harland D. «Processing hair follicles for transmission electron Microscopy» *Exp Dermatol.* (2022) Vol. 31, pp.110–121. DOI: <https://doi.org/10.1111/exd.14439>
13. Debelica A. and M.L. Thies. «Atlas and Key to the hair of terrestrial Texas mammals. Special Publications (No. 55). Museum of Texas Tech University» *Natural Science Research Laboratory. Texas Tech University.* (2009) No 55, pp. 102. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.142652>
14. Lee E., Choi T.Y., Woo D., Min M.S., Sugita S., Lee H. «Species identification key of Korean mammal hair» *J Vet Med Sci.* (2014) Vol. 76. № 5. pp. 667-675. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0569>.
15. De Marinis A. M., Asprea A. «Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe» *Wildl. Biol.* (2006) Vol.12. № 3. pp. 305–320. DOI: [https://doi.org/10.2981/0909-6396\(2006\)12\[305:HIKOWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2006)12[305:HIKOWA]2.0.CO;2)
16. Hausman L.A. «Structural characteristics of the hair of mammals» *Am. Nat.* (1920) Vol. 54. No. 635. pp. 496–523.
17. Perfil'eva A.V., Bepalova K.B., Begmanova M.O., Kuzovleva E.B. Ocenka geneticheskogo raznoobraziya sobak kazahskoj nacional'noj porody tobet yuzhnogo regiona Kazahstana// 3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideya, innovaciyayu – 2024. – №1. – S.58-67
18. DeeJay S.Y.M. and Wendy K.W.L. «Preliminary Forensic Study of Hair Morphology and Micrometry of Small-Sized Dog Breeds», *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* (2022) Vol. 9, No 2, pp. 170-178. DOI: <https://doi.org/10.32628/IJSRST229226>
19. Vaishnav L., Parashar S., Kumar A. and Sachdeva M.P. «A study on hair analysis of different Canidae breeds» *Forensic Science International: Reports* (2021) Vol. 3, 100169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100169>
20. Derunov D., Chasovskih O., Sukhih O., Buldakova K. and Kokorina A. «Comparative analysis of wild and domestic animals hair species» *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 677 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042007>
21. Chernova O.F. «Comparative analysis of hair microstructure in the cave lion (*Panthera spelaea*): A review» *Earth History and Biodiversity* (2024) Vol. 2, 100014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hisbio.2024.100014>
22. Teerink B.J. «Hair of West European mammals: atlas and identification key» *Cambridge University Press.* (2003). p. 224. ISBN: 9780521545778
23. Cornally A. and Lawton C. «Guide to the Identification of Irish Mammal Hair» *Irish Wildlife Manuals*, (2016) No. 92. – 40 p.
24. Richena M. and Rezende C.A. «Morphological degradation of human hair cuticle due to simulated sunlight irradiation and washing» *J Photochem Photobiol B.* (2016) Vol.161, pp. 430-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.06.002>.
25. Rogers G.E. «Known and Unknown Features of Hair Cuticle Structure: A Brief Review» *Cosmetics* (2019), No 6, 32. DOI: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020032>

References

1. Ahmed Y.A., Ali S. and Ghallab A. Hair histology as a tool for forensic identification of some domestic animal species // *EXCLI J.* – 2018. Vol.6. – №17. – P. 663-670. DOI: <https://doi.org/10.17179/excli2018-1478>.
2. Tridico S. Examination, analysis, and application of hair in forensic science – animal hair // *Forensic Sci Rev.* – 2005. – Vol.17. – № 1. – P.17–28.
3. Sato H., Matsuda H., Kubota S. and Kawano K. Statistical comparison of dog and cat guard hairs using numerical morphology // *Forensic Sci Int.* – 2006. – Vol.10. № 158(2-3). – P. 94-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.04.041>.
4. Sahajpal V., Goyal S.P., Jayapal R., Yoganand K. and Thakar M.K. Hair characteristics of four Indian bear species // *Sci Justice.* – 2008. – Vol.48. – №1. P. 8-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2007.05.001>.
5. Sahajpal V., Goyal S., Singh K. and Thakur V. Dealing wildlife offenses in India: role of the hair as physical evidence // *Int J Trichology.* – 2009. – Vol. 1. – № 1. – P.18-26. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-7753.51928>.
6. European Network of Forensic Sciences Institutes. Best practice manual for the microscopic examination and comparison of human and animal hair // *ENFSI-BPM-THG-03* – 2015. – № 3. p.64.
7. Knecht, L. The Use of Hair Morphology in the Identification of Mammals // *In Wildlife Forensics* (eds J.E. Huffman and J.R. Wallace). – 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119953142.ch8>
8. Tumiłowicz P., Goliżewska A., Arct J., Pytkowska K. and Szczepanik M. Preliminary study of guard hair morphology in four dog breeds // *Vet Dermatol.* – 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/vde.12656>.
9. Van den Broeck W., Mortier P., Simoens P. Scanning electron microscopic study of different hair types in various breeds of rabbits // *Folia Morphol (Warsz)*. – 2001. – Vol. 60. – № 1. – P.33-40. DOI: <https://doi.org/10.1111/vde.12656>

10. Deedrick D.W., Koch S.L. *Microscopy of Hair Part II: A practical guide and manual for animal hairs* // *Forensic Sci Commun.* – 2004. – Vol.6. – № 3. – P. 1–32.
11. Zhang, L.M.Q. and Cho Y.I. Deep-Learning-Based Hair Damage Diagnosis Method Applying Scanning Electron Microscopy Images // *Diagnostics.* – 2021. – Vol. 11. – P.1831. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11101831>
12. Velamoor S., Mitchell A., Bostina M. and Harland D. Processing hair follicles for transmission electron Microscopy // *Exp Dermatol.* – 2022. – Vol. 31. P.110–121. DOI: <https://doi.org/10.1111/exd.14439>
13. Debelica A. and M.L. Thies. *Atlas and Key to the hair of terrestrial Texas mammals. Special Publications (No. 55). Museum of Texas Tech University // Natural Science Research Laboratory. Texas Tech University.* – 2009. -№ 55, P.102. DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.142652>
14. Lee E., Choi T.Y., Woo D., Min M.S., Sugita S., Lee H. Species identification key of Korean mammal hair // *J Vet Med Sci.* – 2014. – Vol. 76. – № 5. P.667–675. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0569>.
15. De Marinis A. M., Asprea A. Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe // *Wildl. Biol.* – 2006. – Vol.12. – № 3. P.305–320. DOI: [https://doi.org/10.2981/0909-6396\(2006\)12\[305:HIKOWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2006)12[305:HIKOWA]2.0.CO;2)
16. Hausman L.A. Structural characteristics of the hair of mammals // *Am. Nat.* – 1920. – Vol. 54. – № 635. – P. 496–523.
17. Perfil'eva A.V., Bespalova K.B., Begmanova M.O., Kuzovleva E.B. Ocenka geneticheskogo raznoobraziya sobak kazahskoj nacional'noj porodoy tobet yuzhnogo regiona Kazahstana // 3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideya, innovaciyayu – 2024. – №1. – S.58–67 (In Russian)
18. DeeJay S.Y.M. and Wendy K.W.L. Preliminary Forensic Study of Hair Morphology and Micrometry of Small-Sized Dog Breeds // *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* – 2022. – Vol. 9. – № 2. – P.170–178. DOI: <https://doi.org/10.32628/IJSRST229226>
19. Vaishnav L., Parashar S., Kumar A. and Sachdeva M.P. A study on hair analysis of different Canidae breeds // *Forensic Science International: Reports* – 2021. – Vol. 3. 100169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100169>
20. Derunov D., Chasovskih O., Sukhih O., Buldakova K. and Kokorina A. Comparative analysis of wild and domestic animals hair species // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 677 – 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042007>
21. Chernova O.F. Comparative analysis of hair microstructure in the cave lion (*Panthera spelaea*): A review // *Earth History and Biodiversity.* – 2024. – Vol. 2. 100014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hisbio.2024.100014>
22. Teerink B.J. Hair of West European mammals: atlas and identification key // *Cambridge University Press.* – 2003. – P.224. ISBN: 9780521545778
23. Cornally A. and Lawton C. Guide to the Identification of Irish Mammal Hair // *Irish Wildlife Manuals.* – 2016. №. 92. – 40 p.
24. Richena M. and Rezende C.A. Morphological degradation of human hair cuticle due to simulated sunlight irradiation and washing // *J Photochem Photobiol B.* – 2016. – Vol.161. – P.430–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.06.002>.
25. Rogers G.E. Known and Unknown Features of Hair Cuticle Structure: A Brief Review // *Cosmetics.* – 2019. – № 6. P.32. DOI: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020032>

Информация об авторах:

Мусаева Айжан Сеилькановна – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник Института генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: aimus@mail.ru;

Бекитаева Айдана Куандыковна – магистр, младший научный сотрудник, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. Аль-Фараби 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: aidana.bekitayeva@gmail.com

Бахтыбеккызы Шолпан – магистр, научный сотрудник, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. Аль-Фараби 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: sholpan_bsb@mail.ru

Оразымбетова Зарина Сейсеновна – старший научный сотрудник, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. Аль-Фараби 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: orazymbetova.z@gmail.com

Арынгазиев Берик Серикович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. Аль-Фараби 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: berik_aryngaziev@mail.ru

Хамдиева Озада Хакимовна – магистр, старший научный сотрудник лаборатории экспериментального мутагенеза, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: azadahamdиеva@gmail.com

Кузовлева Елена Борисовна – старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: vkebl@mail.ru

Беспалов Сергей Владиславович – магистр, младший научный сотрудник лаборатории териологии, Институт зоологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: bespalov_sergey@mail.ru

Бегманова Мамура Оракбаевна – магистр, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан. эл.почта: bmamura@mail.ru

Вишнякова Ольга Васильевна – эксперт-кинолог, Ассоциация «Консонар», Манаса, 22Б, Алматы, Казахстан. эл.почта: olgavich@mail.ru

Information about authors:

Mussayeva Aizhan Seilkanovna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Genetics and Physiology CS MSHE of the RK, Al-Farabi Ave. 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: aimus_@mail.ru

Bekitayeva Aidana Kuandykovna – Master's degree holder, Junior Researcher, Institute of Genetics and Physiology CS MSHE of the RK, Al-Farabi Ave. 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: aidana.bekitayeva@gmail.com

Bakhtybekkyzy Sholpan – Master's degree holder, Researcher, Institute of Genetics and Physiology CS MSHE of the RK, Al-Farabi Ave. 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: sholpan_bsb@mail.ru

Orazymbetova Zarina Seysenovna – Senior Researcher, Institute of Genetics and Physiology CS MSHE of the RK, Al-Farabi Ave. 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: orazymbetova.z@gmail.com

Aryngazyev Berik Serikovich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Genetics and Physiology CS MSHE of the RK, Al-Farabi Ave. 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: berik_aryngaziev@mail.ru

Khamdiyeva Ozada Khakimovna – senior researcher, Laboratory of Experimental Mutagenesis, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: azadahamdieva@gmail.com

Kuzovleva Yelena Borisovna – senior researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: vkeb1@mail.ru

Bespalov Sergej Vladislavovich – Master, Junior Researcher, Laboratory of Theriology, Institute of Zoology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: bespalov_sergey@mail.ru

Begmanova Mamura Orakbaevna – Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan. E-mail: bmamura@mail.ru

Vishnyakova Ol'ga Vasil'evna – expert cynologist, Association "Kansonar", Manasa, 22B, Almaty, Kazakhstan. E-mail: ol-gavich@mail.ru

Поступила 9 января 2025 года

Принята 10 марта 2025 года

Г.Т. Ситпаева¹ , Л.Ш. Шадманова^{1*} , А.А. Кунанбай¹ ,
Т.С. Кульболдин^{1,2} , Д.Д. Болат^{1,2} , А.И. Токен¹ 

¹Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*e-mail: laura_shadmanova@mail.ru

ИЗУЧЕННОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ (на примере области Улытау)

Исследования, направленные на оптимизацию использования природных ресурсов и сохранение биоразнообразия на уровне вида и популяций, представляют собой одно из ведущих направлений научных исследований.

В обзорной статье представлен анализ применения молекулярных маркеров для исследования генетической структуры и популяционной вариабельности редких «Краснокнижных» видов растений, встречающихся в Улытауской области. Анализ данных Красной книги Казахстана [1] выявил наличие более 20 видов, находящихся под угрозой исчезновения и являющихся редкими, на исследуемой территории. Анализ литературных источников позволил получить информацию о предыдущих исследованиях и полученных результатах с целью предотвращения дублирования уже выполненных работ. Были выявлены перспективные направления для будущих исследований, а также пробелы в изучении некоторых видов. Отмечено, что молекулярные маркеры имеют значительные преимущества по сравнению с другими инструментами исследования. Немаловажным является выбор молекулярно-генетических методов и маркеров для изучения генетической структуры редких видов растений.

Анализ применения различных молекулярных маркеров для изучения редких видов растений показал информативность и достоверность ISSR и SSR маркеров при изучении генетического разнообразия внутри и между популяций редких и/или исчезающих видов растений, потенциально встречающихся в Улытауской области.

Ключевые слова: литературные данные, молекулярные маркеры, обзорный анализ, растения, редкие виды, Улытау.

G.T. Sitpayeva¹, L.Sh. Shadmanova^{1*}, A.A. Kunanbai¹,
T.S. Kulboldin^{1,2}, D.D. Bolat^{1,2}, A. I. Token¹

¹Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: laura_shadmanova@mail.ru

Study of genetic characterization of rare plant species (based on the example of Ulytau region)

Studies aimed at optimizing the use of natural resources and conservation of biodiversity at the species and population level represent one of the leading directions of scientific research.

This review article presents an analysis of the application of molecular markers to study the genetic structure and population variability of rare «Red Book» plant species occurring in the Ulytau region. Analysis of data from the Red Data Book of Kazakhstan [1] revealed the presence of more than 20 endangered and rare species in the study area. Analysis of literary sources provided information on previous studies and results obtained in order to prevent duplication of already performed work. Promising directions for future research were identified, as well as gaps in the study of some species. It was noted that molecular markers have significant advantages over other research tools. The choice of molecular genetic methods and markers to study the genetic structure of rare plant species is not insignificant.

The analysis of application of different molecular markers for studying rare plant species showed the informativeness and reliability of ISSR and SSR markers in studying genetic diversity within and between populations of rare and/or endangered plant species potentially occurring in Ulytau region.

Key words: literature data, molecular markers, survey analysis, plants, rare species, Ulytau.

Г.Т. Ситпаева¹, Л.Ш. Шадманова^{1*}, А.А. Кунанбай¹,
Т.С. Кульболдин^{1,2}, Д.Д. Болат^{1,2}, А.И. Төкен¹

¹Ботаника и фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан

² Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан

*e-mail: laura_shadmanova@mail.ru

Сирек кездесетін өсімдік түрлерінің генетикалық сипаттамасының зерттеулері (Ұлытау облысының мысалында)

Табиғи ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға және биоалуандылықты түрлер мен популяциялар деңгейінде сақтауға бағытталған зерттеулер ғылыми зерттеулердің жетекші бағыттарының бірі болып табылады.

Шолу мақаласында Ұлытау облысында кездесетін сирек кездесетін «Қызыл кітапқа» еңген өсімдік түрлерінің генетикалық құрылымы мен популяциялық өзгергіштігін зерттеу үшін молекулалық маркерлерді қолдану талдауы келтірілген. Қазақстанның Қызыл кітабының [1] деректерін талдау барысында зерттелетін аумақта сирек кездесетін және жойылып кету қаупі бар 20-дан астам түрдің болуы анықталды. Әдеби дереккөздерді талдау бұрын жүргізілген жұмыстардың қайталанбауын, сонымен қатар бұрын жүргізілген зерттеулер мен олардың нәтижелері туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді. Болашақ зерттеулердің перспективалық бағыттары, сондай-ақ кейбір түрлерді зерттеудегі жетіспеушіліктер анықталды. Молекулалық маркерлер басқа зерттеу құралдарымен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтарға ие екендігі атап өтілді. Сирек кездесетін өсімдік түрлерінің генетикалық құрылымын зерттеу үшін молекулалық-генетикалық әдістер мен маркерлерді таңдау маңызды.

Сирек кездесетін өсімдік түрлерін зерттеу үшін әртүрлі молекулалық маркерлерді қолдануды талдау Ұлытау облысында кездесуі мүмкін сирек және/немесе жойылып кету қаупі бар өсімдік түрлерінің популяцияларындағы және олардың арасындағы генетикалық әртүрлілікті зерттеу кезінде ISSR және SSR маркерлерінің ақпараттылығы мен сенімділігін көрсетеді.

Түйін сөздер: әдеби деректер, молекулалық маркерлер, өсімдіктер, сирек кездесетін түрлер, шолу талдауы, Ұлытау.

Введение

Ключевыми направлениями ботанических исследований являются анализ региональных флор и охрана редких видов растений в местах их естественного произрастания.

Значительная широтная и долготная протяженность Казахстана в сочетании с разнообразием рельефа территории республики обуславливает специфичность флоры отдельных регионов, выражающуюся в том числе в определенном наборе редких для нее видов [2]. Так, разнообразие флоры объясняется спецификой региона, что проявляется в экологическом и таксономическом многообразии растительных видов. Гетерогенность природных условий выражается в многообразии ландшафтов территории: на севере страны преобладает зона лесостепи, южнее расположены степи и засушливые степи, а еще южнее — полупустыни и пустыни [3].

Улытауская область была организована путем выделения из западной части Карагандинской области 2022 году и занимает центральную часть Казахского мелкосопочника. Рельеф данной области характеризуется небольшими возвышенностями и понижениями. Разнообразие флоры представлено степными и полупустынными

травами и кустарниками, приспособленными к засушливым условиям центрального Казахстана, лесные насаждения встречаются редко. Также данная область является индустриальным регионом страны [4]. Здесь находятся несколько месторождений полезных ископаемых, которые имеют важную роль в горнодобывающей отрасли. В то же время добыча угля и металлов приводят к формированию отвалов и негативно воздействуют на окружающую среду. В связи с чем, комплексное изучение и мониторинг растительности данной области представляют научный и практический интерес для сохранения и устойчивого использования его биоразнообразия.

Как известно, исчезновение любого вида растения является катастрофической и невозполнимой потерей для природы. Особой опасности подвергаются виды, численность которых ограничена или которые встречаются на специфической географической территории и определяющиеся как «редкий», «исчезающий» и/или «эндемичный» вид.

Эффективное сохранение редких видов невозможно без учета его генетической компоненты. Данные о генетическом разнообразии и структуре природных популяций редких растений являются необходимыми для разработки

стратегии их сохранения, позволяют оценить динамическое поведение в их естественной среде обитания и помогает оценить их устойчивость к экстремальным экологическим явлениям, вспышкам болезней и изменению климата.

Таким образом, понимание генетического разнообразия популяций редких видов позволяет эффективно управлять и сохранять исчезающие дикорастущие растения путем отбора соответствующих популяций [5]. Кроме того, генетическое разнообразие является источником признаков, которые можно использовать в селекционных программах для получения сортов с высокой устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам [6].

Анализ литературных данных может служить основой для планирования молекулярно-генетических исследований редких видов растений Улытауской области, с целью определения, проводились ли ранее аналогичные исследования по этим видам или же данная область остается недостаточно изученной.

Результаты

Изучив материалы Красной книги Казахстана (2014), мы установили, что на территории Улытауской области могут встречаться более 20 видов растений, находящихся под угрозой исчезновения и относящихся к категории редких: *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult.fil., *Tulipa borszczowii* Regel., *Tulipa schrenkii* Regel, *Tulipa biflora* Pall., *Tulipa patens* C. Agardh, *Scirpus kazakhstanicus* Dobroch, *Tanacetum ulutavicum* Tzvel., *Alnus glutinosa* (L) Gaerth., 8. *Anabasis turgaica* Iljin et Krasch., *Berberis karkaralensis* Kornilov et Potapov, *Adonis wolgensis* Stev., *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Regel *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Drosera rotundifolia* L., *Oxytropis subverticillaris* C.A.Mey., *Stipa pennata* L., *Ornithogalum fischerianum* Krasch, *Astragalus Sumneviczii* Pavlov, *Hedysarum bectauatavicum* Bajtenov, *Betula kirghisorum* Sawicz, *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.) Kuntze, *Craniospermum echioides* (Schrenk) Bunge, *Crambe tataria* Sebeók, *Berberis karkaralensis* Kornil. & Potopov.

В Казахстане 18 видов рода *Tulipa* находятся под охраной, 5 из которых встречаются в Улытауской области.

Анализ литературных источников показал, что для исследования генетического разнообразия видов тюльпанов активно применяются молекулярные маркеры, включая маркеры EST-SSR (экспрессируемые транскрипционные по-

следовательности — простые нуклеотидные повторы), которые находят широкое применение в изучении генетической вариабельности этих видов [7]. Также исследования осуществляются с использованием маркеров RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat) и SNP (Single Nucleotide Polymorphism) для молекулярной характеристики видов тюльпанов [8-11].

На данный момент многие виды рода *Tulipa* со всего мира были проанализированы с использованием ядерных и хлоропластных маркеров (nrITS, accD-psaI, rps16-trnQ, rpl32-trnL, rps15-ycf1, rps4-trnT, trnE-trnT, matK, psbA-trnH, and rbcL и др) [9-11; 14-16]. Это обусловило рекомендацию маркеров ycf1, matK и nrITS как наилучших для широкого применения в изучении их генетической структуры [13].

Комплексное изучение генетической структуры популяций тюльпанов было проведено для *Tulipa biebersteiniana*, *T. patens*, *T. scytica* и *T. riparia* с использованием AFLP-маркеров [14]. В ходе данного исследования генетический полиморфизм каждого вида тюльпанов был определен с использованием трех различных комбинаций праймеров по 87 локусам. Анализ данных выявил 23% изменчивости среди изученных видов и 56% разнообразия внутри популяции. Исследования позволили оценить взаимное родство различных популяций и их адаптивность с помощью метода секвенирования с использованием маркеров ITS и хлДНК (RbCl, matK). Поскольку *Tulipa patens* демонстрирует высокий уровень генетического разнообразия, необходимость эффективных мер по сохранению и защите этого вида особенно важна для использования в селекции и будущей устойчивости вида в дикой природе. *Tulipa biebersteiniana* была идентифицирована как вид растения с низким уровнем генетического разнообразия. Генетическая однородность этого вида связана с факторами окружающей среды и его естественной системой вегетативного размножения. Естественный вегетативный способ размножения и самонесовместимость повышают однородность этого вида и ограничивают генетическую изменчивость. Результаты исследования показывают, что *T.biebersteiniana* высоко восприимчивы к возбудителю *Puccinia prostii*, что увеличивает риск их исчезновения, что указывает на необходимость принятия мер по увеличению генетического разнообразия для сохранения данного вида.

Pourkhaloe и др. [15] также установили связь между дикими и культивируемыми тюль-

панами, собрав данные, позволяющие глубже понять историю их эволюции и влияние человеческой деятельности на их генетический состав. Эти сведения используются для разработки стратегий охраны и селекционной работы с тюльпанами. Анализ AMOVA выявил межпопуляционную изменчивость на 23% среди изученных видов и внутривидовую дисперсию на 56% внутри популяций. Наибольшая видовая дифференциация (33%) обнаружена у *T. biebersteiniana*, а наименьший уровень дифференциации (13%) отмечен у *T. riparia*. Эти результаты свидетельствуют о неравномерности генетического потока между разными популяциями и их адаптивных особенностей в зависимости от условий окружающей среды.

Виды родов *Ornithogalum* и *Stipa* рассматриваются как ресурсные растения и выполняют ключевую роль в поддержании устойчивости экосистем. *Ornithogalum fischerianum* Krasch (звезда Фишера) имеет пищевое, декоративное и лекарственное значение [1], но информация о его генетическом разнообразии и размере генома ограничена. Для изучения генетической структуры некоторых видов рода *Ornithogalum* количество ядерной ДНК определяли методом проточной цитометрии. Для изучения генетического сходства и различия его популяций использовались молекулярные маркеры, такие как RAPD, ISSR и SRAP [17].

Stipa pennata – находится под угрозой исчезновения не только в Казахстане, но и в Центральной Европе из-за сокращения его среды обитания. Для изучения генетического разнообразия и структуры популяции *Stipa pennata* были разработаны десять микросателлитных маркеров с использованием технологии секвенирования Illumina. Среди них семь маркеров показали полиморфизм, что позволило изучить генетическое разнообразие каждого локуса. С помощью микросателлитных маркеров число аллелей каждого локуса варьировало от 7 до 12, а уровень гетерозиготности достигал 0,000–1,000 [18]. Согласно исследованию Dong, P [19] метод RAPD оказался эффективным при изучении генетического разнообразия популяций *Astragalus membranaceus* географически удаленных регионов. Например, в 15 образцах из четырех разных провинций было идентифицировано 85 аллельных вариантов, а доля полиморфных фрагментов составила 78,16%. Оценка генетического расстояния между диким и культивируемым *A. membranaceus* составило 0,7026, что указывает на то, что они довольно далеки друг от друга.

Nymphoides peltata — многолетнее водное растение, широко распространенное в Северном полушарии, характеризующееся очищающими воду свойствами. В Японии его популяция в последние годы сокращается, а вид признан «находящимся под угрозой исчезновения» [22]. Основной способ размножения — вегетативное размножение корневищами, что позволяет распространиться на новые территории и сохранить генетическую уникальность.

Исследование японских ученых показало, что уровень генетического разнообразия и клональности *Nymphoides peltata* с использованием маркеров SNP было меньше, чем в предыдущих исследованиях с применением маркеров SSR. Такое снижение можно объяснить сокращением численности особей в последние годы. Результаты генетической экспертизы показали, что между восточными и западными регионами в генетической структуре, изученных популяций имеются существенные генетические различия [23].

В настоящее время имеется ограниченная информация о молекулярно-генетических исследованиях растений, встречающихся в Казахстане, таких как *Astragalus sumnevicii*, *Hedysarum bectauatavicum*, *Craniospermum echiodides*, *Tanacetum ulutavicum* и *Betula kirghisorum*.

Однако маркеры AFLP, ISSR и SNP используются в исследованиях других видов рода *Hedysarum*, *Tanacetum*, *Craniospermum*, что позволяет оценить их генетическое разнообразие и филогенетическую структуру [24–25].

Alnus glutinosa играет решающую роль в борьбе с наводнениями, стабилизации берегов рек и очистке воды [28]. В исследовании, проведенном отечественными учеными изучалась генетическая изменчивость популяций *A. glutinosa* в Казахстане. Анализ семи популяций Баянаульского горно-лесного массива и северных Тургайских районов с использованием 12 SSR-маркеров выявил высокое внутривидовое генетическое разнообразие. Дерево UPGMA, основанное на генетическом расстоянии Нея, выявило три отдельных кластера, что указывает на географически структурированную генетическую изменчивость в популяциях *A. glutinosa*.

Сравнительный анализ популяций *Alnus glutinosa* и *Alnus lusitanica* был проведен в Испании и описывает генетическое разнообразие, внутривидовые взаимоотношения и ареалы распространения популяций. Чтобы проанализировать генетическую структуру этих деревьев, исследователи использовали анализ плоидности, подсчет

хромосом, проточную цитометрию и микросателлитные маркеры (SSR). В результате исследовано 627 деревьев, выявлено 92 диплоидных (*A. glutinosa*) и 535 тетраплоидных (*A. lusitanica*) деревьев. Это указывает на то, что разные уровни пloidности были впервые зарегистрированы в Испании и не было обнаружено никаких доказательств гибридизации, даже если два вида про-

израстали в одном растительном сообществе. С помощью маркеров SSR были обнаружены четкие генетические различия между двумя видами, особенно в популяциях *A. glutinosa* [29]. В таблице 1 представлены данные литературного анализа для редких видов области Улытау, ареал которых был зарегистрирован или может встречаться на данной территории.

Таблица 1 – Применение молекулярных маркеров для исследования генетической изменчивости редких видов растений, потенциально встречающихся в Улытауской области

Вид растения	Тип ДНК-маркера								Литературный источник
	RAPD	AFLP	ISSR	SSR	SNP	ITS	cpDNA	rDNA	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Tulipa biebersteiniana</i>	-	+	-	+	-	-	-		[9; 10; 12; 14; 15]
<i>Tulipa biflora</i>	-	+	-	-	-	+	+		[9; 10; 16]
<i>Tulipa patens</i>	-		-	-	+	+	+	+	[12; 14; 15; 16]
<i>Tulipa schrenkii</i>	-	-	+	-	-	-	-		[10; 15]
Виды <i>Ornithogalum</i>	+	-	-	-	-	-	-		[12; 14; 16]
Виды <i>Scirpus</i>	-	+	-	+	-	-	-		[18; 19] Mei Yang
<i>Stipa pennata</i>	+	+	+	+	+	-	-		[20]
Виды <i>Astragalus</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	[21]
Виды <i>Hedysarum</i>	-	-	-	+	+	-	+	+	[24; 25]
<i>Nymphoides peltata</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	[22; 23]
Виды <i>Tanacetum</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	[26; 27]
<i>Alnus glutinosa</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	[28; 29; 30]
<i>Adonis wolgensis</i>	-		+						[31]
<i>Pulsatilla flavescens</i>		-	+	+	-	-	-		[28-30]
<i>Pulsatilla patens</i>	-	-	-	-	-	-	-		[32-33]
<i>Crambe tataria</i>	-						+		[34-35]

Данные таблицы подтверждают, что исследование генетической структуры редких растений чаще проводятся на основе методов анонимного полиморфизма амплифицированных фрагментов, таких как AFLP, RAPD, ISSR, SSR. Эти маркеры наиболее информативны для выявления и оценки генетического разнообразия растительных популяций и их использование может существенно способствовать разработке стратегий охраны и рационального управления генетическими ресурсами растений.

Маркеры ядерной, пластидной и митохондриальной ДНК выполняют задачи, связанные с филогенетическими, филогеографическими исследованиями. Таким образом, применение дан-

ных маркеров зависит от специфики конкретных задач, которые ставит перед собой исследователь.

Заключение

До разработки методов молекулярной биологии ботанические исследования проводились на основе морфологических, фенотипических, биологических особенностей развития растения. Генетическая изменчивость изучалась с применением биохимических, кариологических и цитогенетических методов. Молекулярные маркеры обладают высокой степенью надежности и точности, что делает их полезными инстру-

ментами для планирования и реализации мероприятий по сохранению растительности, о чем свидетельствует проведенный нами анализ литературных источников. В ходе литературного обзора было проанализировано использование различных молекулярных маркеров для исследования генетических характеристик редких растений области Улытау. На основании проведенного анализа было установлено, что параметр генетической изменчивости различается между видами и может варьироваться в зависимости от типа локуса. Немаловажным является выбор молекулярно-генетических методов и маркеров для изучения генетической структуры редких видов растений.

Стоит отметить возросший интерес к изучению генетической структуры популяций видов рода *Tulipa*, возможно связанный с высокой декоративной и селекционной ценностью тюльпанов, что обуславливает необходимость их сохранения и устойчивого использования.

Сравнительный анализ публикаций последних лет с использованием молекулярных маркеров показал информативность и достоверность ISSR и SSR маркеров для изучения генетического разнообразия внутри и между популяций редких видов растений, потенциально встречающихся в Улытауской области.

Источник финансирования

Статья опубликована в рамках научно-технической программы ПЦФ BR23591088 «Создание Кадастра растений Улытауской области как реализация задач Закона РК «О растительном мире» для устойчивого использования ботанических ресурсов региона» на 2024-2026 гг

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомились с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Литература

1. Красная книга Казахстана. (2014). Том 2. Часть 1. Растения. Алматы, 452 с. (In Russian)
2. Веселова, П. В., Кудобаева, Г. М., & Ситпаева, Г. Т. (2023). Каталог редких и исчезающих видов флоры Алматинской области. Алматы, 26(7), 180 с. (In Russian)
3. Рябушкина, Н. А., Аbugалиева, С. И., & Турусбеков, Е. К. (2016). Проблема изучения и сохранения биоразнообразия флоры Казахстана. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 3, 13-23. (In Russian)
4. Интернет источник. (n.d.). Retrieved from <https://regions.vlast.kz/ulytau>
5. Tabin, Sh., Kamili, N., Ahmad, G., et al. (2016). Genetic diversity and population structure of *Rheum* species in Kashmir Himalaya based on ISSR markers. *Flora*, 223, 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.05.001>
6. Шадманова, Л. Ш., Куцев, М. Г., Ситпаева, Г. Т., & Мукан, Г. С. (2023). Биоморфологические особенности природных форм *Malus sieversii* ценопопуляций Джунгарского Алатау (Республика Казахстан). *Ботанический журнал Турецкой Республики*, 26(3), 199–209. (In Russian)
7. Yermagambetova, M., Almerikova, S., Ivashchenko, A., Turuspekoy, Y., & Abugaliev, S. (2024). Genetic diversity of *Tulipa alberti* and *T. greigii* populations from Kazakhstan based on expressed sequence tag simple sequence repeat markers. *Plants*, 13(18), 2667. <https://doi.org/10.3390/plants13182667>
8. Tussipkan, D., Shevtsov, V., Ramazanov, M., Rakhimzhanov, A., Shevtsov, A., & Manabayeva, S. (2024). Kazakhstan tulips: Comparative analysis of complete chloroplast genomes of four local and endangered species of the genus *Tulipa* L. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1433253. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1433253>
9. Kiani, M., Memariani, F., & Zarghami, H. (2012). Molecular analysis of species of *Tulipa* L. from Iran based on ISSR markers. *Plant Systematics and Evolution*, 298, 10.1007/s00606-012-0654-0
10. Asgari, D., Babaei, A., & Naghavi, M. R. (2020). Biodiversity status of *Tulipa* (Liliaceae) in Iran inferred from molecular characterization. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61, 559–567. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00158-0>
11. Maxmudov, A. V., Kodirov, U. H., Mavlanov, B. J., Allamurotov, A. L., & Abduraimov, O. S. (2024). Ontogenetic structure of coenopopulations of *Tulipa kaufmanniana* Regel (Liliaceae) in Uzbekistan. *Environment and Ecology Research*, 12(2), 121–130. <https://doi.org/10.13189/eer.2024.120203>
12. Kutlunina, N. A., Polezhaeva, M. A., & Permiakova, M. V. (2013). Morphologic and AFLP analysis of relationships between tulip species *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae). *Genetika*, 49(4), 461-471. <https://doi.org/10.7868/s0016675813040097>
13. Almerikova, S., Yermagambetova, M., Ivashchenko, A., Turuspekoy, Y., & Abugaliev, S. (2024). Comparative analysis of plastome sequences of seven *Tulipa* L. (Liliaceae Juss.) species from section *Kolpakowskianae*. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(14), 7874. <https://doi.org/10.3390/ijms25147874>
14. Pourkhaloe, A., Khosh-Khui, M., Arens, P., et al. (2018). Molecular analysis of genetic diversity, population structure, and phylogeny of wild and cultivated tulips (*Tulipa* L.) by genic microsatellites. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59, 10.1007/s13580-018-0055-6
15. Pourkhaloe, A., Khosh-Khui, M., Arens, P., & Salehi, H. (2017). Genetic diversity and population structure of Iranian tulips revealed by EST-SSR and NBS-LRR markers. *International Journal of Horticultural Science & Technology*, 4, 167–182.

16. Sutula, M., Kakanay, A., Tussipkan, D., Dzhumanov, S., & Manabayeva, S. (2024). Phylogenetic analysis of rare and endangered *Tulipa* species (Liliaceae) of Kazakhstan based on universal barcoding markers. *Biology*, 13(6), 365. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.08.005>
17. Karaguzel, O., Mutlu, N., Göktürk, R., Tuna, M., & Boyacı, F. (2024). Genome size and genetic diversity of some *Ornithogalum* species. *Journal of Plant Research*, 29, 107-113.
18. Yang, M., Zhou, Y., Zhu, Q., Lu, F., Wang, Y., Chen, J., Wu, Q., & Zhang, W. (2009). AFLP markers in the detection of *Scirpus × mariqueter* (Cyperaceae) hybrid in China. *Aquatic Botany*, 91(4), 298-302. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.08.005>
19. Li, X., Zhou, Y., Wang, Y., et al. (2014). Isolation and characterization of twelve novel microsatellite markers for the sea-bulrush (*Scirpus mariqueter* Tang et Wang, Cyperaceae). *Conservation Genetics Resources*, 6, 677-678. <https://doi.org/10.1007/s12686-014-0188-6>
20. Klichowska, E., Ślipiko, M., Nobis, M., & Szczecińska, M. (2018). Development and characterization of microsatellite markers for endangered species *Stipa pennata* (Poaceae) and their usefulness in intraspecific delimitation. *Molecular Biology Reports*, 45(4), 639-643. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4192-x>
21. Dong, P., Wang, L., Chen, Y., Wang, L., Liang, W., Wang, H., Cheng, J., Chen, Y., & Guo, F. (2024). Germplasm resources and genetic breeding of *Huang-Qi* (*Astragali Radix*): A systematic review. *Biology*, 13(8), 625. <https://doi.org/10.3390/biology13080625>
22. Asakawa, A., Murakami, S., Horie, S., Matsuo, A., Suyama, Y., Fujii, S., & Maki, M. (2024). Genome-wide SNPs reveal clonality and population genetic structure of *Nymphoides peltata* in Japan (Menyanthaceae). *Aquatic Botany*, 190, 103720.
23. Daniel, L. (2006). Reproduction strategies in introduced *Nymphoides peltata* populations revealed by genetic markers. *Aquatic Botany*, 86(4), 402-406. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.11.009>
24. Yurkevich, O. Y., Samatadze, T. E., Zoshchuk, S. A., Amosova, A. V., & Muravenko, O. V. (2024). Species of the sections *Hedysarum* and *Multicaulia* of the genus *Hedysarum* (Fabaceae): Taxonomy, distribution, chromosomes, genomes, and phylogeny. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(15), 8489.
25. Juramurodov, I., Makhmudjanov, D., Yusupov, Z., & Tojibaev, K. (2023). First comparative analysis of complete chloroplast genomes among six *Hedysarum* (Fabaceae) species. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1211247.
26. Mojarad Ashenaabad, M., Hosseini Sarghein, S., Sonboli, A., & Heidari, R. (2018). Genetic variability of *Tanacetum polycepalum* populations in West Azarbaijan using ISSR molecular markers. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 26(2), 268-278. <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2018.117965>
27. Varga, F., Liber, Z., Jakše, J., Turudić, A., Šatović, Z., Radosavljević, I., Jeran, N., & Grdiša, M. (2022). Development of microsatellite markers for *Tanacetum cinerariifolium* (Trevis.) Sch. Bip., a plant with a large and highly repetitive genome. *Plants (Basel)*, 11(13), 1778. <https://doi.org/10.3390/plants11131778>
28. Nurtaza, A., Dyussembekova, D., Shevtsov, A., Islamova, S., Samatova, I., Koblanova, S., Borodulina, O., & Kakimzhanova, A. (2024). Assessing genetic variability and population structure of *Alnus glutinosa* (Black Alder) in Kazakhstan using SSR markers. *Plants (Basel)*, 13(21), 3032. <https://doi.org/10.3390/plants13213032>
29. Martín, M. A., Moreno, R., Die, J. V., Cabrera, A., Castro, P., Pérez, M. D., & Solla, A. (2024). Distribution, diversity and genetic structure of alders (*Alnus lusitanica* and *A. glutinosa*) in Spain. *Forest Ecology and Management*, 562, 121922. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121922>
30. King, R. A., & Ferris, C. (2000). Chloroplast DNA and nuclear DNA variation in the sympatric alder species, *Alnus cordata* (Lois.) Duby and *A. glutinosa* (L.) Gaertn. *Biological Journal of the Linnean Society*, 70(1), 147-160.
31. Beyshova, I. S., Sultangazina, G., Ulyanov, V. A., Beyshov, R. S., Beltyukova, N. N., & Kutinskaia, A. M. (2019). Genetic diversity of the coenopopulations of *Adonis wolgensis* Stev. growing in the northern regions of Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University: Biology, Medicine, Geography Series*, 94(2), 17-25.
32. Szczecińska, M., Sramko, G., Wołosz, K., & Sawicki, J. (2016). Genetic diversity and population structure of the rare and endangered plant species *Pulsatilla patens* (L.) Mill in East Central Europe. *PLoS One*, 11(3), e0151730. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151730>
33. Beishov, R. S., et al. (2021). Genetic state of *Pulsatilla patens* (L.) Mill. coenopopulations based on DNA labeling. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 21(1), 161-171.
34. Chokheli, V. A., Shmaraeva, A. N., Kornienko, I. V., Stepanenko, V. V., Rajput, V. D., Singh, A., & Varduni, T. V. (2022). Assessment of genetic diversity and DNA fingerprinting of rare species of the genus *Crambe* (Brassicaceae). *Crop and Pasture Science*.
35. Hacıoğlu, B. T., & Özgüşi, K. (2023). Haplotype diversity and molecular phylogeny of wild *Crambe* L. (Brassicaceae) taxa of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 47(4), 278-290.

References

1. Krasnaya kniga Kazahstana. (2014). *Tom 2. Chast I. Rasteniya* [Red Book of Kazakhstan. Vol. 2, Part 1. Plants]. Almaty. (In Russian).
2. Veselova, P. V., Kudabaeva, G. M., Sitpaeva, G. T., & others. (2023). *Katalog redkih i ischezayushih vidov flory Almatinskoy oblasti* [Catalog of rare and endangered species of the flora of the Almaty region]. Almaty, Tom 26 (7), 180. (In Russian).
3. Ryabushkina, N. A., Abugalieva, S. I., & Turusbekov, E. K. (2016). Problema izucheniya i sohraneniya bioraznoobraziya flory Kazahstana [The problem of studying and preserving the biodiversity of Kazakhstan's flora]. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 3, 13-23. (In Russian).
4. Internet istochnik. (n.d.). <https://regions.vlast.kz/ulytau>. (In Russian).

5. Tabin, Sh., Kamili, N. A., Ganie, A. Sh., et al. (2016). Genetic diversity and population structure of *Rheum* species in Kashmir Himalaya based on ISSR markers. *Flora*, 223, 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.05.001>
6. Shadmanova, L. Sh., Kucev, M. G., Sitpaeva, G. T., & Mukan, G. S. (2023). Biomorfologicheskie osobennosti prirodnih form *Malus sieversii* cenopopulyacij Dzhungarskogo Alatau (Respublika Kazakhstan) [Biomorphological features of natural forms of *Malus sieversii* coenopopulations in Dzhungarian Alatau (Republic of Kazakhstan)]. *Botanicheskij zhurnal Turczaninowia*, 26(3), 199–209. (In Russian).
7. Yermagambetova, M., Almerikova, S., Ivashchenko, A., Turuspekoy, Y., & Abugaliev, S. (2024). Genetic diversity of *Tulipa alberti* and *T. greigii* populations from Kazakhstan based on application of expressed sequence tag simple sequence repeat markers. *Plants*, 13(18), 2667. <https://doi.org/10.3390/plants13182667>
8. Tussipkan, D., Shevtsov, V., Ramazanova, M., Rakhimzhanova, A., Shevtsov, A., & Manabayeva, S. (2024). Kazakhstan tulips: Comparative analysis of complete chloroplast genomes of four local and endangered species of the genus *Tulipa* L. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1433253. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1433253>
9. Kiani, M., Memariani, F., & Zarghami, H. (2012). Molecular analysis of species of *Tulipa* L. from Iran based on ISSR markers. *Plant Systematics and Evolution*, 298, 10.1007/s00606-012-0654-0
10. Asgari, D., Babaei, A., & Naghavi, M. R. (2020). Biodiversity status of *Tulipa* (Liliaceae) in Iran inferred from molecular characterization. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61, 559–567. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00158-0>
11. Maxmudov, A. V., Kodirov, U. H., Mavlanov, B. J., Allamurotov, A. L., & Abduraimov, O. S. (2024). Ontogenetic structure of coenopopulations of *Tulipa kaufmanniana* Regel (Liliaceae) in Uzbekistan. *Environment and Ecology Research*, 12(2), 121–130. <https://doi.org/10.13189/eer.2024.120203>
12. Kutlunina, N. A., Polezhaeva, M. A., & Permiakova, M. V. (2013). Morphologic and AFLP analysis of relationships between tulip species *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae). *Genetika*, 49(4), 461-471. <https://doi.org/10.7868/s0016675813040097> (In Russian).
13. Almerikova, S., Yermagambetova, M., Ivashchenko, A., Turuspekoy, Y., & Abugaliev, S. (2024). Comparative analysis of plastome sequences of seven *Tulipa* L. (Liliaceae Juss.) species from section *Kolpakowskianae* Raamsd. ex Zonn and Veldk. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(14), 7874. <https://doi.org/10.3390/ijms25147874>
14. Pourkhaloe, A., Khosh-Khui, M., Arens, P., Salehi, H., Razi, H., Niazi, A., Afsharif, A., & Tuyl, J. (2018). Molecular analysis of genetic diversity, population structure, and phylogeny of wild and cultivated tulips (*Tulipa* L.) by genic microsatellites. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59, 10.1007/s13580-018-0055-6
15. Pourkhaloe, A., Khosh-Khui, M., Arens, P., & Salehi, H. (2017). Genetic diversity and population structure of Iranian tulips revealed by EST-SSR and NBS-LRR markers. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 4, 167–182.
16. Sutula, M., Kakanay, A., Tussipkan, D., Dzhumanov, S., & Manabayeva, S. (2024). Phylogenetic analysis of rare and endangered *Tulipa* species (Liliaceae) of Kazakhstan based on universal barcoding markers. *Biology*, 13(6), 365. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0055-6>
17. Karaguzel, O., Mutlu, N., Göktürk, R., Tuna, M., & Boyacı, F. (2024). Genome size and genetic diversity of some *Ornithogalum* species. *Journal of Plant Research*, 29, 107-113.
18. Yang, M., Zhou, Y., Zhu, Q., Lu, F., Wang, Y., Chen, J., Wu, Q., & Zhang, W. (2009). AFLP markers in the detection of *Scirpus × mariqueter* (Cyperaceae) hybrid in China. *Aquatic Botany*, 91(4), 298-302. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.08.005>
19. Li, X., Zhou, Y., Wang, Y., et al. (2014). Isolation and characterization of twelve novel microsatellite markers for the sea-bulrush (*Scirpus mariqueter* Tang et Wang, Cyperaceae). *Conservation Genetics Resources*, 6, 677–678. <https://doi.org/10.1007/s12686-014-0188-6>
20. Klichowska, E., Ślipiko, M., Nobis, M., & Szczecińska, M. (2018). Development and characterization of microsatellite markers for endangered species *Stipa pennata* (Poaceae) and their usefulness in intraspecific delimitation. *Molecular Biology Reports*, 45(4), 639-643. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4192-x>
21. Dong, P., Wang, L., Chen, Y., Wang, L., Liang, W., Wang, H., Cheng, J., Chen, Y., & Guo, F. (2024). Germplasm resources and genetic breeding of *Huang-Qi* (*Astragalus Radix*): A systematic review. *Biology*, 13(8), 625. <https://doi.org/10.3390/biology13080625>
22. Asakawa, A., Murakami, S., Horie, S., Matsuo, A., Suyama, Y., Fujii, S., & Maki, M. (2024). Genome-wide SNPs reveal clonality and population genetic structure of *Nymphoides peltata* in Japan (Menyanthaceae). *Aquatic Botany*, 190, 103720.
23. Daniel, L. (2006). Reproduction strategies in introduced *Nymphoides peltata* populations revealed by genetic markers. *Aquatic Botany*, 86(4), 402-406. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.11.009>
24. Yurkevich, O. Y., Samatadze, T. E., Zoshchuk, S. A., Amosova, A. V., & Muravenko, O. V. (2024). Species of the sections *Hedysarum* and *Multicaulia* of the genus *Hedysarum* (Fabaceae): Taxonomy, distribution, chromosomes, genomes, and phylogeny. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(15), 8489.
25. Juramurodov, I., Makhmudjanov, D., Yusupov, Z., & Tojibaev, K. (2023). First comparative analysis of complete chloroplast genomes among six *Hedysarum* (Fabaceae) species. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1211247.
26. Mojjarrad Ashenaabad, M., Hosseini Sarghein, S., Sonboli, A., & Heidari, R. (2018). Genetic variability of *Tanacetum polycephalum* populations in West Azarbaijan using ISSR molecular markers. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 26(2), 268-278. <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2018.117965>
27. Varga, F., Liber, Z., Jakše, J., Turudić, A., Šatović, Z., Radosavljević, I., Jeran, N., & Grdiša, M. (2022). Development of microsatellite markers for *Tanacetum cinerariifolium* (Trevis.) Sch. Bip., a plant with a large and highly repetitive genome. *Plants (Basel)*, 11(13), 1778. <https://doi.org/10.3390/plants11131778>

28. Nurtaza, A., Dyussembekova, D., Shevtsov, A., Islamova, S., Samatova, I., Koblanova, S., Borodulina, O., & Kakimzhanova, A. (2024). Assessing genetic variability and population structure of *Alnus glutinosa* (Black Alder) in Kazakhstan using SSR markers. *Plants (Basel)*, 13(21), 3032. <https://doi.org/10.3390/plants13213032>
29. Martín, M. A., Moreno, R., Die, J. V., Cabrera, A., Castro, P., Pérez, M. D., & Solla, A. (2024). Distribution, diversity and genetic structure of alders (*Alnus lusitanica* and *A. glutinosa*) in Spain. *Forest Ecology and Management*, 562, 121922. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121922>
30. King, R. A., & Ferris, C. (2000). Chloroplast DNA and nuclear DNA variation in the sympatric alder species, *Alnus cordata* (Lois.) Duby and *A. glutinosa* (L.) Gaertn. *Biological Journal of the Linnean Society*, 70(1), 147-160.
31. Beyshova, I. S., Sultangazina, G., Ulyanov, V. A., Beyshov, R. S., Beltyukova, N. N., & Kutinskaia, A. M. (2019). Genetic diversity of the coenopopulations of *Adonis wolgensis* Stev. growing in the northern regions of Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University: Biology, Medicine, Geography Series*, 94(2), 17-25.
32. Szczecińska, M., Sramko, G., Wołosz, K., & Sawicki, J. (2016). Genetic diversity and population structure of the rare and endangered plant species *Pulsatilla patens* (L.) Mill in East Central Europe. *PLoS One*, 11(3), e0151730. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151730>
33. Beishov, R. S., et al. (2021). Genetic state of *Pulsatilla patens* (L.) Mill. coenopopulations based on DNA labeling. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 21(1), 161-171.
34. Chokheli, V. A., Shmaraeva, A. N., Kornienko, I. V., Stepanenko, V. V., Rajput, V. D., Singh, A., & Varduni, T. V. (2022). Assessment of genetic diversity and DNA fingerprinting of rare species of the genus *Crambe* (Brassicaceae). *Crop and Pasture Science*.
35. Hacıoğlu, B. T., & Özgişi, K. (2023). Haplotype diversity and molecular phylogeny of wild *Crambe* L. (Brassicaceae) taxa of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 47(4), 278-290.

Авторлар туралы мәлімет:

Ситпаева Гульнара Токбергеновна – б.ғ.д., Ботаника және фитоинтродукция институтының жетекші ғылыми қызметкері, (Алматы, Қазақстан, sitpaeva@mail.ru).

Шадманова Лаура Шарбатовна (корреспонденттік автор) – PhD, Ботаника және фитоинтродукция институтының аға ғылыми қызметкері, (Алматы, Қазақстан, laura_shadmanova@mail.ru).

Кунанбай Алуа Абайқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Биотехнология» мамандығының 4 курс студенті (Алматы, Қазақстан, kunanbayeva_a@mail.ru).

Кульболдин Темирлан Сакенович – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Генетика» мамандығының 2 курс магистранты (Алматы, Қазақстан, k.temoha@gmail.com).

Болат Дарын Даниярұлы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің «Генетика» мамандығының 2 курс магистранты (Алматы, Қазақстан, daryn.bolat2020@mail.ru).

Төкен Азиза Ильясжанқызы – Ботаника және фитоинтродукция институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, t.aziza_93@mail.ru).

Information about authors:

Sitpayeva Gulnara Tokbergenovna – Doctor of biological science, leading researcher, Institute of Botany and phytointroduction, (Almaty, Kazakhstan, sitpaeva@mail.ru)

Shadmanova Laura (correspondent author) – PhD, senior researcher, Institute of botany of phytointroduction, (Almaty, Kazakhstan, laura_shadmanova@mail.ru)

Kunanbai Alua – 4th year bachelor student of the specialty “Biotechnology” of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, kunanbayeva_a@mail.ru)

Kulboldin Temirlan – 2nd year Master’s student of the specialty “Genetics” of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, k.temoha@gmail.com)

Bolat Daryn – 2nd year Master’s student of the specialty “Genetics” of the Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, daryn.bolat2020@mail.ru)

Token Aziza – junior researcher, Institute of botany of phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, t.aziza_93@mail.ru)

Поступила 02 декабря 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

A.B. Kaliyeva¹ , I.Yu. Chidunchi¹ , Sh.Zh. Arynova^{1*} ,
Z.M. Sergazinova¹ , N.P. Korogod² 

¹Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

²Margulan University, Pavlodar, Kazakhstan

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

ECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF CONTROL MEASURES AGAINST HORSEFLIES (DIPTERA, TABANIDAE) IN THE STEPPE ZONE OF NORTH-EASTERN KAZAKHSTAN

The largest livestock-breeding region of our country is the north-east of Kazakhstan. In order to ensure veterinary well-being of the region and profitability of livestock development, it is important to solve a number of situational tasks. In conditions of sharp-continental climate of the north-east of Kazakhstan one of the main aspects of development, preservation and increase of productivity of cattle population is the most common measures to minimize the damage caused by blood-sucking two-winged insects, including horseflies. As a result of the conducted studies, it was revealed that in the season of insect activity milk productivity of cattle decreased up to 30%, and loss of live weight of young cattle varied from 25% to 40% per day when attacked by dominant species of horseflies. As a result of conducted researches in Pavlodar Priirtyshye 27 species of horseflies belonging to 5 genera were identified. Faunistic complex of the region is represented by European, Turkestan, Mediterranean, Mongolian and Central Asian groups, with predominance of boreal species. The highest species diversity and population density were observed in intrazonal landscapes of the middle Yertis floodplain. Two peaks of mass activity of horseflies have been established: in June and July, which is caused by irregularity of their departure. The main places of occurrence are floodplain lakes, channels and swamps. The activity of gadfly attacks is determined by climatic conditions, with the main influence of temperature and light intensity. The obtained data on seasonal and daily activity of horseflies can be used to develop effective measures to control their mass species.

Key words: entomology, horseflies, bloodsucking two-winged, gnus, livestock, insects, control measures, insecticides.

А.Б. Калиева¹, И.Ю. Чидунчи¹, Ш.Ж. Арынова^{1*},
З.М. Сергазиева¹, Н.П. Корогод²

¹Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

²Марғұлан университеті, Павлодар, Қазақстан

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

Солтүстік-Шығыс Қазақстанның дала аймағы жағдайында соналарға (diptera, tabanidae) қарсы күрес шараларының экологиялық негіздемесі

Қазақстанның солтүстік-шығысы республиканың ірі мал шаруашылығы аймақтарының бірі болып табылады. Мал шаруашылығын табысты дамыту үшін бірқатар бірінші кезектегі мәселелерді шешу, ең алдымен, республика үшін аса маңызды салада ветеринарлық саланы қамтамасыз ету қажет. Солтүстік-шығыс Қазақстан жағдайында мал басын сақтаудың және мал өнімділігін арттырудың негізгі резервтерінің бірі – малға қансорғыш жіңішке жәндіктердің, соның ішінде секіргіш шыбындардың әсерінен болатын зиянды жою. Массалардың жаппай шабуылы кезінде сиырлардың сүт өнімділігі 25–30%-ға төмендейтіні, ал жас малдардың жәндіктердің белсенді кезеңінде тәулігіне 25–40%-ға дейін тірілей салмағын жоғалтатыны белгілі. Павлодар Ертіс өңірінде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде 5 тұқымдасқа жататын 27 шоңайнақ түрі анықталды. Аймақтың фауналық кешені еуропалық, түркістандық, жерорта теңіздік, моңғолдық және ортаазиялық топтармен ұсынылған, бореалдық түрлер басым. Орта Ертіс жайылмасының интразональдық ландшафттарында ең көп түрлердің әртүрлілігі мен популяциясының тығыздығы байқалады. Шоңайнақтардың жаппай белсенділігінің екі шыңы белгіленді: маусым және шілде айларында, бұл олардың ұшуының бұзылуына байланысты. Негізгі пайда болатын жерлер – жайылма көлдер, арналар мен батпақтар. Соналардың шабуылының белсенділігі климаттық жағдайлармен анықталады, ал температура мен жарықтың қарқындылығы негізгі әсер етеді. Сона

шыбындарының маусымдық және тәуеліктік белсенділігі туралы алынған мәліметтер олардың кең таралған түрлерімен күресудің тиімді шараларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: энтомология, соңалар, қан сорғыш қосқанаттылар, гнус, мал шаруашылығы, жәндіктер, бақылау шаралары, инсектицидтер.

А.Б. Калиева¹, И.Ю. Чидунчи¹, Ш.Ж. Арынова^{1*},
З.М. Сергазина¹, Н.П. Корогод²

¹Торайғыров университет, Павлодар, Казахстан

²Маргулан университет, Павлодар, Казахстан

*e-mail: shinar_uzh@mail.ru

Экологическое обоснование мер борьбы со слепнями (diptera, tabanidae) в условиях степной зоны Северо-Восточного Казахстана

Крупнейшим животноводческим регионом нашей страны является северо-восток Казахстана. С целью обеспечения ветеринарного благополучия региона и рентабельности развития животноводства важно решение ряда ситуационных задач. В условиях резко-континентального климата северо-востока Казахстана одним из главных аспектов развития, сохранения и повышения продуктивности поголовья крупного рогатого скота наиболее распространены мероприятия по минимизации ущерба, наносимого кровососущими двукрылыми насекомыми, в том числе слепнями. В результате проведенных исследований, было выявлено, что в сезон активности насекомых молочная продуктивность у крупного рогатого скота снижалась до 30 %, а потеря живой массы у молодняка варьировалась от 25 до 40 % в сутки при нападении доминантных видов слепней. В результате проведенных исследований в Павлодарском Прииртышье выявлено 27 видов слепней, относящихся к 5 родам. Фаунистический комплекс региона представлен европейской, туркестанской, средиземноморской, монгольской и центрально-азиатской группами, с преобладанием бореальных видов. Наибольшее видовое разнообразие и плотность населения отмечены в интразональных ландшафтах поймы среднего Иртыша. Установлены два пика массовой активности слепней: в июне и июле, что обусловлено нерегулярностью их вылета. Основными местами появления являются пойменные озера, протоки и болота. Активность нападения слепней определяется климатическими условиями, при этом основное влияние оказывают температура и интенсивность освещения. Полученные данные о сезонной и суточной активности слепней могут быть использованы для разработки эффективных мер борьбы с их массовыми видами.

Ключевые слова: энтомология, слепни, кровососущие двукрылые, гнус, животноводство, насекомые, меры борьбы, инсектициды.

Introduction

The species composition, distribution, variability and ecological features of horseflies have been studied in Kazakhstan in different years and by different scientists-biologists. The level of negative impact of gadfly toxicity is revealed by the mass of dominant species, duration of flight and prevalence in the study area. Gadflies as massively distributed ectoparasites cause serious damage to cattle, reducing their milk production and live weight. Gadfly bites are not only distressing but also pose a risk of transmission of various diseases such as anthrax, tularemia, trypanosomiasis in camels, horses and cattle, infectious anemia in horses and other poorly understood diseases of domestic and wild animals. At the same time, in tropical regions gadflies are vectors of filariasis (loiasis) in humans and wild animals. Due to their widespread prevalence, horseflies cause significant economic damage to thousands of livestock farms located in the territory of the Republic of Kazakhstan and commonwealth coun-

tries (Skulovec, 2005: 412), (Isimbekov, 1994: 35), (Sivkova, 2019: 575-579), (Sivkova, 2022: 251-258), (Miraballes, 2019: 579-593), (Shevchenko, 1985: 130-149).

In 1975, the first study of the species composition of the Palearctic horseflies was carried out by M. Leclerg and N. Olsufiev (1977), which was the reason for writing a monograph in which they described and systematized 195 species of horseflies of the fauna of the commonwealth countries. Along with the above-mentioned authors there are researches of other authors on finding new species of horseflies in Kazakhstan. The study of horseflies in different natural zones of the Republic, including mountain systems Tarbagatai, Saur, Southern Altai, as well as Karkarala and Bayanaul mountain forest massif, including deserts and steppes, intrazonal landscapes of the Yertis river valley and other regions, contributed to a more extensive characterization of the faunistic composition of these insects. In the period from 2004 to 2009 the study of faunistic diversity of horseflies in South-West Altai, in particular in Katon-Karagai district on

summer pastures of red deer in high-mountainous terrain significantly enriched and clarified their systematic classification. Thus, the fauna of horseflies of Kazakhstan has 84 species and 2 subspecies of horseflies, it was enriched with 12 species of insects, described earlier by V.V. Shevchenko (1961). Shevchenko (1961). We would like to note that the above list is not complete and is supplemented as new data appear, which allows us to expand knowledge about the fauna of tabanids (Krolow, 2017a: 107), (Krolow, 2022b: 447-457), (Aldabergenov, 1975: 28), (Rodrigues, 2022: 518-522), (Zhanetov, 1975: 28), (Nurlina, 2009: 120), (Fermino, 2019: 1-17), (Skufin, 1973: 104).

In Russia the study of species composition, gonotrophic cycle, peculiarities of gadfly development, starting from the end of the 19th century and up to the present time has been carried out by a number of authors and large research institutes and laboratories, such as All-Russian Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology (Tyumen), Zoological Institute (St. Petersburg), Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS (Novosibirsk).

The main approaches in the fight against horseflies are sanitary and preventive measures aimed at reducing and regulating their numbers. The most common and effective method is the use of chemical preparations. An important aspect of this issue is the choice of not only the most effective preparations, but also environmentally safe means, as well as the definition and development of optimal methods and modes of their application, corresponding to the conditions of specific regions. A review of the current scientific literature revealed that the best results in terms of efficacy and duration of insecticidal action, as well as safety for animals and ecosystems are demonstrated by preparations presented in the form of individual polymeric plates, such as ear tags and tail tapes. The active substances of the above-mentioned preparations are released evenly and for a long period of time and penetrate into the ducts of sebaceous glands, gradually spreading over the entire surface of the animal's body, causing the death of blood-sucking two-winged insects in contact with the skin and hair cover of the animal. This form of the drug is characterized by low consumption, and synthetic pyrethroids and their combinations used as active components are relatively safe for animals and humans. This is due to the fact that they are rapidly metabolized in animals and rapidly degraded in the environment, which makes them more compliant with environmental safety standards (Ma, 2023: 286), (Andrianov, 2023: 578-584).

Material and methods of research

The material for the study was own collections of gadflies. Entomological collections of insects were carried out in the north-east of Kazakhstan (Pavlodar oblast), in different natural-climatic conditions. Collection of winged forms was carried out with a standard entomological net during a certain period of time in places of cattle grazing and mowing on vegetation, by method of catching from animals. The captured adult forms of horseflies were placed in entomological stain with ether. After killing, the insects were pricked on entomological pins or spread on cotton mattresses. The species affiliation of horseflies was determined using a microscope MBS-10 and special identifiers edited by V. V. Shevchenko and N. G. Olsufiev (Engashev, 2019a: 34-37), (Engashev, 2020b: 5-8), (Isimbekov, 1994: 35), (Krolow, 2017a: 107), (Krolow, 2022b: 447-457).

Seasonal changes in the number of gadflies were studied by regular collections once a decade from the time of their appearance in spring to their disappearance in autumn. Counting collections were 20-minute captures at the beginning of each hour – from 8 to 20 hours. In total, about 500 specimens of gadfly winged forms were collected.

Scientific articles, reviews and reports of a number of authors and scientific laboratories served as material for analyses of effective measures of gadfly control.

Results and discussion

As a result of our research we identified 27 species of horseflies belonging to 5 genera: *Chrysops relictus* Mg., *Tabanus sabuletorum sabuletorum* Lw, *T. maculicornis* Ztt., *Tabanus b. bromius* Zinne., *Tabanus bromius flavofemoratus* Strobl., *T. bovinus* L., *T. autumnalis autumnalis*, *Tabanus autumnalis brunessens* Szil., *Atylotus pallitarsis* Ols., *Atylotus rusticus* L., *Hybomitra lurida* Flln, *Hybomitra nitidifrons nitidifrons*, *Hybomitra nitidifrons nitidifrons confiformis*, *Hybomitra sareptana* Szil., *Hybomitra distinguenda distinguenda* Verr., *Hybomitra ciureai*, *Hybomitra muehlfeldi* Br., *Hybomitra bimaculata* Macq., *Hybomitra lundbecki lundbecki* Lyn, *Hybomitra montana montana* Mg., *Hybomitra montana morgani* Surc., *Hybomitra expollicata expollicata* Pand., *Hybomitra erberi* Br., *Haematopota pallidula* Krob., *Haematopota subcylindrica* Pand., *Haematopota pluvialis pluvialis* L., *Haematopota turkestanica turkestanica* Krob.



Figure 1 – Types of horseflies

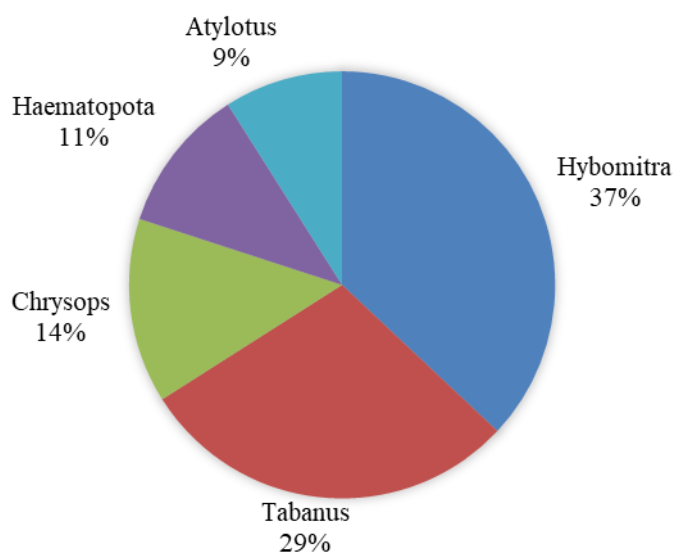


Figure 2 – Quantitative ratio of horseflies

In Kazakhstan gadflies are represented by European, Turkestan, Mediterranean, Mongolian and Central Asian faunal groups. Faunistic composition of horseflies of Pavlodar region is represented by boreal species belonging to forest-steppe and European-Siberian forest species. Nevertheless, the distribution of horseflies in natural zones of the region differs both in quantitative and qualitative indicators. In the intrazonal landscape of the middle

part of the Ertis River valley the faunistic diversity of species and the highest density of tabanids were revealed.

In the middle reaches of the Yertis River we traced the flight of the Common Pestling from 30 June to 2 August. The period of tabanid activity was detected from 9 a.m. to late evening and was accompanied by annoying attacks on humans and animals. It was recorded that in the period from

12 to 13 hours there was an active flight of gadflies. In the study area (upper reaches of the river Ertis) tabanids fly from the beginning of July to the end of July, being active during the daytime from 10 to 20 pm. The highest activity of *Tabanus* females is observed from 12-14 hours at temperatures of 28-30 °C. *Atylotus pallitarsis* inhabits birch-aspen groves and mixed grass meadows with willow overgrowth, is rare, fly from the second to the third decade of summer. According to our observations, in the floodplain of the Ertis River *Atylotus rusticus* species is active from mid-June to mid-August, while in the Bayanaulsky moun-

tainous forest massif it starts its flight later – from the first decade of July and continues until the first decade of August. These insects are most active in attacking animals and people between 8 am and 8 pm. The greatest intensity of the gadfly attack occurs from 12 to 13 hours at a temperature of 30-32 °C. In the floodplain of the Yertis River we traced the flight of gadflies of the genus *Hybomitra* from the second decade of June to the third decade of August. *Haematopota subcylindrica* is dominant in the upper Yertis River valley, especially in the dry-steppe plain part; it flies from the beginning of the second decade of June to the end of July (Table 1).

Table 1 – Daily flying activity of horseflies in the intrazonal landscape of the Yertis River floodplain

№	Types of gadflies	Trapping time in hours			Maximum flight time in hours
		The first one	Mass flight	The last one	
1	<i>Chr. relictus</i>	9-10	12-13	21-22	13
2	<i>T. s. sabuletorum</i>	8-9	12-14	20-22	14
3	<i>T. b. bromius</i>	10-11	12-14	20	10
3a	<i>T. b. flavofemoratus</i>	9-10	11-13	19	10
4	<i>T. bovinus</i>	7-8	13-16	20-22	15
5	<i>T. a. autumnalis</i>	6-7	8-11; 17-19	21	15
5a	<i>T. a. brunescens</i>	7-8	14-15	18-20	13
6	<i>A. rusticus</i>	8-9	12-13	19-20	12
7	<i>H. n. nitidifrons</i>	8-9	11-12	20	12
7a	<i>H. n. confiformes</i>	7-8	11-13	19-20	13
8	<i>H. sareptana</i>	9-10	11-12	18-19	10
9	<i>H. d. distinguenda Verr.</i>	8-9	10-13	20-22	14
10	<i>H. ciureai</i>	8-9	12-14	20-22	14
11	<i>H. muehlfeldi Br.</i>	7-8	12-15	18-19	12
12	<i>H. l. lundbecki</i>	8-9	11-12	19-20	12
13	<i>H. m. montana</i>	8-9	12-14	20-21	13
13a	<i>H. m. morgani</i>	8-9	12-13	20-21	13
14	<i>H. exp. expollicata</i>	8-9	10-13	18-19	11
15	<i>H. erberi</i>	8-9	12-13	17-20	12
16	<i>Haem. subcylindrica</i>	7-8	11-13	18-20	13
17	<i>Haem. p. pluvialis</i>	7-8	11-14	18-21	14
18	<i>Haem. turkestanica</i>	8-9	12-13	17-20	12

Compiled by the authors based on the results of observation of the daily rhythm of gadfly activity.

Thus, in the intrazonal landscape of the Yertis River floodplain and the adjacent plain steppe gadflies are active from June to the end of August. Due to irregularity of departure of gadflies distributed

there in floodplain biotopes two periods of their mass activity were marked: the first period of activity was recorded from the second to the third decade of June and lasted up to 15 days; the second peak was recorded from the end of the first decade of July and lasted 3 weeks.

In spite of short duration of the gadfly season of 75-80 days, the period of their mass annoyance to animals is 30-40 days, i.e. 40-50 % of the season of activity.

Such species as *T. bovinus* L., *T. autumnalis autumnalis*, *Hybomitra nitidifrons confiformis*,

Haematopota subcylindrica occur everywhere in the studied region and belong to dominant and mass species. According to our data, in the valley of the middle reaches of the Yertis River, in the afforested floodplain, *Haematopota pluvialis pluvialis* is also a mass species. Detailed data are presented in figure 3.

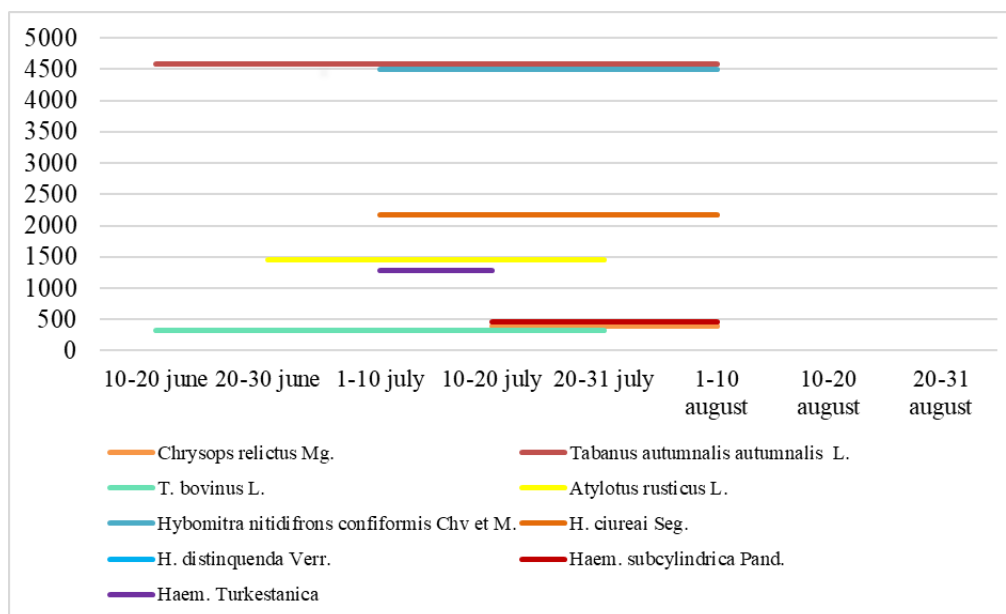


Figure 3 – Seasonal course of abundance of mass species of horseflies in the plain part of Pavlodar Priirtyshye (based on cattle counts)

In different natural zones, as the results of our studies showed, the places of gadfly emergence are confined to overgrown banks of lakes, streams, channels, bogs, extensive swamps. This once again indicates the difficulty of identification and study of ecology of preimaginal phases of gadfly development.

In different natural zones, as the results of our studies showed, the places of gadfly emergence are confined to overgrown banks of lakes, streams,

channels, bogs, extensive swamps. This once again indicates the difficulty of identification and study of ecology of preimaginal phases of gadfly development.

In the floodplain of the Yertis River the main habitats of larvae of haemahydrobiont horseflies (genus *Chrysops*) are channels, river channels, floodplain lakes, 'karasu' (Table 2). There they are common and numerous.

Table 2 – Typisation of gadfly breeding sites in Pavlodar oblast

№ п/п	Types	Steppe lakes	Staritsa, channels of the Yertis River	Floodplain lakes, karasu, marshes from flood waters
1	<i>Chrysops relictus</i>	-	++	+
2	<i>Tabanus a. autumnalis</i>	+	+	++
3	<i>T. bovinus</i>	+	-	++
4	<i>Hybomitra nitidifrons confiformis</i>	-	-	++
5	<i>Haem. subcylindrica</i>	-	-	+
Note: ++ – common + – few in number				

Daily rhythm of gadfly activity. Features of landscape and faunistic complex, as well as climatic factors have a great influence on the activity of gadfly attack. Daily activity of gadfly attack in different climatic conditions manifests itself differently.

In the complex of environmental factors depressing years and daily activity, the first place is occupied by the influence of temperature and light intensity. Other ecoclimatic factors (wind, humidity, precipitation) are of secondary importance.

However, the activity of gadfly attack in specific conditions is determined by the totality of all these factors.

The data obtained by us on species composition, flight time and intensity of gadfly attack according to seasonal and daily course of mass species abundance can serve as ecological substantiation for the development of rational and effective measures to reduce their numbers.

Conclusion

In the north-east of Kazakhstan there are vast areas of characteristic habitats of horseflies. Detection of seasonal course of number, daily activity of gadfly attacks in local conditions, identification of places of gadfly larvae haul-out and accumulations is impossible without complete study of their biology and ecology.

The study showed that the fauna of blood-sucking insects in the north-east of Kazakhstan, in

particular in Pavlodar region includes the following 5 genera: Chrysops, Atylotus, Tabanus, Hybomitra, Haematopota. Biological and ecological characteristics of horseflies, as well as their development depend on climatic conditions and are in close relationship with the presence of animals in the area.

Sanitary and preventive measures aimed at reducing and regulating their numbers are considered to be the main approaches in the fight against horseflies. The most widespread and effective method is the use of chemical preparations. An important aspect of this issue is the choice of not only the most effective preparations, but also environmentally safe means, as well as the definition and development of optimal methods and modes of their application, corresponding to the conditions of specific regions.

Treatments of animals with contact insecticides are considered environmentally safe and cost-effective, most of which, along with high insecticidal activity and low toxicity to warm-blooded animals, have a longer residual effect. It has been proved that the use of individual polymeric products impregnated with synthetic pyrethroids and their combinations in livestock farming may well replace permanent treatments with repellents and insecticidal solutions.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Алдабергенов Н. К. Кровососущие двукрылые (Diptera: Fhlebotomidae, Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) полуострова Мангышлак : автореф. ... канд. биол. наук : 03.00.09. – Алма-Ата, 1975, – 28 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01006904963>
2. Енгашев С. В., Алиев М. А., Енгашева Е. С., Колесников В. И., Кошкина Н. А. Эффективность инсектицидно-репеллентного препарата ФЛАЙБЛОК® против двукрылых насекомых // Ветеринария. – 2019, – № 3, – С. 34-37. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2019.22.3.34-37>
3. Енгашев С.В., Кузьмина В.Б. Международный уровень фармацевтического производства лекарственных препаратов для ветеринарного применения – реальность // Технология чистоты. – 2020, – № 1, – С. 5-8. <https://asincom-group.ru/zhurnali/tehnologiya-chistoty-1-2020/>
4. Жанетов Б. Ж. Кровососущие двукрылые (Diptera : Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) долины среднего и нижнего течения р. Урал и низовий р. Эмбы : автореф. ... канд. биол. наук: 03.00.09. – Алма-Ата, 1975, – 28 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01006928792>
5. Исимбеков Ж. М. Биологические основы и система мероприятий против гнуса в животноводстве Восточного Казахстана: Автореф. ... докт.биол.наук: 03.00.19. – Алма-Ата, 1994, – 35 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30199054>
6. Нурлина А. Б. Слепни (Diptera, Tabanidae) северо-востока Казахстана (фауна, экология и меры борьбы): автореф. ... канд. биол. наук : 03.00.09. – Павлодар, 2009, – 120 с. <https://e-catalog.nlb.by/vufind/Record/BY-NLB-br0000347625>
7. Сивкова Е. И. Вредоносное воздействие слепней (Diptera, Tabanidae) на организм животных и человека (обзор) // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – М, 2019, – С. 575-579. <https://doi.org/10.31016/978-5-9902340-8-6.2019.20.575-579>
8. Скуловец М. В. Симулиидотоксикоз и демодекоз крупного рогатого скота: Дис. ... д-ра вет. наук: 03.00.19. – М., 2005, – 412 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01002883321>
9. Скуфьин К. В. Методы сбора и изучения слепней. – Л.: Наука, 1973, – Вып. 8, – 104 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01007447419>

10. Шевченко В. В. Аннотированный систематический каталог слепней Казахстана (Diptera, Tabanidae) // Тр. Ин-та зоол. АН КазССР. – 1985, – Т. 42, – С. 130-149.
11. Andrianov B. V. Bacterial symbionts and pathogens in populations of Phytoseiidae mites (Phytoseiidae, Mesostigmata) // *Biology Bulletin Reviews*. – 2023, – V. 12, – P. 578-584. <https://doi.org/10.1134/S2079086422070027>.
12. Fermine B. R., Paiva F., Viola B. L., Rodrigues M. C., Garcia A. H., Campaner M., Takata S. C., Sheferaw D., Kisakye J. J., Kato A., Jared A. C., Teixeira M. M., Camargo P. E. Shared species of crocodilian trypanosomes carried by tabanid flies in Africa and South America, including the description of a new species from caimans, *Trypanosoma kaiowa* n. sp. // *Parasites Vectors*. – 2019, – P. 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3463-2>
13. Krolow T. K., Henriques A. L. Checklist das espécies de mutucas (Diptera, Tabanidae) do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil // *Iheringia. Série Zoologia*. – 2017, – P. 107. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2017131>
14. Krolow T. K., Lucas M., Henriques A. L. Revisiting the Tabanid Fauna (Diptera: Tabanidae) of Uruguay: Notes on the Species of the Genus *Tabanus* Linnaeus, with the Description of a New Species // *Neotropical Entomology*. – 2022, – P. 447-457. <https://doi.org/10.1007/s13744-022-00958-7>
15. Ma R., Li C., Tian H., Zhang Y., Feng X., Li J., Hu W. The current distribution of mites species in Inner Mongolia and inferring potential suitability areas for dominant mites species based on the MaxEnt model // *Parasites & Vectors*. – 2023, – V. 16, – № 1, – P. 286. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05870-6>.
16. Miraballes C., Araújo V., Riet-Correa F. *Rhipicephalus microplus*, babesiosis and anaplasmosis in Uruguay: Current situation and control or elimination programs on farms // *Experimental and Applied Acarology*. – 2019, – 78(4), – P. 579-593 <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00405-0>
17. Rodrigues G. D., Blodorn E., Zafalon-Silva A., Domingues W. B., Marques R., Krolow T. K., Greif G., Campos V. F., Kruger R. F. Molecular Detection of *Trypanosoma kaiowa* in *Tabanus triangulum* (Diptera: Tabanidae) from the Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Southern Brazil // *Acta Parasitologica*. – 2022, – P. 518–522. <https://doi.org/10.1007/s11686-021-00440-1>
18. Sivkova E. I., Domatskiy V. N. Influence of environmental factors on the fauna of the blood-sucking horseflies (Diptera, Tabanidae) // *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. – 2022, – V. 12 (4), – P. 251-258. <https://doi.org/10.31407/ijeel12.430>

References

1. Aldabergenov N. K. (1975) *Krovososushhie dvukrylye* (Diptera: Fhlebomidae, Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) poluostrova Mangyshlak [Blood-sucking dipterans (Diptera : Fhlebomidae, Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) of the Mangyshlak Peninsula] : avtoref. ... kand. biol. nauk : 03.00.09. Alma-Ata. – 28 s. <https://search.rsl.ru/ru/record/01006904963>. (in Russian).
2. Andrianov B. V. (2022) Bacterial symbionts and pathogens in populations of Phytoseiidae mites (Phytoseiidae, Mesostigmata) // *Biology Bulletin Reviews*. V. 12. – P. 578–584. <https://doi.org/10.1134/S2079086422070027>.
3. Engashev S. V., Kuz'mina V. B. (2020) Mezhdunarodnyy uroven' farmacevticheskogo proizvodstva lekarstvennykh preparatov dlya veterinarnogo primeneniya – real'nost' [International level of pharmaceutical production of medicinal products for veterinary use – a reality]// *Tehnologiya chistoty*. №1. – P. 5-8. <https://asincom-group.ru/zhurnali/tehnologiya-chistoty-1-2020>. (in Russian).
4. Engashev S. V., Aliev M.A., Engasheva E.S., Kolesnikov V.I., Koshkina N.A. (2019) Jefferktivnost' insekticidno-repellentnogo preparata FLAJBLOK® protiv dvukrylykh nasekomykh [Efficacy of the insecticide and repellent preparation FLYBLOCK® against two-winged insects]// *Veterinarija*. № 3. – P. 34-37. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2019.22.3.34-37>. (in Russian).
5. Fermine B. R., Paiva F., Viola B. L., Rodrigues M. C., Garcia A. H., Campaner M., Takata S. C., Sheferaw D., Kisakye J. J., Kato A., Jared A. C., Teixeira M. M., Camargo P. E. (2019) Shared species of crocodilian trypanosomes carried by tabanid flies in Africa and South America, including the description of a new species from caimans, *Trypanosoma kaiowa* n. sp.// *Parasites Vectors*. – P. 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3463-2>
6. Isimbekov Zh. M. (1994) *Biologicheskie osnovy i sistema meroprijatij protiv gnusa v zhivotnovodstve Vostochnogo Kazakhstana* [Biological bases and system of measures against bites in livestock breeding in East Kazakhstan]: Avtoref. ... dokt.biol.nauk : 03.00.19. – Alma-Ata. – 35 s. <https://elibrary.ru/item.asp?id=30199054>. (in Russian).
7. Krolow T. K., Henriques A. L. (2017) Checklist das espécies de mutucas (Diptera, Tabanidae) do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil // *Iheringia. Série Zoologia*. – P. 107. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2017131>
8. Krolow T. K., Lucas M., Henriques A. L. (2022) Revisiting the tabanid fauna (Diptera: Tabanidae) of Uruguay: Notes on the species of the genus *Tabanus* Linnaeus, with the description of a new species// *Neotropical Entomology*. – P. 447-457. <https://doi.org/10.1007/s13744-022-00958-7>.
9. Ma R., Li C., Tian H., Zhang Y., Feng X., Li J., Hu W. (2023) The current distribution of mites species in Inner Mongolia and inferring potential suitability areas for dominant mites species based on the MaxEnt model // *Parasites & Vectors*. V. 16, № 1, – P. 286. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05870-6>.
10. Miraballes C., Araújo V., Riet-Correa F. (2019) *Rhipicephalus microplus*, babesiosis and anaplasmosis in Uruguay: Current situation and control or elimination programs on farms // *Experimental and Applied Acarology*. 78(4), – P. 579-593 <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00405-0>
11. Nurlina A. B. (2009) *Slepni* (Diptera, Tabanidae) severo-vostoka Kazakhstana (fauna, jekologija i mery bor'by) [Blindflies (Diptera, Tabanidae) of north-eastern Kazakhstan (fauna, ecology and control measures)]: avtoref. ... kand. biol. nauk : 03.00.09. Pavlodar. – 120 s. <https://e-catalog.nlb.by/vufind/Record/BY-NLB-br0000347625>. (in Russian).

12. Rodrigues G. D., Blodorn E., Zafalon-Silva A., Domingues W. B., Marques R., Krolow T. K., Greif G., Campos V. F., Kruger R. F. (2022) Molecular Detection of Trypanosoma kaiowa in Tabanus triangulum (Diptera: Tabanidae) from the Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Southern Brazil// Acta Parasitol. 2022. – P. 518–522. <https://doi.org/10.1007/s11686-021-00440-1>
13. Shevchenko V. V. (1985) Annotirovannyj sistematicheskij katalog slepnej Kazahstana (Diptera, Tabanidae) [Annotated systematic catalogue of gadflies of Kazakhstan (Diptera, Tabanidae)] //Tr. In-ta zool. AN KazSSR. – Alma-Ata: Nauka. V. 42. – P. 130-149. (in Russian).
14. Sivkova E. I. (2019) Vredonosnoe vozdejstvie slepnej (Diptera, Tabanidae) na organizm zhivotnyh i cheloveka (obzor) [Harmful effects of horseflies (Diptera, Tabanidae) on animals and humans (review)] // Teorija i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami. – P. 575-579. <https://doi.org/10.31016/978-5-9902340-8-6.2019.20.575-579>. (in Russian).
15. Skuf'in K. V. (1973) Metody sbora i izucheniya slepnej [Methods of collecting and studying gadflies]. L.: Nauka, V. 8. – 104 p. <https://search.rsl.ru/ru/record/01007447419>. (in Russian).
16. Skulovec M. V. (2005) Simuliidotoksikoz i demodekoz krupnogo rogatogo skota [Simuliidotoxicosis and demodecosis of cattle]: Dis. ... d-ra vet. nauk: 03.00.19. M., – 412 p. <https://search.rsl.ru/ru/record/01002883321>. (in Russian).
17. Vasilevich F. I., Pigina S. Ju., Nikanorova A. M., Akbaev R. M. (2023) Metody sbora, hraneniya i opredeleniya krovososushih nasekomyh i kleshhej: uchebnoe posobie [Methods of collection, storage and identification of blood-sucking insects and ticks: a training manual]. M. – 29 p. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/z23-6>. (in Russian).
18. Zhanetov B. Zh. (1975). Krovososushhie dvukrylye (Diptera: Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) doliny srednego i nizhnego techeniya r. Ural i nizovij r. Jemby [Blood-sucking dipterans (Diptera: Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) of the valley of the middle and lower reaches of the Ural River and the lower reaches of the Emba River]: avtoref. ... kand. biol. nauk: 03.00.09. Alma-Ata. 28 p. <https://search.rsl.ru/ru/record/01006928792>. (in Russian).

Авторлар туралы мәлімет:

Калиева Айнагуль Балгауовна <https://orcid.org/0000-0002-3210-1207> – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының меңгерушісі, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: ainanurlina80@mail.ru)

Чидунчи Ирина Юрьевна <https://orcid.org/0000-0003-1885-9529> – PhD, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: chidunchi_irina@mail.ru)

Арынова Шынар Жаныбековна (сәйкес автор) <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649> – PhD, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: shinar_uzh@mail.ru)

Сергазинова Зарина Мухтаровна <https://orcid.org/0000-0003-3437-8717> – PhD, Торайғыров университетінің Биология және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, (Павлодар, Қазақстан, e-mail: wwwszm@mail.ru)

Корогод Наталья Петровна <http://orcid.org/0000-0002-3211-2336> – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Марғұлан университетінің жаратылыстану жоғары мектебінің доценті (Павлодар, Қазақстан, e-mail: natalya_korogod@mail.ru)

Information about authors:

Kaliyeva Ainagul Balgauovna <https://orcid.org/0000-0002-3210-1207> – candidate of Biological Sciences, associated professor, Head of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: ainanurlina80@mail.ru)

Chidunchi Irina Yuryevna <https://orcid.org/0000-0003-1885-9529> – PhD, associate Professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: chidunchi_irina@mail.ru)

Arynova Shynar Zhanybekovna (corresponding author) <http://orcid.org/0000-0002-9895-7649> – PhD, associate Professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: shinar_uzh@mail.ru)

Sergazinova Zarina Mukhtarovna <https://orcid.org/0000-0003-3437-8717> – PhD, associate Professor of Department of Biology and Ecology, Toraighyrov University, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: wwwszm@mail.ru)

Korogod Natalya Petrovna <http://orcid.org/0000-0002-3211-2336> – candidate of Biological Sciences, docent of the Higher School of Natural Sciences of Margulan university, Pavlodar, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: natalya_korogod@mail.ru)

Поступила 3 октября 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

M.Zh. Makhambetov*, **R. Izimova**, **G.A. Issengaliyeva**,
G.A. Gataulina, **G.E. Nurmukhanova**

K. Zhubanov Aktope Regional University, Aktope, Republic of Kazakhstan

*e-mail: muratkim.87@mail.ru

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CONDITION OF PASTURES IN THE AKTOBE REGION

Pastures are essential to agriculture, particularly in areas with harsh climates and limited nutrient availability. They serve as an effective and economically viable alternative to conventional ruminant feeding methods while enabling the simultaneous production of other agricultural goods. In Kazakhstan's Aktope region, conducting ecological assessments of pasture lands is a key priority for agricultural producers, as these lands form the primary feed source for cattle, sheep, and horses.

The main goal of this study was to scientifically evaluate the current state of pasture ecosystems and perform an ecological assessment to ensure their sustainable use. Analysis of the pasture load across the region's districts revealed clear signs of ecosystem recovery and measured the extent of anthropogenic impact on these lands. From 1991 to 2023, the decline in livestock numbers has led to a reduction in pasture load and the gradual re-establishment of ecological equilibrium.

Furthermore, the study identifies the critical factors that contribute to the restoration of degraded pastures and offers comparative indicators for each district. This approach allows for a comprehensive assessment of the recovery levels of degraded pastures in the Aktope region and helps chart out strategies for their further rational and sustainable utilization.

Key words: ecosystems, pastures, grazing load, environmental assessment, degradation, desertification.

М.Ж. Махамбетов*, Р. Изимова, Г.А. Исенгалиева, Г.А. Гатаулина

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

*e-mail: muratkim.87@mail.ru

Ақтөбе облысы жайылымдарының жағдайын экологиялық бағалау

Жайылымдар климаты қатал және қоректік заттарға қол жетімділігі шектеулі жағдайда ауыл шаруашылығында маңызды рөл атқарады. Оларды пайдалану ауылшаруашылық өнімдерін қатарлас өндіруге мүмкіндік бере отырып, күйіс қайыратын малдарды азықтандырудың дәстүрлі әдістеріне тиімді және үнемді балама болып келеді. Қазақстанның Ақтөбе облысында жайылымдық жерлерді экологиялық бағалау ауыл шаруашылығы тауарын өндірушілер үшін маңызды бағыт болып табылады, өйткені бұл жерлер ірі қара, қой және жылқы малдарын азықтандырудың негізгі көзі болып табылады.

Бұл зерттеудің негізгі мақсаты жайылымдық экосистемалардың қазіргі жағдайын ғылыми тұрғыда анықтау және оларды ұтымды пайдаланудың экологиялық сараптамасын жүргізу болды. Облыс аймақтарындағы жайылымдық жүктемені талдау нәтижесінде экосистемінің қалпына келтіру белгілері анықталды және олардың жағдайына антропогендік факторлардың әсер ету дәрежесі анықталды. 1991–2023 жылдар аралығында жайылымдардағы мал басының азаюына байланысты жүктемені азайту және экологиялық тепе-теңдікті орнату процестері байқалады.

Сонымен қатар, жұмыста тозған жайылымдарды қалпына келтіруге ықпал ететін факторлар анықталып, әр аймақ бойынша негізгі салыстырмалы көрсеткіштер берілген. Бұл Ақтөбе облысындағы тозған жайылымдарды қалпына келтіру дәрежесін бағалауға және осы ресурстарды одан әрі ұтымды пайдалану бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: экосистемалар, жайылым, жайылымдық жүктеме, экологиялық бағалау, деградация, шөлейттену.

М.Ж. Махамбетов*, Р. Изимова, Г.А. Исенгалиева, Г.А. Гатаулина
Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан
*e-mail: muratkim.87@mail.ru

Экологическая оценка состояния пастбищ в Актюбинской области

Пастбища играют важнейшую роль в сельском хозяйстве в условиях сурового климата и ограниченного доступа к питательным веществам. Их использование является эффективной и экономически оправданной альтернативой традиционным способам кормления жвачных животных, при этом позволяя параллельно производить сельскохозяйственную продукцию. В Актюбинской области Казахстана экологическая оценка пастбищных угодий является важным направлением для сельхозпроизводителей, так как эти земли служат основным источником кормов для крупного рогатого скота, овец и лошадей.

Основной целью данного исследования было научное определение современного состояния пастбищных экосистем и проведение экологической оценки для их рационального использования. В результате анализа нагрузки на пастбища по районам области были выявлены признаки восстановления экосистем и определена степень влияния антропогенных факторов на их состояние. С 1991 по 2023 год в связи с сокращением поголовья скота на пастбищах наблюдаются процессы снижения нагрузки и установления экологического равновесия.

Кроме того, в работе выявлены факторы, способствующие восстановлению деградированных пастбищ, и приведены основные сравнительные показатели по каждому району. Это дает возможность оценить степень восстановления деградированных пастбищ в Актюбинской области и определить направления дальнейшего рационального использования этих ресурсов.

Ключевые слова: экосистемы, пастбища, пастбищная нагрузка, экологическая оценка, деградация, опустынивание.

Introduction

In modern world practice, in connection with global climate change and intensification of desertification processes, there is an acute problem of developing and implementing effective management of natural resource potential, which allows to abandon resource-intensive technologies and flexibly manipulate the level of anthropogenic load on ecosystems, preserving soil and plant resources of arid areas [1].

Pastures represent one of the most extensive terrestrial ecosystems, occupying approximately 20% of the Earth's surface [2]. Their primary role is to serve as grazing lands for livestock. However, factors such as overpopulation and climate change are markedly accelerating the degradation of these rangelands, particularly in arid and semi-arid regions of the world [3]. Such degradation can lead to reduced productivity, fragmentation of the grass cover, loss of soil fertility, compaction and an increase in the proportion of plant species unsuitable for fodder.

Excessive grazing is the primary cause of pasture degradation; however, factors such as transport activities, water and wind erosion, geological exploration, oil and gas operations, and others also contribute negatively. The state of pastures directly influences the development of livestock farming, the formation of vegetation, the efficient use of natural resources, agricultural practices, ecosystem sustainability, the preservation of farmland, soil fertility,

and overall environmental quality [4]. It is estimated that degradation processes and poor management lead to a loss in productivity on approximately 20% of the world's rangelands [5]. In countries where livestock primarily grazes on grass, degradation is the main driver behind the decline in pasture quality [6]. Although the factors contributing to degradation are diverse, overgrazing remains the most important [7]. In addition, the reduction in forage production caused by global climate change – lack of rainfall and rising temperatures – is a major contributor to pasture degradation [8].

One of the reasons for the low sustainability of natural communities is also the loss of biodiversity, which manifests itself in the phylogenetic incompleteness of ecosystems under changing environmental conditions, where the optimal balance of bio-ecological groups is disturbed. The system of adaptive landscape environmental management is becoming increasingly popular in the world, especially in arid countries [9].

In the early stages, rangeland degradation is so slow and imperceptible that it often goes unnoticed in the short term [10]. However, when the process reaches a critical stage, restoration becomes extremely difficult or even impractical, as it requires significant investment to repair the damage, which is often beyond the economic capacity of most countries [11].

The impact of grazing on the soil, and therefore on the plant, is also diverse. Loosening and fractur-

ing of the soil are of great importance, leading to the development of deflation processes in a sandy desert. However, moderate loosening of the soil by animals is a positive factor, helping to break up the crust on the soil surface, improving aeration and seed placement [12].

Kazakhstan's latitude determines the diversity of its agricultural land. The country is ranked sixth globally for its grassland resources, with natural forage areas spanning 188 million hectares—accounting for 70% of its territory [13]. These lands are primarily utilized for grazing. Before the dissolution of the Soviet Union, Kazakhstan had numerous state farms (2,452) and collective farms (395), and approximately 120 million conventional sheep were registered. Due to the large number of animals, long-distance grazing was practised over considerable distances [14].

In the Aktope region, nearly 77% of the land is used as pasture, which supports the practice of extensive, long-distance grazing. However, the constant exploitation of these pastures contributes significantly to the pressing environmental issue of desertification—a process that is especially rapid and noticeable in arid ecosystems [15]. Additionally, compared to more fertile areas, desert pastures offer lower productivity due to restricted plant biomass and a limited variety of forage, thereby reducing the availability of essential nutrients for animals. Unpredictable weather patterns, including drought and scant rainfall, further lead to uneven vegetation distribution in these regions [16].

Despite these challenges, desert rangelands continue to provide an important source of forage for livestock. The natural adaptation of their plant species to extreme conditions renders them highly resistant to climate change. For instance, species like saxaul and camel thorn can endure prolonged drought periods, while their leaves and stems still supply sufficient nutrients for animal consumption [17].

The main objective of this work was to provide a scientifically based identification of the current ecological situation of rangeland ecosystems and to conduct an environmental assessment with a view to their rational use.

In 1996, experts from the UNCCD noted that Kazakhstan had 179.9 million hectares of desertified land—about 60% of its total territory. By 2020, official figures predicted that almost 66% of the country's land would be affected by desertification. This environmental degradation is largely due to the overgrazing of natural forage areas, such as pastures and hayfields, which has significantly worsened the state of the ecosystems.

After the collapse of the Soviet Union, Kazakhstan's agricultural sector underwent a major restructuring beginning in 1991. Agricultural production plummeted, vast areas of arable land were abandoned, and many collective and state farms ceased to exist, leading to a notable decline in livestock numbers in rural areas. In 1994, the removal of livestock subsidies and the dissolution of state and collective farms forced many residents to leave their homes and move to district centers and towns. Then, starting in 1995, legislative changes stripped collective and state farms of their legal status, transforming them into production cooperatives or peasant farms.

All these factors emphasise the need to review the extent of degradation of pastureland, as they play a decisive role in shaping the current state of the land and require special attention for further rational use of natural resources.

Study area

The Aktope region is located in the north-western part of Kazakhstan. It is a vast physical-geographical and economic region with an area of 30.062 million hectares, which is about 11% of the total area of the republic. The Aktope region is the second largest region of Kazakhstan in terms of area.

The territory of the Aktope Oblast (total area 30.062 million hectares) is located in several geomorphological regions: the Mugalzhar Mountains, the Podural Plateau, the Turgai Tableland, the Ustyurt Plateau and the Caspian Sea Lowland.

The great length from north to south (700 km) and from west to east (800 km), as well as the rather complex terrain, determine the diversity of the region's natural and economic conditions. According to the nature of the relief, the territory of the region is divided into five geomorphological regions: the Mugalzhar Mountains, the Poduralskoe (Ural-Emben) Plateau, the Turgai Plateau, the Ustyurt Plateau and the Caspian Lowland.

The region's climate is marked by abrupt temperature fluctuations, with harsh, cold winters giving way to hot summers. The shift from winter to summer happens quickly, resulting in a brief spring season. In addition, there is instability and scarcity of precipitation, high air dryness, intense evaporation and constant direct sunlight throughout the spring-summer season [18].

In summer, dry, heated tropical air masses from the deserts of Central Asia and Iran enter the region from the south, and arctic air masses from the Urals from the north. These cold, dry air masses undergo further dehydration due to the influence of the un-

derlying surface, transforming into continental-tropical air masses, which contribute to droughts and hot winds.

As of January 1, 2024, statistical data indicate that Aktobe Oblast comprises 323 settlements, including 12 administrative districts, one city of regional significance (Aktobe), seven cities of district significance (Alga, Kandyagash, Emba, Zhem, Temir, Khromtau, Shalkar), and 315 rural settlements organized into 134 rural districts.

The region's ecological situation is shaped by both natural and human-induced factors, such as moisture deficiency, temperature variations, harsh winters, and scorching summers. Additionally, degradation processes, overgrazing, vegetation burning for fuel, and mining activities contribute to environmental challenges. Special attention is given to the deterioration of soil and vegetation cover, as it reflects the overall state of the territory and serves as a key indicator of desertification.

Materials and research methods

This study leveraged statistical data from of the Statistics Agency of the Republic of Kazakhstan alongside various cartographic resources to determine of the pasture load in the Aktobe region. The main goal was to the present pasture load assessment results for the period 1991–2023 years, identify of the most degraded pasture areas, and pinpoint zones with either low or high load variability as a result of

overgrazing. Notably, there has been a shortage of detailed analyses on pasture load degradation in Aktobe; therefore, the methods and analyses used here can also be applied in other regions of Kazakhstan. The data gathered offer a deeper insight into the dynamics and variability of pasture load.

To calculate the potential (or standard) load on the pastures, the study employed the formula $K = a/b$, where 'a' is the actual yield of the pasture and 'b' represents the amount of feed consumed by one sheep during the grazing period (with a daily requirement of 2.5 kg of pasture feed per sheep) [21]. The impact of animals on the pasture ecosystem was assessed using the FAO/UNEP methodology, which involves calculating the ratio of the actual load (expressed in conventional sheep heads per hectare) to the potential load. The conventional population was determined using conversion factors: sheep and goats count as 1 sheep, cattle as 5 sheep, horses as 6 sheep, and camels as 7 sheep. This approach differs from calculations based on live weight. Additionally, the pasture load was computed based on the grazing period, which in this the region averages 270 days.

Results and discussion

In the Aktobe region, the number of main livestock species decreased from 1991 to 2023, with sheep and goats accounting for more than half of the total number of animals compared to 1991 (Figure 1).

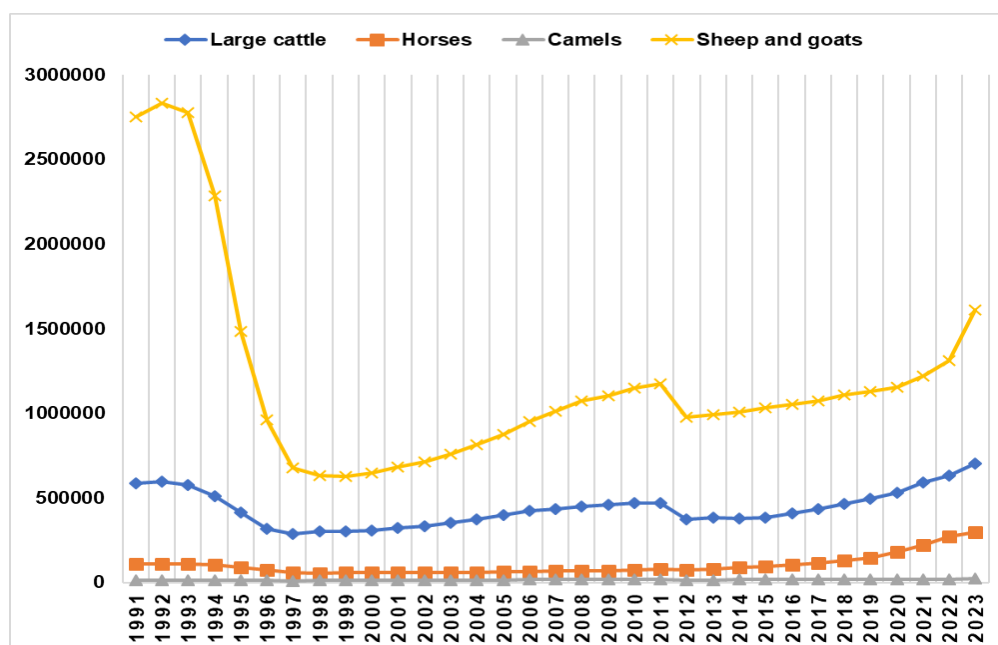


Figure 1 – Dynamics of the main types of livestock in the Aktobe region, thousands of head

According to Figure 1, we see a significant decrease in the number of livestock from 1992 to 1998, by 72% due to restructuring, while there were significant changes in the total number of livestock associated with an increase from 1999 to 2023, but the main increase in livestock did not even reach the level of 1991-1992 [22-23].

Under the conditions of year-round grazing in the Aktope region, the amount of fodder consumed

by one sheep during the grazing period is 9.1 centners per year. Therefore, in order to assess the degradation of pastures, we converted all livestock into conditional sheep (Table 1).

As can be seen from the table, before the collapse of the state collective farm system the main livestock was sheep (more than 2.83 million head or 74%), currently the number of sheep is 1.60 million or 30% of the total conditional sheep head (Figure 2).

Table 1 – Conversion into conditional sheep heads, taking into account private livestock in Aktope region

Years	Sheep	Large Cattle	Horses	Camels	Total in sheep heads
1991	2753200	585600 = 2892800 Sheep	108400 = 650400 Sheep	14300 = 100100 Sheep	6431700
1992	2831000	594500 = 2972500 Sheep	108300 = 649800 Sheep	14500 = 101500 Sheep	6554800
1998	629500	300200 = 1501000 Sheep	55900 = 335400 Sheep	10600 = 74200 Sheep	2540100
2011	1174000	471300 = 2356500 Sheep	76500 = 459000 Sheep	17100 = 119700 Sheep	4109200
2020	1153376	531432 = 2657160 Sheep	178051 = 1068306 Sheep	17613 = 123291 Sheep	5002133
2023	1608702	700995 = 3504975 Sheep	294803 = 1768818 Sheep	21335 = 149345 Sheep	7031840

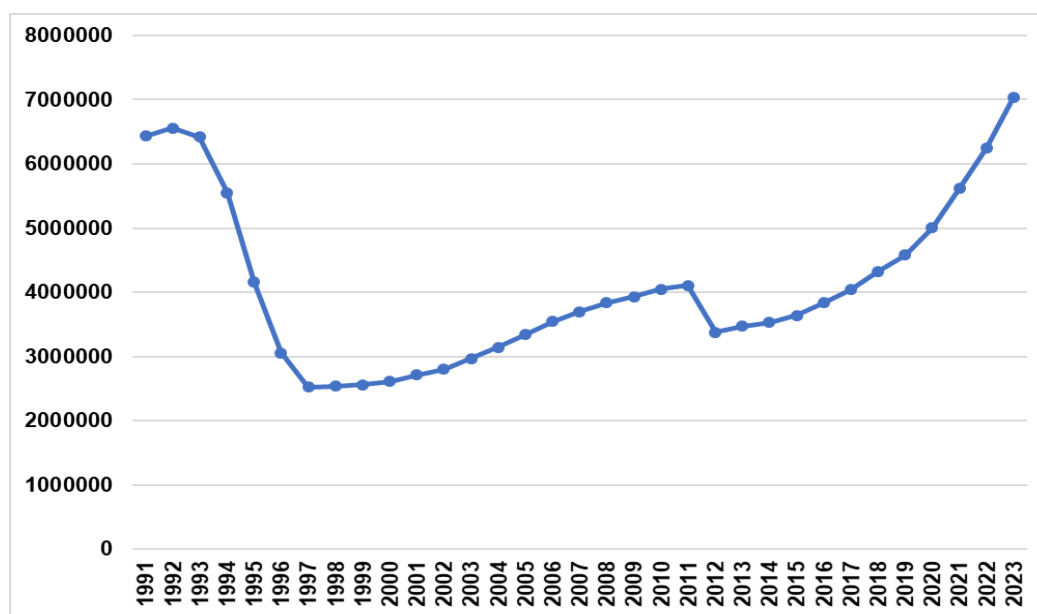


Figure 2 – Dynamics of changes in livestock numbers in Aktope region, thousands of conventional sheep

By the end of 2023, the livestock population in the Aktope region was recorded at 7,031.8 thousand conventional sheep heads. This included 1,608.7 thousand sheep and goats, 700.9 thousand cattle (equivalent to 3,504.9 thousand conventional sheep heads), 294.8 thousand horses (equivalent to

1,768.8 thousand conventional sheep heads), and 21.3 thousand camels (149.3 thousand conventional sheep heads).

According to the data in the table, the total number of livestock, measured in conventional sheep heads, has shown a steady increase since 2000. The

most significant growth has been observed in the population of cattle, horses, and camels, which has increased 1.5 times compared to 1991. However, the number of sheep and goats has not yet returned to the levels recorded in 1996.

Livestock distribution across the region remains uneven, with the highest concentration in the Mugal-

zhar district, which had 812.4 thousand conventional sheep heads in 2023. This is attributed to the district's favorable conditions for livestock farming. Most of the livestock is concentrated in the western-southern and northern areas, particularly in Baiganin (682.8 thousand), Kobda (758.0 thousand), and Shalkar (800.2 thousand conventional sheep heads).

Table 2 – Main indicators of livestock production by districts of Aktobe region for 2023 [24]

Districts of the Aktobe region	Number of livestock, thousand conventional sheep	Density of livestock, head/1 sq. km	Number of livestock per capita, head
Alga	525,4	70,0	12,0
Aitekebi	572,5	15,5	27,7
Baiganin	682,8	12,5	29,7
Kargaly	240,5	48,1	15,6
Irgiz	459,2	11,6	33,0
Martuk	350,4	53,1	11,8
Mugalzhar	812,4	67,2	12,3
Temir	535,6	46,9	14,9
Wil	485,1	46,8	30,1
Kobda	758,0	54,0	47,4
Khromtau	442,8	34,2	9,5
Shalkar	800,2	13,5	18,9
Suburb of Aktobe	159,2	62,9	0,28
Total for the region	6023,9	41,2	20,3

Over the last twenty years, the number of livestock in the suburbs of Aktobe has decreased by 77%, in the Temir district by 18%, in the Uil-sky district by 11% (of the total number of livestock in 1991), in the Kargaly region the number of livestock has not changed, in other areas it has increased by 1.5 times (Figure 3). Among the districts, a slight increase occurred in Shalkarsky – 121,6%, Mugalzharsky – 125,1%, Khromtausky – 128,6%, Kobdinsky – 149,8%, i.e. the increase occurred is mainly in the northern and west-southern regions of the region, where the conditions for animal husbandry are most favourable. The decrease in the livestock occurred mainly in the western and eastern regions, at the such as Irgiz – 3,8% and Uil – 10,6%. In the studied sareas of the Aktobe region there is a dynamic increase in the number of livestock in the condition sheep, but for the main types of the livestock, horses, cattle and camels have increased. The number of the sheep and goats in

all the districts of Aktobe region has not reached of the level in 1991 year.

With the growth of the livestock population, pressure on pastures has also increased. Currently, efforts are underway to restore the degraded steppe. Over the past 33 years, pasture restoration processes have contributed to a reduction in the baseline level of desertification, which is now considered weak.

The primary factors driving vegetation recovery have been a significant decline in grazing livestock numbers and a shift from an arid climate cycle to a more humid one. Pastures cover 77% of the region, with an average yield per hectare ranging from 2.2 to 10.5 c/ha, depending on the district. However, over the last 30 years, the total area of natural pastures in the Aktobe region has decreased by 9%, largely due to industrial and manufacturing development.

At the same time, livestock density has increased. In 2018, the number of livestock per hectare was recorded at 0.07, rising to 0.11 by 2023 as livestock numbers continued to grow (Table 3).

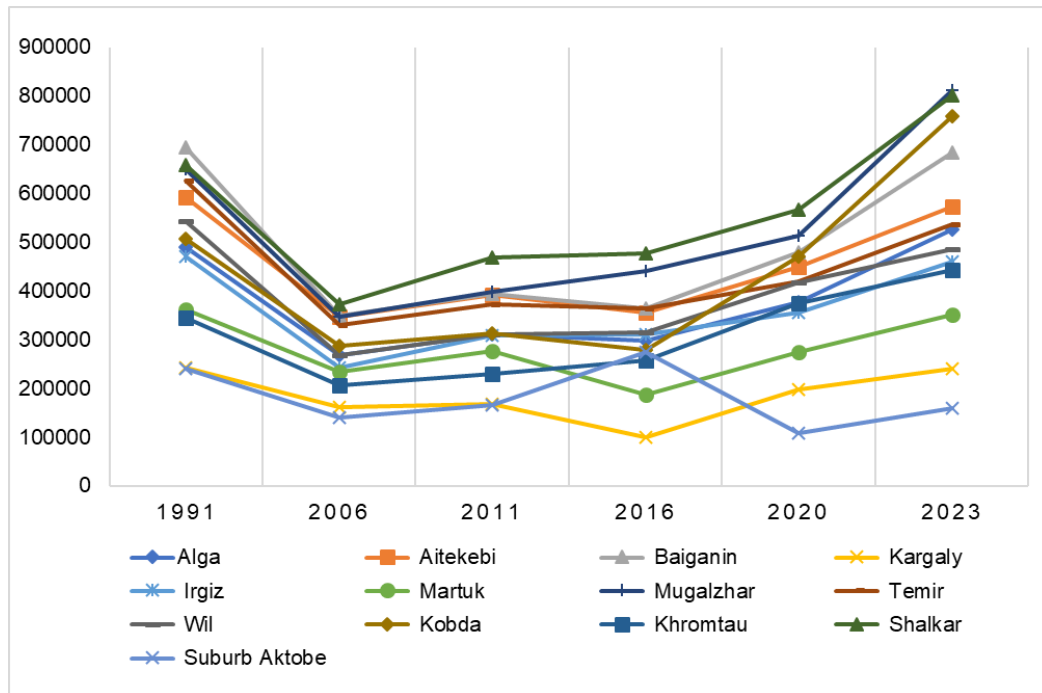


Figure 3 – Dynamics of changes in livestock numbers by districts of the Aktope region, thousand conditional sheep

Table 3 – Dynamics of livestock and pastures in the Aktope region, 1991-2023.

Years	Livestock, thousand heads..	Pastures thousand hectares	Livestock density per pasture, head/ha
1991	3461,5	25390,4	0,13
1995	1996,4	24999,1	0,08
2007	1528,5	24660,7	0,06
2012	1435,6	24437,2	0,05
2018	1719,9	23150,8	0,07
2023	2411,8	23037,3	0,11

Pasture digression is an exogenous succession of a recessive type. This phenomenon was first described by G.N. Vysotsky in Ergeni, where it is defined as a successive change in plant communities in a certain area, arising under the influence of over-

grazing. The pasture load was determined based on the length of the grazing period, which in the region averages 270 days. Following this approach, the authors [25] developed a scale to assess the impact of livestock on pastures (Table 4).

Table 4 – Scale for determining the impact of livestock on pastures (GSP)

Actual livestock load in relation to potential, (%)	Degree of influence of animals on the pasture ecosystem
350 and more	Very high
250 – 350	Tall
150 – 250	Moderate
100 – 150	Low
10 – 100	Ecological balance

It is known that a sheep's daily forage requirement is 2.5 kg, amounting to 9.1 kg annually. The scientifically grounded potential pasture load is calculated using the formula $K = a/b$, where "a" represents the actual

yield, and "b" denotes the amount of fodder consumed by a sheep during the grazing period. The actual yield for each district in the region was determined from the average yield of dry edible matter (Table 5).

Table 5 – Dynamics of the influence of livestock on pasture ecosystems in the Aktobe region (1991-2023)

Districts	Pasture area (thousand ha)	Livestock (thousand heads)			Average yield kg/ha of dry consumed mass	Ratio of potential to actual load per 1 hectare		Ratio of actual overload to potential		The degree of influence of animals on pasture 1991-2014
		Sheep, goats	Cattle, horses, camels	Total conditional sheep heads		1991	2023	1991	2012	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Alga	518,1 393,0	213,9 105,4	276,0 420,0	489,9 525,4	3,8 3,6	$\frac{0,42}{0,94}$	$\frac{0,39}{1,33}$	$\frac{2,24}{3,41}$	$\frac{222}{341}$	moderate tall
Aitekebi	3170,6 2687,1	187,8 87,7	405,3 484,9	593,1 572,6	5,9 7,8	$\frac{0,65}{0,19}$	$\frac{0,86}{0,21}$	$\frac{0,29}{0,24}$	$\frac{29}{24}$	ecol. balance ecol. balance
Baiganin	5200,5 5649,4	415,0 166,6	280,4 516,2	695,4 682,8	7,2 8,7	$\frac{0,79}{0,13}$	$\frac{0,96}{0,12}$	$\frac{0,16}{0,12}$	$\frac{16}{12}$	ecol. balance ecol. balance
Kargaly	302,0 300,4	33,2 36,6	210,1 203,9	243,3 240,5	3,5 2,4	$\frac{0,38}{0,81}$	$\frac{0,26}{0,80}$	$\frac{2,13}{3,08}$	$\frac{213}{308}$	moderate tall
Irgiz	3367,8 3224,2	249,7 114,9	220,9 344,3	470,6 459,2	3,1 5,2	$\frac{0,34}{0,14}$	$\frac{0,57}{0,14}$	$\frac{0,41}{0,24}$	$\frac{41}{24}$	ecol. balance ecol. balance
Martuk	443,8 269,6	54,0 54,0	308,0 296,3	362,0 350,3	4,5 5,8	$\frac{0,49}{0,82}$	$\frac{0,64}{1,30}$	$\frac{1,67}{2,03}$	$\frac{167}{203}$	moderate moderate
Mugalzhar	2482,7 1162,4	294,2 169,2	354,7 643,2	648,9 812,4	3,6 5,8	$\frac{0,39}{0,26}$	$\frac{0,64}{0,70}$	$\frac{0,67}{1,09}$	$\frac{67}{109}$	ecol. balance low
Temir	1124,0 764,2	305,5 123,3	320,8 412,3	626,3 535,6	4,2 3,5	$\frac{0,46}{0,56}$	$\frac{0,38}{0,70}$	$\frac{1,22}{1,84}$	$\frac{122}{184}$	low moderate
Wil	1022,9 1013,0	317,0 137,6	226,0 347,5	543,0 485,1	6,7 4,6	$\frac{0,74}{0,53}$	$\frac{0,51}{0,49}$	$\frac{0,72}{0,96}$	$\frac{72}{96}$	ecol. balance ecol. balance
Kobda	1199,8 1164,8	191,0 201,0	314,9 556,9	505,9 757,9	3,0 3,5	$\frac{0,33}{0,42}$	$\frac{0,38}{0,65}$	$\frac{1,27}{1,71}$	$\frac{127}{171}$	low moderate
Khromtau	1082,5 991,7	106,3 65,5	237,8 377,2	344,1 442,7	2,6 2,4	$\frac{0,29}{0,32}$	$\frac{0,26}{0,45}$	$\frac{1,10}{1,73}$	$\frac{110}{173}$	low moderate
Shalkar	5318,9 5385,0	297,7 108,4	360,3 691,7	658,0 800,1	6,9 7,4	$\frac{0,76}{0,12}$	$\frac{0,81}{0,15}$	$\frac{0,16}{0,20}$	$\frac{16}{20}$	ecol. balance ecol. balance
Suburb of Aktobe	156,8 145,8	81,2 29,3	158,7 129,8	239,9 159,1	2,2 2,1	$\frac{0,24}{1,53}$	$\frac{0,23}{1,09}$	$\frac{6,37}{4,74}$	$\frac{637}{474}$	very high very high

Here, on the pastures of on Baiganin district to the 695,4 thousand conventional sheeps were grazed in 1991 year, with an average grass yield of 7,2 c/ha of air-dry edible phytomass. In the Aitekebi, Baiganin, Irgiz, Mugalzhar, Uil and Shalkar districts, pasture of the overload was not exceeded and was in ecological balance. Only in Alginsky, Karga-

linsky and Martuisky districts was there a moderate grazing pressure in 1991. In the Temir and Kobdinsky districts in 1991 there was a low level of pressure on pastures by farm animals. In this respect, the pastures were in the middle stage of desertification. In 2023, with a pasture yield of 2,4-3,6 c/ha in the Alginsky and Kargalinsky districts, the pasture

load was at a high level, increasing almost 1,5 times. However, in 2014, in the Aitekebisky, Baiganinsky, Irgizsky and Uilsky districts, the number of live-stock grazing decreased, which contributes to the intensive restoration of the grass cover and the formation of an ecological balance. In addition, despite the increase in the number of conventional sheep from 658,0 to 800,1 in the Shalkar region, ecological equilibrium is observed in the pastures. Only in the suburbs of Aktobe has there been a very high degradation of pastures since 1991.

Unsystematic grazing and excessive livestock pressure on pastures can result in significant wind erosion and the formation of large-scale desertification zones. However, over the past 30 years, pasture ecosystems in most areas of the Aktobe region have experienced minimal degradation and have remained in a state of ecological balance.

As a result, on sandy-soil pastures that have undergone improvement, restoration and demutation processes occur at an accelerated rate, allowing pasture loads to be maintained at a sustainable ecological level.

Conclusion

The influence of livestock and human activity on the semiarid ecosystems of the Aktobe region is a significant concern, as it leads to the

transformation of natural ecosystems into anthropogenic ones. A detailed analysis of changes that took place in the 20th and early 21st centuries due to livestock grazing revealed the following trend: during periods of high pasture loads (1991–1995), a regressive exogenous succession occurs, where the original climax community is replaced by short-term derivative groups. Grazing on brown soils has been found to contribute to the displacement of light soils, the formation of dune landscapes, a decline in floristic and phytocenotic diversity, and the erosion of boundaries between plant communities.

On the other hand, when grazing pressure decreases or is absent, particularly in combination with increasing climate humidity, the opposite process takes place—endogenous succession, which facilitates the restoration of the primary vegetation cover (demutation). This phenomenon has been observed in the region since 1991 and continues to the present day. Despite the fluctuations in the livestock population, which saw a decline from 3461.5 thousand conventional sheep heads in 1991 to 1995–1996, and a further decrease to 2411.8 thousand conventional sheep heads in 2023, the pastures have, in general, maintained ecological balance, with the exception of specific areas. Presently, ecological balance is maintained on all pastures within the districts; however, adherence to the established norms of pasture load is imperative.

References

1. Mammadova, A. O., Mammadova, R. N., & Ashurova, N. D. (2024). Ecological assessment of pastures semi-deserts and dry steppes of Azerbaijan. *International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*, 13(2), 439–446.
2. Mu, S., Zhou, S., Chen, Y., Li, J., Ju, W., & Odeh, I. O. A. (2013). Assessing the impact of restoration-induced land conversion and management alternatives on net primary productivity in Inner Mongolian grassland, China. *Global and Planetary Change*, 108, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2013.06.007>
3. Meyer, H., Lehnert, L. W., Wang, Y., Reudenbach, C., Nauss, T., & Bendix, J. (2017). From local spectral measurements to maps of vegetation cover and biomass on the Qinghai-Tibet-Plateau: Do we need hyperspectral information? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 55, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.10.001>
4. Kosolapov, V. M., & Trofimov, I. A. (2010). Rol' pastbishh v razvitii sel'skogo hozjajstva Rossii [The role of pastures in the development of agriculture in Russia]. *Rol' kul'turnyh pastbishh v razvitii molochnogo skotovodstva Nechernozemnoj zony Rossii v sovremennykh usloviyakh*, 10–15. (In Russian)
5. Sloat, L. L., Gerber, J. S., Samberg, L. H., Smith, W. K., Herrero, M., Ferreira, L. G., Godde, C. M., & West, P. C. (2018). Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. *Nature Climate Change*, 8, 214–218.
6. Aguiar, D. A., Mello, M. P., Nogueira, S. F., Gonçalves, F. G., Adami, M., & Rudorff, B. F. T. (2017). MODIS time series to detect anthropogenic interventions and degradation processes in tropical pasture. *Remote Sensing*, 9, 73.
7. Zhou, W., Yang, H., Huang, L., Chen, C., Lin, X., & Li, J. (2017). Grassland degradation, remote sensing monitoring, and driving factors quantitative assessment in China from 1982 to 2010. *Ecological Indicators*, 83, 303–313.
8. Lemmens, C., Boeck, H. D., Gielen, B., Bossuyt, H., Malchair, S., Carnol, M., Merckx, R., Nijs, I., & Ceulemans, R. (2006). End-of season effects of elevated temperature on ecophysiological processes of grassland species at different species richness levels. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 245–254.
9. Ojiako, F. O., Ahuchaogu, C. E., Okere, S. E., & Nwaokeneme, B. C. (2023). Ecofriendly management of the flea beetle, *Podagrica* species (Coleoptera: Chrysomelidae) on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) with *Artemisia annua* L. seed extract. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 12(1), 66–73. <https://doi.org/10.11591/ijaas>

10. Wiegmann, K., Hennenberg, K. J., & Fritsche, U. R. (2008). *Degraded land and sustainable bioenergy feedstock production*. Workshop on High Natural Value Criteria and Potential for Sustainable Use of Degraded Lands, Paris, France, 30 June–1 July.
11. Dias-Filho, M. B. (2005). *Degradação de Pastagens: Processos, causas e estratégias* [Pasture degradation: Processes, causes, and strategies]. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Brazil. ISBN 978-85-911831-0-4.
12. Dzhanpeisov, R., & Dzhamalbekov, E. U. (1978). Voprosy ohrany pochv v Kazahstane [Soil protection issues in Kazakhstan]. *Problemy osvoeniya pustyn'*, (4), 63-69. (In Russian)
13. Government of the Republic of Kazakhstan, GEF, UNDP. (2010). *Sustainable Rangeland Management for Rural Livelihood and Environmental Integrity*. Almaty, 12 p.
14. Mirzadinov, R. A., Usen, K., Torgaev, A. A., & Bajsartova, A. E. (2009). Ocenka processov opustynivaniya v Kazahstane [Assessment of desertification processes in Kazakhstan]. *Problemy osvoeniya pustyn'*, (1-2), 14-17. (In Russian)
15. Petrov, K. M. (1996). *Estestvennye processy vosstanovleniya opustoshennykh zemel'* [Natural processes of restoring depleted lands]. St. Petersburg. (In Russian)
16. Mensching, I. (1977). The problem of desertification in and around arid lands. *Applied Sciences and Development*, 10, 7-43.
17. Nesterova, S. G., Inelova, Z. A., & Erubaeva, G. K. (2017). *Rekomendacii ob urovne riska upotrebleniya kormovykh nazemnykh rastenij Kazahstanskoy chasti Prikaspija* [Recommendations on the level of risk of consuming forage terrestrial plants in the Kazakhstan part of the Caspian Sea]. Almaty: Kazakh University, 30 p. (In Russian)
18. Bajsholanov, S. S. (Ed.). (2017). *Agroklimaticheskie resursy Aktjubinskoy oblasti: nauchno-prikladnoj spravocnik* [Agroclimatic resources of the Aktobe region: Scientific and applied reference book]. Astana, 136 p. (In Russian)
19. Government of the Republic of Kazakhstan. (2024). *Svodnyj analiticheskij otchet o sostojanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazahstan za 2023 god* [Consolidated analytical report on the state and use of land in the Republic of Kazakhstan for 2023]. Astana, 306 p. (In Russian)
20. Makhambetov, M. Zh., Mirzadinov, R. A., Uteshkalieva, A. M., & Izimova, R. (2013). Assessment condition of vegetation cover ecosystems the Atyrau region. *7th Conference "European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches"*, Stuttgart, Germany, 4-5.
21. Osodoev, P. V., Miheeva, A. S., Darbalaeva, D. A., Batomunkuev, V. S., Zham'janov, D. C-D., & Sanzheev, E. D. (2013). Prostranstvennaja transformacija pastbishhnogo zhivotnovodstva Mongolii v rezul'tate izmeneniya produktivnosti «kormjashhego landschafta» [Spatial transformation of pasture livestock farming in Mongolia due to changes in the productivity of the "feeding landscape"]. *Vestnik SVFU*, 10(1), 124 p. (In Russian)
22. Government of the Republic of Kazakhstan. (1992). *Zhivotnovodstvo Respubliki Kazahstan* [Animal husbandry in the Republic of Kazakhstan]. Alma-Ata, 129 p. (In Russian)
23. Agency of the Republic of Kazakhstan for Statistics. (1991-2023). *Sel'skoe, lesnoe i rybnoe hozjajstvo Kazahstana za 1991-2023 gody* [Agriculture, forestry, and fisheries of Kazakhstan for 1991-2023]. Almaty-Astana, 110-184 p. (In Russian)
24. Agency of the Republic of Kazakhstan for Statistics. (2024). *Demograficheskij ezhegodnik Aktjubinskoy oblasti za 2023 god* [Demographic yearbook of Aktobe region for 2023]. Aktobe, 187 p. (In Russian)
25. Borlikov, G. M., Bananova, V. A., Lazareva, V. G., & Bambysheva, A. N. (2006). Sovremennoe sostojanie opustynivaniya chernozemel'skih pastbishh juga evropejskoj chasti Rossii. *Nauchnaja mysl' Kavkaza*, 2, 63-70. (In Russian)

Авторлар туралы мәлімет:

Махамбетов Мурат Жаракovich (жауапты автор) – PhD, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, E-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz)

Изимова Роза – медицина ғылымдарының кандидаты, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Биология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, E-mail: roza.izimova@mail.ru)

Исengалиева Гуля Амиржановна – техника ғылымдарының кандидаты, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, E-mail: isengul@mail.ru)

Гатаулина Гульзира Адылхановна – экология магистрі, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті Экология кафедрасының аға оқытушысы (Ақтөбе, Қазақстан Республикасы, E-mail: gulzirok@mail.ru)

Information about authors:

Makhambetov Murat Zharakovich (corresponding author) – PhD, associate professor of the Department of Ecology of K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Republic of Kazakhstan, E-mail: murat.makhambetov@zhubanov.edu.kz)

Roza Izimova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Biology of K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Republic of Kazakhstan, E-mail: roza.izimova@mail.ru)

Isengalieva Gulya Amirzhanovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology of K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Republic of Kazakhstan, E-mail: isengul@mail.ru)

Gataulina Gulzira Adylkhanovna – Master of Ecology, senior lecturer of the Department of Ecology, K. Zhubanov Aktobe Regional University (Aktobe, Republic of Kazakhstan, E-mail: gulzirok@mail.ru)

Поступила 11 мая 2024 года
Принята 10 марта 2025 года

A.B. Rysbekova¹*, E.N. Dyussibayeva¹, M.M. Abylkairova¹,
A.E. Zeinullina¹, A.E. Orazov²

¹ NJSC S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

² JSC Astana International University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz

ECOLOGICAL TESTING OF PROSO MILLET COLLECTION UNDER CONDITIONS OF WESTERN AND NORTHERN KAZAKHSTAN

Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) is a highly valuable cereal crop and one of the key food crops grown by humans. Proso millet is widespread in America, Europe and Asia. Therefore, the search for ways to increase the production of millet crops due to the growth of the world's population is very relevant today. Of all grain crops, proso millet stands out for its biological characteristics, such as drought and heat resistance. For this reason, proso millet can be grown in different soil and climatic conditions of Kazakhstan. However, this requires a comprehensive assessment of the adaptability of genotypes from various origins for the subsequent expansion of the cultivation range of this crop. For this purpose, domestic and foreign collection varieties of proso millet were selected for ecological testing in two regions: Northern and Western Kazakhstan, which are characterized by different climatic conditions. In our studies, the agricultural technology developed for these regions was used, as well as the guidelines for variety study of the world collection of proso millet. According to the methodology, phenological observations of plant growth and development and analysis of crop structure elements were carried out during the study. The statistical analysis revealed a significant relationship between the traits of productive tillering, weight of 1000 seeds, and number of grains in the main panicle, which can enhance the efficiency of plant breeding efforts aimed at increasing variety yield. Based on the assessment results, highly productive genotypes were identified for the two regions: K-10215 (671.9 g/m²), K-2468 (885.3 g/m²), Yarkoe 5 (572 g/m²), Shortandinskoe 7 (548 g/m²), and Saratovskoe 3 (492.6 g/m²). These genotypes can be utilized in breeding programs to develop new highly adaptive proso millet varieties.

Key words: proso millet, germplasm, ecological testing, correlation analysis.

А.Б. Рысбекова¹*, Э.Н. Дюсипбаева¹, М.М. Абылкаирова¹,
А.Е. Зейнуллина¹, А.Е. Оразов²

¹ С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті КеАҚ,
Астана, Қазақстан

² Астана халықаралық университеті АҚ, Астана, Қазақстан

*e-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz

Батыс және Солтүстік Қазақстан жағдайында тары коллекциясын экологиялық сынау

Кәдімгі тары (*Panicum miliaceum* L.) Америкада, Еуропада және Азияда кеңінен таралған бағалы дәнді дақыл және маңызды азық-түлік дақылдарының бірі болып саналады. Сондықтан жер шарындағы халық санының өсуін ескере отырып, тары дақылдарын өндіруді арттыру жолдарын іздестіру бүгінгі таңда өте өзекті мәселеге айналды. Барлық дәнді дақылдардың ішінен тары құрғақшылық пен ыстыққа төзімділік сияқты биологиялық қасиеттерімен ерекшеленеді. Осыған байланысты тары Қазақстанның әртүрлі топырақ-климаттық жағдайында өсіруге тиімді. Дегенмен, бұл дақылдың сорттарын өсіру алаңын кеңейту үшін әртүрлі шыққан генотиптердің бейімделгіштігін кешенді бағалауды талап етеді. Осы мақсатта әртүрлі климаттық жағдайлармен сипатталатын Солтүстік және Батыс Қазақстанда экологиялық сынау үшін тарының отандық және шетелдік коллекциялық сорттары іріктелді. Зерттеу жұмысымызда осы өңірлер үшін әзірленген агротехнологиясын, сондай-ақ әлемдік тары коллекциясын зерттеу үшін тары дақылының алуан түрлілігін зерттеуге арналған әдістемелік нұсқауларды пайдаланылды. Әдістеме бойынша зерттеу кезеңінде өсімдіктердің өсуі мен дамуын фенологиялық бақылаулар және өнімділіктің құрылымдылық элементтеріне талдау жүргізілді. Осылайша, статистикалық талдау нәтижелері бойынша өнімді түптену белгісі мен 1000 тұқымның салмағы мен негізгі шашағының дәндер саны арасында тығыз байланыс анықталды. Анықталған байланыстар сорттардың өнімділігін арттыру

бойынша селекциялық жұмыстардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Бағалау нәтижелері бойынша екі аймақта бағалы жоғары өнімді генотиптер: К-10215 – 671,9 г/м², К-2468 – 885,3 г/м², Яркое 5-572 г/м², Шортанды 7 – 548 г/м², Саратовское 69 м² анықталды. Бөліп алынған сортүлгілерді жаңа жоғары бейімді тары сорттарын өзірлеу үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: тары, гендік қор, экологиялық сынақ, корреляциялық талдау.

А.Б. Рысбекова^{1*}, Э.Н. Дюсибаева¹, М.М. Абылкаирова¹,
А.Е. Зейнуллина¹, А.Е. Оразов²

¹НАО «Казакский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина»,
Астана, Казахстан

²АО «Международный университет Астана», Астана, Казахстан

*e-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz

Экологическое испытание коллекции проса в условиях Западного и Северного Казахстана

Просо обыкновенное (*Panicum miliaceum* L.) – ценная крупяная культура является одной из важнейших продовольственных культур, которая широко распространена в Америке, Европе и Азии. Следовательно, поиск путей увеличения производства просяных культур при росте населения земли весьма актуален на сегодняшний день. Из всех зерновых культур просо выделяется своими биологическими особенностями, как засухоустойчивостью, а также жароустойчивостью. По этой причине просо можно выращивать в разных почвенно-климатических условиях Казахстана. Однако, это требует комплексной оценки адаптивности генотипов различного происхождения для последующего расширения ареала возделывания сортов данной культуры. С этой целью были подобраны отечественные и зарубежные коллекционные сортообразцы проса для экологического испытания в двух регионах: Северного и Западного Казахстана, характеризующихся разными климатическими условиями. В наших исследованиях была использована агротехника, разработанная к данным регионам, а также методические указания по сортоизучению культуры проса по изучению мировой коллекции. Согласно методологии в период исследования были проведены фенологические наблюдения за ростом и развитием растений и анализ по элементам структуры урожая. Так, по результатам статистического анализа установлена значительная связь признака продуктивная кустистость с массой 1000 семян и числом зерен с главной метелки, что позволит повысить эффективность селекционных работ на повышении продуктивности сортообразцов. По итогам экологической оценки по двум регионам выделены ценные высокопродуктивные генотипы: К-10215 – 671,9 г/м², К-2468 – 885,3 г/м², Яркое 5 – 572 г/м², Шортандинское 7 – 548 г/м², Саратовское 3 – 492,6 г/м², которые могут быть использованы в селекционных программах при создании новых высокоадаптивных и продуктивных сортов проса в условиях Северного и Западного Казахстана.

Ключевые слова: просо, генофонд, экологическое испытание, корреляционный анализ.

Introduction

Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) has a significant weight in the grain balance of multiple regions of Kazakhstan [1]. This cereal crop belongs to annual cereals. Archaeological data suggests that proso millet was first cultivated in Northern China approximately 10,000 years ago [2]. Today, it is widely cultivated across America, Europe, and Asia and remains one of the most important food crops globally [3]. Proso millet is valued for its short growth cycle and low moisture requirements, making it an excellent choice for crop rotation. Its inclusion in rotation helps conserve moisture in deep soil layers, suppress winter weeds, and reduce pest and disease incidence, making it an ideal companion crop for other cereals [4]. Additionally, in cases where adverse weather conditions delay or prevent

the sowing of other crops, proso millet can be used as an intercrop to minimize economic losses [5]. Beyond its role as a food crop, proso millet is widely utilized in poultry and livestock feed, snack production, and winemaking, with the highest demand currently observed in poultry fodder production [6].

However, one of the reasons for proso millet low yield is drastic continentality and aridity of the climate in the main regions of the country [7]. Due to global climate change and complex natural and climatic conditions of Kazakhstan, the development of adaptive properties in cultivated plants becomes a priority direction of agricultural science in addressing the issues of food security of the country [8]. In order to expand the area of distribution of agricultural plants, it is necessary to assess the response rate of varieties in different soil and climatic zones. This approach has proven to be one of the most ef-

fective methods in plant breeding, enabling the identification of a variety adaptive potential, stress tolerance, genetic flexibility and plasticity, as well as its resistance to abiotic and biotic stresses. Since different crop genotypes respond differently to the same cultivation environment, ecological testing and study of variety-environment interactions are crucial steps before introducing new varieties into agricultural production [9].

The success of crop breeding relies on understanding the genotypically determined interrelationships of quality traits, selecting suitable parental forms for hybridization, and conducting an objective evaluation and selection of breeding material [10]. Correlation analysis between traits is widely used in breeding, particularly in the early stages of cereal crop development, where a large number of genotypes is assessed with limited seed material. Grain quality traits exhibit variability in their correlations depending on individual characteristics, growth periods, and environmental conditions. Therefore, identifying traits that consistently exhibit stable relationships or significant divergence is essential. When the absolute value of the correlation coefficient is sufficiently high or approaches a linear dependence, correlation coefficients can be effectively utilized in breeding programs [11]. For successful variety development, it is crucial to combine

multiple quality traits while ensuring stability across different years. To avoid random selection, plant breeders should focus on key indicators of quality and productivity that demonstrate consistency and strong correlations with other important traits. The analysis of correlations consists in selecting the most significant genotypes from a set of quantitative indicators for improving the efficiency of selection [12]. Thus, the aim of the research was the ecological testing of proso millet collection samples of different ecological and geographical origins in the Western and Northern regions of Kazakhstan and the selection of highly adaptive variety samples for their subsequent involvement in the breeding process aimed at improvement of the quality and productivity of the crop.

Materials and methods

The proso millet gene pool was used as research material. There were 90 samples obtained from different countries such as Kyrgyzstan (1), Argentina (1), Pakistan (1), France (1), Afghanistan, USA (1), Uzbekistan (1), Canada (1), Iran (2), Australia (2), Belarus (2), Hungary (2), China (3), Tajikistan (3), India (5), Ukraine (5), Turkey (12), Russia (20), Kazakhstan (22), as well as 4 local breeding lines (Figure 1).

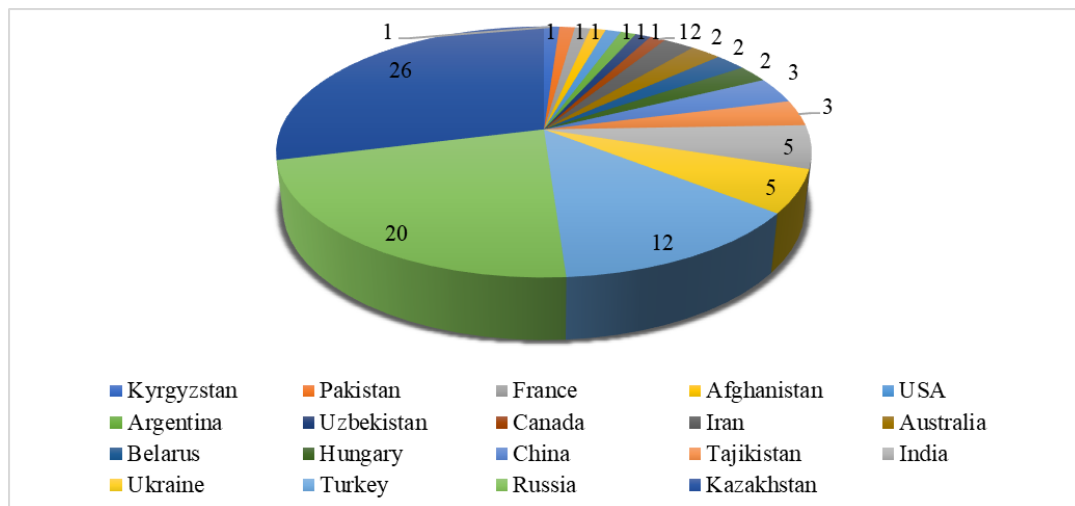


Figure 1 – Proso millet varieties and samples from different ecological and geographical origins

Field experiments were laid in the growing season of 2024 on experimental plots of two regions of the country: dry-steppe zone of Akmola region (A.I. Baraev Research and Production Centre for Grain

Farming) and steppe zone of Aktobe region (Aktobe Agricultural Experimental Station).

The research was conducted according to the methodology for studying the world collection of

proso millet [13]. The soils of the experimental plot were dark chestnut, the distance between plants was 10 cm, the arrangement of plots was systematic with

three repetitions for each sample. Meteorological data during the growing season of the ecological trial were provided by local meteorological stations (Table 1).

Table 1 – Location and soil and climatic data of the two study regions, 2024 (June-August)

Region	Akmola region	Aktobe region
Geographical coordinates	51.41'/70.59'	50.27/57.20'
The type of soil	The chestnut dark brown (3.6-4.1% humus)	The chestnut dark and black soil (2.7% humus)
Precipitation, mm	309,1	223,1
Temperature, °C	18,2	22,0
Max, °C	27	28,0
Min, °C	13,6	18,9

The meteorological conditions during the study period were characterized by a relatively uniform temperature regime compared to the long-term average data for these regions. Thus, the distribution of average daily air temperatures for 2024 for the period June-August amounted to – 18.2 °C in Ak-mola region, which was almost at the level of average multiyear data of recent years. Similar temperature conditions during the growing season were observed in Aktobe region, they did not exceed 22.0 °C. Although these regions are characterized by insufficient moisture, the precipitation is distributed unevenly both across years and within a given year. However, during the summer period, the annual precipitation exceeded long-term averages, reaching 309.1 mm and 223.1 mm, respectively. Throughout the study period, the temperature conditions and the precipitation generally ensured optimal soil moisture, promoting uniform emergence of proso millet sprouts. This, in its turn, had a significant impact on the duration of the vegetation period of the studied collection genotypes.

25 plants from each sample were selected to evaluate their qualitative and quantitative parameters for the structural analysis of productivity elements. The average values of key plant traits, including plant height (PH), number of seeds per panicle (NSPP), seed weight per panicle (SWPP, g), and productive tillering (PT) at the maturity stage, were recorded. Additionally, the weight of 1000 seeds (MTS) and productivity per square meter (Y) were measured after harvest. To ensure a comprehensive and accurate assessment of the growth and development characteristics of proso millet varieties, two groups of traits were analyzed: plant adaptation traits and productivity component traits. The plant adaptation

traits included emergence to tillering duration (ETD, days), tube formation from the fifth leaf emergence to tillering (FLPI, days), flowering-to-maturity duration (FMD, days), sprouting-to-maturity vegetation duration (SMD, days), total vegetation period (VP, days), and plant height (PH, cm).

Statistical analysis of the obtained data was performed using Excel 2007, while primary data analysis, including correlation coefficient calculations, was conducted using R Studio (IDE) for Windows (version R 3.6.0, 2019). For the environmental test data, the following parameters were calculated: mean, minimum and maximum values, spread, and standard deviation. Correlation coefficients were used to analyze the mean values of 90 genotypes for six quantitative traits.

Results and discussion

The characterization of agronomic traits within a gene pool is a crucial step in selecting genotypes that are adaptable to various environmental conditions and possess desirable productive traits for future breeding programs aimed at developing improved varieties [14]. During the 2024 growing season, a comprehensive evaluation of 90 proso millet varieties was conducted in the Northern (A.I. Baraev Research and Production Centre for Grain Farming) and Western (Aktobe Agricultural Experimental Station) regions of the country. The assessment focused on identifying valuable agronomic traits to support breeding efforts for enhanced crop performance. The study of the world collection of proso millet including 61 foreign varieties and 29 local varieties analysed phenotypic variability between the two regions, including the important traits as plant

height, productive tillering, number and weight of grains from the main panicle, weight of 1000 seeds, plant productivity and vegetation period. As a result, it was revealed that that in the current year under the prevailing soil and climatic conditions of the A.I. Barayev Research and Production Centre the average height value, varied from 92 to 154 cm, and in the Western region it was 78.7-144.7 cm, which indicates the influence of weather conditions (223.1-309.1 mm of precipitation), as in both regions the average height of proso millet plants in the past years was only 73.4 ± 4.2 and 73.3 ± 2.9 , respectively.

For the trait of productive tillering the stable results of 1.7 ± 0.9 was obtained in the Northern region of the country. However, in the Western region the climatic conditions did not favour the development of productive tillering and varied between 0.68 and

1.48. The number and the weight of grains from the main panicle had the most significant differences, as well as the ecological conditions of growth. Thus, observations on the experimental plots showed that there were fluctuations of 128-1392 grains from each panicle in the conditions of Northern region, which averaged 621 ± 0.7 grains, while in the Western region the fluctuations were 102-1072 grains and the average was 429 ± 0.5 , respectively. The weight of grains from the panicle, according to the data from the experimental plots of A.I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming was 5.2 ± 0.1 g, which was not a big difference comparing to the one from the Western region; this trait had a large variability between genotypes: 0.9-15 g for the Northern region and 0.26-8.82 g for the Western region (Table 2).

Table 2 – Mean values and variability of the main traits depending on the growing conditions

Traits	Units	Region*	2024	
			mean $\pm$	variability
Plant height	sm	Northern	124 $\pm$ 2	92-154
		Western	106 $\pm$ 0,4	78,7-144,7
Productive tillering	pc/1 plant	Northern	1,7 $\pm$ 0,9	1-3,2
		Western	1,0 $\pm$ 0,4	0,68-1,48
Number of seeds in panicle	pc	Northern	621 $\pm$ 0,7	128-1392
		Western	429 $\pm$ 0,5	102-1072
Weight of seeds in panicle	g	Northern	5,2 $\pm$ 0,1	0,9-15
		Western	3,44 $\pm$ 0,8	0,26-8,82
1000 seeds weight	g	Northern	7,73 $\pm$ 0,3	4,5-11,5
		Western	7,01 $\pm$ 0,8	3,9-9,93
Productivity	g/m ²	Northern	269 $\pm$ 0,6	85-1259
		Western	289 $\pm$ 0,4	35-636
Vegetation period	days	Northern	88,8 $\pm$ 0,8	78-98
		Western	89,3 $\pm$ 0,3	76-106

Note: different climatic regions of the Republic of Kazakhstan: Northern region – A.I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming (Akmola); Western region – Aktobe Agricultural Experimental Station (Aktobe).

Large grain size shows the seed and food significance of the variety and determines the nutrient content, germination, food and fodder qualities of the genotype. At the same time, it is limited by the varietal characteristics of the plant, duration of its development, i.e. varietal specificity in combination with environmental conditions. Lack of productive moisture and increased temperatures during the grain filling period lead to a significant reduction in grain size [15]. Therefore, the need to determine the

adaptive potential of proso millet gene pool for the 1000 seeds weight trait by testing in different conditions is an urgent task for plant breeding. During the study period from May to August, the most favourable conditions for the formation of large grain were present for the both regions of the country (7.73 ± 0.3), when the mass of 1000 seeds of some varieties (K-10215, Pamyati Bersieva, Yarkoye 5, Shortandinskoye 7) was up to 9.9-11.5 g. Similar results of 1000 seeds weight were obtained in the

conditions of Aktobe Agricultural Experimental Station, where it was 7.01 ± 0.8 g in average and varied from 3.9 g to 9.93 g depending on the genotype. However, previous studies have shown that there were worse conditions for grain filling in the both studied regions (5.8 ± 0.12 g) in previous years. The experimental data indicate that the evaluation of the average plant productivity (Y) of proso millet varieties showed similar productivity levels between the Northern and Western regions of the country, with an average yield of 269 ± 0.6 g/m². The analysis of seed productivity per square meter allowed for the identification of the most productive genotypes, which demonstrated stable yields regardless of environmental conditions: K-10215 – 671.9 g/m², K-2468 – 885.3 g/m², Yarkoye 5 – 572 g/m², Shortandinskoye 7 – 548 g/m², Saratovskoye 3 – 492.6 g/m². These genotypes can serve as promising candidates for further breeding programs aimed at improving proso millet productivity.

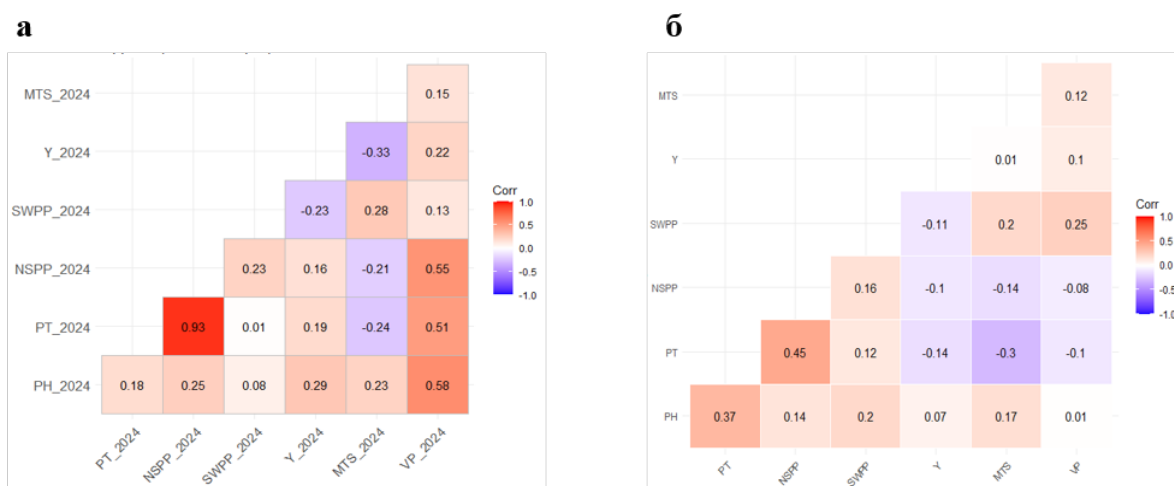
The climate of Northern Kazakhstan is not able to ensure reliable ripening of medium-ripening and late-ripening forms of proso millet, which complicates attempts of their introduction in this region. Proso millet sprouts tolerate short-term temperature drops to $+5^{\circ}\text{C}$. Autumn frosts below $+2^{\circ}\text{C}$ disrupt seed development and cause leaf freezing. In Akmo-la region May and September often have an average daily temperature below 9°C , and frosts can occur from early September, so, the main requirement for proso millet varieties is a short growing season. In

this context, a key objective of the study was the selection and genetic evaluation of the gene pool to identify promising genotypes for the development of new proso millet varieties adapted for cultivation in the Northern region of the country.

The analysis of the vegetation period (VP) in proso millet plants revealed that the samples can be classified into three distinct groups based on their duration of vegetation: early-ripening (70–80 days); mid-ripening (81–95 days); late-ripening forms (100 days and more). The weather conditions of this region in 2024 were characterised by abundant precipitation of 223.1 mm, which led to an increase in the duration of the growing season, but it was still possible to identify 15 early-ripening genotypes, they accounted for 25% of the total foreign collection. Thus, according to the results of phenological studies in conditions of Akmo-la and Aktobe regions, the vegetation period was increased by almost 13 days and averaged 88.8 ± 0.8 and 89.3 ± 0.3 , respectively.

As a result of ecological testing of the proso millet collection, the early-ripening and high-yielding samples (up to 1200 g/m²) with vegetation period of 67–82 days suitable for cultivation in the conditions of dry-steppe and steppe zone of the Republic of Kazakhstan were selected.

Correlation analysis related to the climatic conditions of proso millet gene pool has been studied insufficiently in comparison with the main agricultural crops (Figure 2).



Note: PH – plant height (cm), NSPP – number of seeds per panicle (pcs), SWPP – seed weight per panicle (g), PT – productive tillering (pcs/1 plant), MTS – 1000 seeds weight (g), Y – grain yield per square metre (g/m²), VP – vegetation period (day). Highlights: red is positive correlation and blue is negative correlation ($p < 0.05$).

Figure 2 – The correlation coefficient (r) between valuable agronomic traits under specific conditions of A.I. Baraev Research and Production Centre for Grain Farming (Akmo-la): a – domestic collection; b – foreign collection.

In this study, the correlation coefficients between key agronomic traits of proso millet varieties were analyzed to assess their interrelationships. This analysis provides valuable insights into trait associations, aiding in the selection of genotypes with desirable characteristics for plant breeding programs. Thus, in the conditions of Akmola region, the data obtained in the current year indicate that productivity of local genotypes of proso millet Y is not related to weight of 1000 seeds MTS and weight of grains per panicle SWPP ($r=-0.23, -0.33$).

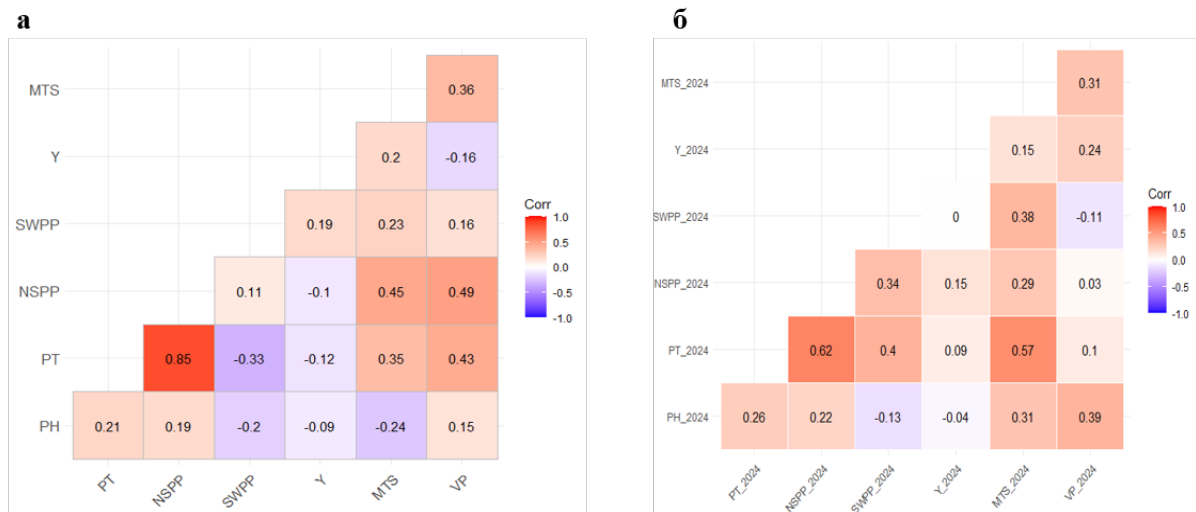
For the domestic collection, a positive correlation was observed between productive tillering PT and number of seeds per panicle NSPP ($r=0.93$). Less stable positive correlation was found for number of seeds per panicle NSPP and vegetation period VP; productive tillering PT and vegetation period VP; plant height PH and vegetation period VP, their correlation was 0.55, 0.51 and 0.58, respectively.

For the foreign collection under conditions of A.I. Baraev Research and Production Centre for Grain Farming, a positive correlation was revealed for multiple traits ($r=0.14-0.45$). Nevertheless, a significantly stable correlation was revealed between the traits of plant height PH and productive tillering PT ($r=0.37$); and between number of grains per panicle NSPP and plant height PH ($r=0.45$).

For the domestic and foreign collection, there was negative relationship between number of grains per panicle NSPP and plant productivity per square metre Y ($r=-0.11-0.23$); productive tillering PT and weight of 1000 seeds MTS ($r=-0.24-0.3$).

According to the results of the research in the conditions of Aktobe Agricultural Experimental Station (Western region), positive relationships were found between the traits: plant height PH and productive tillering PT; productive tillering PT and number of seeds per panicle NSPP; number of seeds per panicle NSPP and seed weight per panicle SWPP, number of seeds per panicle NSPP and weight of 1000 seeds MTS, productive tillering PT and weight of 1000 seeds MTS, weight of 1000 seeds MTS and vegetation period VP, productive tillering PT and vegetation period VP. The coefficient for these traits was $r=0.11-0.85$ for the domestic varieties, while the foreign samples showed 0.1-0.62.

In general, productive tillering was significant at seed filling phase and impacted both the number of grains per panicle and the weight of 1000 seeds. However, it was evident from the study that plant height PH did not affect productivity (Figure 3) as reported in the other similar crop breeding studies [16-18].



Note: PH – plant height (cm), NSPP – number of seeds per panicle (pcs), SWPP – seed weight per panicle (g), PT – productive tillering (pcs/1 plant), MTS – 1000 seeds weight (g), Y – grain yield per square metre (g/m²).

Highlights: red is positive correlation and blue is negative correlation ($p < 0.05$).

Figure 3 – The correlation coefficient (r) between valuable agronomic traits under specific conditions of Aktobe Agricultural Experimental Station (Aktobe): a – domestic collection; b – foreign collection.

According to the research data, duration of vegetation period in the Western region insignificantly influenced the yield: the longer were the interphase periods of samples, the better productivity they showed ($r=0.05-0.24$). Also, the vegetation period affects the trait of 1000 seed weight. Thus, the conducted correlation analysis allowed to identify the traits affecting the overall productivity of proso millet genotypes depending on environmental factors.

Conclusion

According to the results of ecological testing of the proso millet collection of domestic and foreign selection, weak relationship between genotype and environment was revealed, as no significant differences between correlations were observed. Statistical processing of experimental data confirmed the interaction of individual valuable traits, with a sig-

nificant relationship established for the pair of traits of productive tillering and number of grains per panicle ($r=0.45-0.93$). Thus, the analyses of proso millet in two regions (Northern and Western parts of Kazakhstan) significantly differing in bioclimatic potential allowed to highlight the varieties K-10215, K-2468, Yarkoye 5, Shortandinskoye 7, Saratovskoye 3 as productive and possessing high adaptive capacity for their introduction and expansion of the sowing area.

Acknowledgement

The work was carried out within the AP22785049 “Improvement of the breeding process based on chemical mutagenesis to obtain early-ripening mutant forms of millet (*Panicum miliaceum* L.)” framework of young scientists grant financing on scientific and (or) scientific technical projects for the years 2024-2026.

Литература

1. Zargar M., Dyussibayeva E., Orazov A., Zeinullina A., Zhirnova I., Yessenbekova G., Rysbekova A. Microsatellite-Based Genetic Diversity Analysis and Population Structure of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Kazakhstan // *Agronomy*. – 2023, – №13(10), – P.1-14.
2. Lu H., Zhang J., Liu K.-b., Wu N., Li Y., Zhou K., Ye M., Zhang T., Zhang, H., Yang X. Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2009, 106, 7367–7372.
3. Xiao-Han Wang, Myung-Chul Lee, Yu-Mi Choi, Seong-Hoon Kim, Seahee Han, Kebede Taye Desta, Hye-Myeong Yoon, Yoon-Jung Lee, Mi-Ae Oh, Jung-Yoon Yi, Myoung-Jae Shin. Phylogeography and Antioxidant Activity of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) // *Plants*. – 2021, – №10(10), – P.21-12. <https://doi.org/10.3390/plants10102112>.
4. Habiyaemye C., Matanguihan J.B., D’Alpoim Guedes J., Ganjyal G.M., Whiteman M.R., Kidwell K.K., Murphy K.M. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, US: A review // *Front. Plant Sci.* – 2017, – №7, P.1-17.
5. Adekunle A., Ellis-Jones J., Ajibefun I., Nyikal R., Bangali S., Fatunbi A., Ange A. Agricultural Innovation in Sub-Saharan Africa: Experiences from Multiple Stakeholder Approaches / Forum for Agricultural Research in Africa (FARA): Accra, Ghana, 2013.
6. Kalinova J. Nutritionally important components of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) // *Food*. – 2007, – №1, P.91–100.
7. Электронный ресурс. – http://www.kazakh_zerno.kz/novosti/populyarnye-novosti/239908-urozhajnost-zernovykh-v-kazakhstane-nerastet-polveka. дата обращения: 12.02.2025.
8. Домбровская Ю.В. Экологическое испытание сортов яровой мягкой пшеницы в условиях акмолинской области // *Растениеводство и кормопроизводство*. – 2020, – №3(93), – С.48-52.
9. О.П. Кибальник, И. М. Богапов, Д.С. Семин, И.Г. Ефремова, У.М. Сагалбеков Экологическое испытание сортов сахарного сорго в агроклиматических условиях России и Казахстана // *Аграрный вестник Урала* №04 (233), 2023 г.
10. Иванисов М. М., Марченко Д.М., Некрасов Е.В., Рыбась И.А. Сравнительная оценка сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании по показателям качества // *Зерновое хозяйство России*. – 2020, – №4(70), – С. 14-18. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18.
11. Коробейников Н.И. Корреляционный анализ признаков продуктивности яровой мягкой пшеницы и его использование в практической селекции // *Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: доклады и сообщения VIII генетико-селекционной школы*. Новосибирск, 2001. – С. 62-72.
12. Головоченко А. П. Особенности адаптационной селекции яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Среднего Поволжья / *Кинель*, – 2001. – 380 с.
13. Dyussibayeva E., Abylkairova M., Tsygankov V., Zhirnova I., Zeinullina A., Yessenbekova G., Orazov A., Tsygankov A., Dolinnyc Y., Rysbekova A. Evaluation of the agronomic traits and correlation analysis of phenotypes of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm in Kazakhstan // *Brazilian Journal of Biology*. – 2024, – №84, P.1-12.
14. Calamai A., Masoni A., Marini L., Dell’acqua M., Ganugi P., Boukail S., Benedettelli S., Palchetti E. Evaluation of the Agronomic Traits of 80 Accessions of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) under Mediterranean Pedoclimatic Conditions. *Agriculture* 2020, 10, 578. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120578>

15. Шоева О. Ю., Глаголева А. Ю., Кукоева Т. В. Влияние локуса Blp1, контролирующего синтез меланина в колосе ячменя, на размер и вес зерна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021, – № 182(2), – С. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-89-95.
16. Eric M.O., Pangirayi T., Paul S., Mwangi G., Abhishek R. Correlations, Path Coefficient Analysis and Heritability for Quantitative Traits in Finger Millet Landraces. Philipp. J. Sci. 2016, 145, 12.
17. Nandini K.M., Sridhara S. Performance of foxtail millet (*Setaria italica* L.) genotypes to sowing dates in Southern transition zone of Karnataka. J. Pharmacogn. Phytochem. 2019, 8, 2109–2112.
18. Anuradha N., Tara T., Bharadwaj C., Sankar S.M., Thalambedu L. Association of agronomic traits and micronutrients in pearl millet. Int. J. Chem. Stud. 2018, 6, 181–184.

References

1. Zargar M., Dyussibayeva E., Orazov A., Zeinullina A., Zhirnova I., Yessenbekova G., Rysbekova A. (2023) Microsatellite-Based Genetic Diversity Analysis and Population Structure of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Kazakhstan // Agronomy. №13(10), P.1-14.
2. Lu H., Zhang J., Liu K.-b., Wu N., Li Y., Zhou K., Ye M., Zhang T.; Zhang, H., Yang X. (2009) Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. №106, P.7367–7372.
3. Xiao-Han Wang, Myung-Chul Lee, Yu-Mi Choi, Seong-Hoon Kim, Seahee Han, Kebede Taye Desta, Hye-Myeong Yoon, Yoon-Jung Lee, Mi-Ae Oh, Jung-Yoon Yi, Myoung-Jae Shin. (2021) Phylogeography and Antioxidant Activity of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) // Plants. №10(10), P.21-12. <https://doi.org/10.3390/plants10102112>.
4. Habiyaemye C., Matanguihan J.B., D’Alpoim Guedes J., Ganjyal G.M., Whiteman M.R., Kidwell K.K., Murphy K.M. (2017) Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, US: A review // Front. Plant Sci. №7, P.1-17.
5. Adekunle A., Ellis-Jones J., Ajibefun I., Nyikal R., Bangali S., Fatunbi A., Ange A. (2013) Agricultural Innovation in Sub-Saharan Africa: Experiences from Multiple Stakeholder Approaches / Forum for Agricultural Research in Africa (FARA): Accra, Ghana, – 51 p.
6. Kalinova J. (2007) Nutritionally important components of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) // Food. №1, P.91–100.
7. Electronic resource. – <http://www.kazakh.zerno.kz/novosti/populyarnye-novosti/239908-urozhajnost-zernovykh-v-kazakhstane-nerastet-polveka>. Data obrasheniya: 12.02.2025. (In Russian)
8. Dombrovskaya Yu. V. (2020) Ekologicheskoe ispitaniye sortov yarovoi myagkoi pshenici v usloviyakh akmolinskoi oblasti [Ecological testing of spring soft wheat varieties in the conditions of the Akmola region] // Plant growing and forage production. №3(93), P.48-52. (In Russian)
9. Kibalnik O. P., Bogapov I. M., Semin D. S., Efremova I. G., Sagalbekov U. M. (2023) Ekologicheskoe ispitaniye sortov sahnogo sorgo v agroklimaticheskikh usloviyakh Rossii i Kazakhstana [Ecological testing of sweet sorghum varieties in the agroclimatic conditions of Russia and Kazakhstan] // Agrarian Bulletin of the Urals. №4 (233). (In Russian)
10. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. V., Rybas I. A. (2020) Sravnitel'naya ocenka sortov ozimoi myagkoi pshenici v mejstancionnom ispitanii po pokazatelyam kachestva [Comparative evaluation of varieties of winter soft wheat in an inter-station test for quality indicators] // Grain Economy of Russia. №4(70), P. 14-18. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18. (In Russian)
11. Korobeynikov N.I. (2001) Korrelyatsionnii analiz priznakov produktivnosti yarovoi myagkoi pshenici i ego ispolzovanie v prakticheskoi selekcii [Correlation analysis of productivity traits of spring soft wheat and its use in practical breeding] // Increasing the efficiency of breeding and seed production of agricultural plants: reports and communications of the VIII genetic and breeding school. Novosibirsk. – P. 62-72. (In Russian)
12. Golovochenko A. P. (2001) Osobennosti adaptatsionnoi selekcii yarovoi myagkoi pshenici v lesostepnoi zone Srednego Povol'ya [Features of adaptive selection of spring soft wheat in the forest-steppe zone of the Middle Volga region] / Kinel. – 380 p. (In Russian)
13. Dyussibayeva E., Abylkairova M., Tsygankov V., Zhirnova I., Zeinullina A., Yessenbekova G., Orazov A., Tsygankov A., Dolinnyc Y., Rysbekova A. (2024) Evaluation of the agronomic traits and correlation analysis of phenotypes of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm in Kazakhstan // Brazilian Journal of Biology. №84, P.1-12.
14. Calamai A., Masoni A., Marini L., Dell’acqua M., Ganugi P., Boukail S., Benedettelli S., Palchetti E. (2020) Evaluation of the Agronomic Traits of 80 Accessions of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) under Mediterranean Pedoclimatic Conditions. Agriculture. №10, P.1-15. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120578>
15. 10. Shoeva O. Yu., Glagoleva A. Yu., Kukoeva T. V. (2021) Vliyaniye lokusa Blp1_ kontroliruyushchego sintez melanina v kolose yachmenya_ na razmer i ves zerna [Effect of the Blp1 locus, which controls melanin synthesis in barley ears, on grain size and weight] // Works on applied botany, genetics and breeding. № 182(2), P. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-89-95.
16. Eric M.O., Pangirayi T., Paul S., Mwangi G., Abhishek R. Correlations, Path Coefficient Analysis and Heritability for Quantitative Traits in Finger Millet Landraces. Philipp. J. Sci. 2016, 145, 12.
17. Nandini K.M., Sridhara S. Performance of foxtail millet (*Setaria italica* L.) genotypes to sowing dates in Southern transition zone of Karnataka. J. Pharmacogn. Phytochem. 2019, 8, 2109–2112.
18. Anuradha N., Tara T., Bharadwaj C., Sankar S.M., Thalambedu L. Association of agronomic traits and micronutrients in pearl millet. Int. J. Chem. Stud. 2018, 6, 181–184.

Авторлар туралы мәлімет

Рысбекова Айман Бөкенқызы (жауапты автор) – Биология ғылымдарының PhD докторы, С. Сейфуллин атындағы ҚАТУ-дың Ауыл шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Астана, Қазақстан, e-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz).

Дюсубаева Эльмира Наврузбекқызы – PhD, С. Сейфуллин атындағы ҚАТУ-дың Ауыл шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Астана, Қазақстан, e-mail: e.dyussibayeva@kazatu.edu.kz).

Әбілқайырова Маргарита Маратқызы – PhD докторанты, С. Сейфуллин атындағы ҚАТУ-дың Ауыл шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы кафедрасы (Астана, Қазақстан, e-mail: margarita.abkv@gmail.com).

Зейноллина Айым Ерболқызы – С. Сейфуллин атындағы ҚАТУ-дың Ауыл шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы кафедрасының оқытушысы (Астана, Қазақстан, e-mail: a.zeinullina@kazatu.edu.kz).

Оразов Айдін – PhD, Астана Халықаралық Университетінің Жаратылыстану ғылымдары мектебінің қауымдастырылған профессоры (м.а.), «NatureLaB» Қоршаған ортаны зерттеу ғылыми-зерттеу зертханасының жетекшісі (Астана, Қазақстан, e-mail: orazov1994aidyn@gmail.com).

Authors information

Rysbekova Aiman Bokenovna (corresponding author) – PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Plant Growing at S. Seifullin KATRU (Astana, Kazakhstan, e-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz);

Dyusibayeva Elmira Navrusbekovna – PhD, Associate professor of the Department of Agriculture and Plant Growing at S. Seifullin KATRU (Astana, Kazakhstan, e-mail: e.dyussibayeva@kazatu.edu.kz);

Abylkairova Margarita Maratovna – PhD student of the Department of Agriculture and Crop Growing at S. Seifullin KATRU (Astana, Kazakhstan, e-mail: margarita.abkv@gmail.com);

Zeinullina Aiym Erbolkyzy – lecturer of the Department of Agriculture and Plant Growing at S. Seifullin KATRU (Astana, Kazakhstan, e-mail: a.zeinullina@kazatu.edu.kz);

Orazov Aidyn – PhD, Acting Associate Professor of the School of Natural Sciences at Astana International University, Head of the “NatureLaB”, Research Laboratory of Environmental Studies (Astana, Kazakhstan, e-mail: orazov1994aidyn@gmail.com).

Поступила 18 ноября 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

N.Sh. Yerezhepova¹ , Q.Q. Qulimbet², A.Sh. Yerezhepova³ 

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrocultural Chemistry named after U.U. Usmanov Almaty, Kazakhstan

³ Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: nkaznu@gmail.com

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF *THUJA OCCIDENTALIS* L. AND *PLATYCLADUS ORIENTALIS* L. SPECIES ON THE ECOLOGICAL COMPOSITION OF SOILS IN ALMATY CONDITIONS

Most of the pollutants from the atmosphere of the urbanised area get into the soil. Due to the increase in population and motor transport in Almaty city there is a high level of atmospheric air pollution, increased content of heavy metals in the soil. Accumulation of heavy metals by green trees from the soil positively affects soil conditions, in this regard, it is relevant to assess the current state of soil cover of regions where *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* L. trees grow. In the article, to determine the influence of western and eastern thuja trees on soil composition, soil were obtained with coordinates at point 2 and control point, where trees of thuja species grew side by side. Total and mobile content of heavy metals in soil (Cu, Zn, Mn, Fe) were determined by atomic absorption spectrometry. Morphological characterisation of the soil cover was made, granulometric composition and soil types were determined by the Tyurin method. Point 1 *Thuja occidentalis* L. humus content in soil cuttings on which the tree was growing showed maximum content of 3.82% in 0-10 cm, while *Platycladus orientalis* L. when growing the humus content is low 1.86%, the soil in point 2 opposite *Platycladus orientalis* L. humus content of 2.96% when growing *Thuja occidentalis* L. (2.14%) has a higher humus content compared to the augmented soil.

Thuja occidentalis L. and *Platycladus orientalis* L. in the control, where the species grew together, the humus content is 3.1%. the pH value ranged from 8.26 to 8.81, with soil cuttings generally showing a strong alkaline environment. Among the heavy metals, Zn, Cu and Fe were found to be significantly above the MAC in the soil, meaning that the soils of the study area were contaminated with heavy metals. At profile 1, the soil on which western thuja grew has less amount of Zn, Cu, Mn, Fe compared to the soil on which eastern thuja grew, Mn- and others are above MAC. At profile 3, only the Fe size of *Platycladus orientalis* L. is higher in the overgrown soil. *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* L. where the species grew together, the amount of Mn decreased by 452.2 µg/kg. The study showed that the accumulation of heavy metals in the soil decreased when growing the western thuja species compared to the eastern thuja species.

Key words: *Thuja*, soil cover, granulometric composition, humus, heavy metals, MPC.

Н.Ш. Ережепова¹, Қ.Қ. Құлымбет², А.Ш. Ережепова³

¹ Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

² Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

³ Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: nkaznu@gmail.com

Алматы қаласы жағдайында туя *Thuja Occidentalis* L. және *Platycladus Orientalis* L. түрлерінің топырақтың экологиялық құрамына әсерін бағалау

Урбанизацияланған аумақтың атмосферасынан ластаушы заттардың көп бөлігі топыраққа түседі. Алматы қаласында халық санының көбеюіне, автокөліктердің артуына байланысты атмосфералық ауаның ластану деңгейі жоғары, топырақ құрамында ауыр металл мөлшері артқан. Жасыл ағаштардың топырақтан ауыр металдарды аккумуляциялауы топырақ жағдайына оң әсерін тигізеді, осы орайда Алматы қаласындағы *Thuja occidentalis* L. және *Platycladus orientalis* L. ағаштары өсетін аймақтардың топырақ жамылғыларының қазіргі жағдайын бағалау өзекті.

Мақалада Батыс және Шығыс туя ағаштарының топырақ құрамына тигізетін әсерін айқындау үшін топырақ кескіндері координаттары 2-кесінді және туя түрлерінің ағаштары қатар өскен бақылау нүктесінен алынды. Ауыр металдардың топырақтағы жалпы және жылжымалы мөлшерлері (Cu, Zn, Mn, Fe) атомды-абсорбциялық спектрометрия әдісімен анықталды. Топырақ жамылғысының морфологиялық сипаттамасы жасалып, гранулометриялық құрамы және топы-

рақ типтері Тюрин әдісімен анықталды. 1-кесіндіде *Thuja occidentalis* L. ағашы өскен топырақ кесінділеріндегі гумус мөлшері 0-10см кескінінде ең жоғарғы мөлшерді 3,82%-ды көрсетті, ал *Platycladus orientalis* L. өскен жағдайда гумус мөлшері төмен 1,86%, 2-нүкте топырағында керісінше *Platycladus orientalis* L. өскен жағдайда гумус мөлшері 2,96% *Thuja occidentalis* L. (2,14%) өскен топырақпен салыстырғанда жоғары көрсеткішке ие. *Thuja occidentalis* L. және *Platycladus orientalis* L. түрлері бірге өскен бақылау вариантында гумус мөлшері 3,1%. рН- мәні 8,26-8,81 аралығында ауытқыды, топырақ кесінділері жалпы алғанда күшті сілтілі ортаны көрсетті. Ауыр металдар арасында Zn, Cu және Fe топырақтағы ШРК мөлшерінен айтарлықтай жоғары екендігі яғни, зерттелген аймақ топырақтары ауыр металдармен ластанғандығы анықталды. 1-кесіндіде Батыс туясы өскен топырақта Шығыс туя ағашы өскен топырақпен салыстырғанда Zn, Cu, Mn, Fe мөлшері азырақ, Mn-басқасы ШРК-дан жоғары. 3-кесіндіде тек Fe мөлшері *Platycladus orientalis* L. өскен топырақта көбірек. Екі Батыс және Шығыс туясы қатар өскен жағдайда Mn мөлшері 452,2 азайған. Зерттеу нәтижесі Батыс туя өскен топырақта, Шығыс туя өскен топырақ құрамымен салыстырғанда ауыр металдардың жинақталуы төмендегенін көрсетті.

Түйін сөздер: топырақ жамылғысы, гранулометриялық құрамы, гумус, ауыр металдар, ШРК.

Н.Ш. Ережепова^{1*}, Қ.Қ. Құлымбет², А.Ш. Ережепова³

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

² Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, Алматы, Казахстан

³ Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан
*e-mail: nkaznu@gmail.com

Оценка влияния видов *Thuja Occidentalis* L. и *Platycladus Orientalis* L. на экологический состав почв в условиях города Алматы

Большая часть загрязняющих веществ из атмосферы урбанизированной территории попадает в почву. В связи с увеличением численности населения и автотранспорта в городе Алматы наблюдается высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, повышенное содержание тяжелых металлов в почве. Аккумуляция тяжелых металлов зелеными деревьями из почвы положительно влияет на почвенные условия, в связи с чем актуальна оценка современного состояния почвенных покровов регионов, где растут деревья *Thuja occidentalis* L. и *Platycladus orientalis* L.

В статье для определения влияния деревьев западной и восточной туи на состав почвы были получены изображения профиля почвы с координатами в профиле 3 и контрольной точки, где деревья видов туи росли бок о бок. Общее и подвижное содержание тяжелых металлов в почве (Cu, Zn, Mn, Fe) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Составлена морфологическая характеристика почвенного покрова, гранулометрический состав и типы почв определены методом Тюринга. В профиле 1, где росли деревья *Thuja occidentalis* L. содержание гумуса в почвенных профилях показало максимальное содержание 3,82% в профиле 0-10 см, при выращивании *Platycladus orientalis* L. содержание гумуса более низкое 1,86%, в почвенном профиле в точке 2, напротив, где росло дерево *Platycladus orientalis* L. содержание гумуса имеет более высокий показатель – 2,96%, а при выращивании *Thuja occidentalis* L. – 2,14%. В контрольном варианте, где виды *Thuja occidentalis* L. и *Platycladus orientalis* L. росли вместе, содержание гумуса составляет 3,1%, значение рН колебалось от 8,26 до 8,81, при этом почвы в целом демонстрировали сильную щелочную среду. Среди тяжелых металлов было обнаружено, что Zn, Cu и Fe значительно превышают ПДК в почве, это показывает, что почвы исследуемой области были загрязнены тяжелыми металлами. В профиле 1, на которой росла западная туя, в почве количество Zn, Cu, Mn меньше, чем Fe по сравнению с почвой, на которой росла восточная туя Mn и другие элементы превышает ПДК. В профиле 3 только количество Fe больше, в почве которой росла *Platycladus orientalis*. В почве, где совместно произрастали туя западная и восточная, количество Mn снизилось на 452,2 мкг/кг. Исследование показало, что при выращивании вида туи западной в почве аккумуляция тяжелых металлов понижается, по сравнению с видом туи восточной.

Ключевые слова: почвенный покров, гранулометрический состав, гумус, тяжелые металлы, ПДК.

Introduction

The urban environment is defined by unique ecological processes and specific anthropogenic influences that lead to significant environmental transformations [1]. The city of Almaty, being the largest

megacity in Kazakhstan, faces a number of environmental problems related to urbanisation, air, soil and water pollution. Plants play a key role in stabilising urban ecosystems, including improving soil quality. Assessing the impact of different plant species on the ecological composition of soils in Almaty city

conditions is an important area of research aimed at developing strategies for sustainable urban greening and rehabilitation of degraded areas [2]. Urban environments also have specific light conditions that disrupt natural biological rhythms. [3]. Urban soils are subjected to considerable human-induced alterations, experiencing extensive changes due to factors such as compaction, contamination, and the proliferation of impermeable surfaces like asphalt. These factors negatively affect soil temperature, air circulation, and water exchange, which in turn influence vegetation health [4].

Despite being exposed to complex chemical, physical, and biogenic stressors from atmospheric, surface, and groundwater pollution, plants remain crucial for ecological stabilization in urban areas, primarily through photosynthesis and pollutant absorption [5, 6].

In urban environments, soils subjected to considerable human influence undergo substantial alterations. Urban ecosystems are complex anthropogenic formations in which natural components are significantly influenced by human economic activity. Soils are an important component of urbanised areas, performing key ecological functions such as absorbing pollutants, regulating hydrological processes, maintaining biodiversity and providing conditions for vegetation growth. However, active land use, construction, transport infrastructure and air pollution lead to the deterioration of urban soils, reducing their fertility and ability to self-repair [7].

One of the promising directions of preserving and improving the ecological state of soils in cities is the use of vegetation, which has a complex effect on their physical and chemical properties and biological parameters. Various plant species contribute to the improvement of soil structure, prevent soil erosion, regulate moisture levels, participate in the processes of organic matter decomposition and stimulate the development of soil microbiota. In addition, green spaces can accumulate and neutralise pollutants, including heavy metals, petroleum products and other toxicants [8].

Annual harvesting of fallen leaves, mowing of lawn grasses change the elemental composition of the soil, which can lead to the unravelling of natural biogeochemical cycles. In addition, urban soils become alkalised, reducing the availability of nutrient elements. Fertility is largely determined by the activity of soil microflora and mesofauna, but for the reasons mentioned earlier, urban soils are practically sterile almost to a metre depth [9].

The study of the influence of various plant species on the composition and properties of urban

soils is an urgent task in the context of sustainable development of urban areas and improvement of their ecological condition. Currently, studies are underway to assess the ability of woody, shrub and herbaceous plants to adapt to contaminated soils, their role in soil formation processes, as well as their potential in phytoremediation and bioremediation [10].

Conifers play a significant role in enhancing the quality of the urban environment. Most conifers are evergreen, making them particularly valuable for landscaping in temperate zones, as they contribute to air purification by filtering dust and harmful gases even during winter. However, their use in urban landscaping can be challenging due to their high sensitivity to various pollutants, largely attributed to the long lifespan of their needles. Despite this, some conifer species show remarkable resistance to anthropogenic pollution. Among these, species from the genus *Thuja* (*Thuja* L.) are especially noteworthy, as they not only have high ornamental appeal but also exhibit greater tolerance to toxic gases compared to other conifers [11].

Soil texture and organic matter were the main factors in plant distribution [12]. The city of Almaty is situated on the south-eastern side of Kazakhstan, in a region characterised by physical-geographical and natural-climatic conditions that place it within the Tien Shan Mountain system, at an altitude of 670-970 metres above sea level, along the Big and Malaya Almaty rivers. The city is home to a diverse range of natural ecosystems, including glaciers on the southern border and semi-deserts on the northern border. The high-mountainous tier of the Zailiyskiy Alatau mountain range is characterised by alpine forms of relief. In the foothills, there is a steppe belt. In the northern part of the city, the uneven relief begins to level off sharply, and the steppe belt runs along the rivers Bolshaya and Malaya Almatinka, Esentai (Vesnovka), Remizovka.

The mountains in the Almaty region are formed by layers of crystalline slab-stone rocks, which were formed by the Tien Shan Mountain system and date back to the Precambrian period.

Today, Almaty is included in the list of 25 polluted cities in the world. The main problem in the ecology of Almaty is the pollution of the urban atmosphere and soil cover. A variety of harmful substances are emitted into the atmosphere of the city from industrial enterprises, heat and power systems, motor transport and other sources. As a result, harmful substances contaminate the soil, water sources, living organisms, plants, animals, and humans [13-15].

In Almaty, one of the most urgent environmental issues is the pollution of air and soil by heavy metals. The health of the local plant life serves as a critical indicator of the city's ecological well-being, as plants play a fundamental role in enhancing the urban ecosystem.

The mobility of heavy metals is contingent upon their geochemical state and the degree of technogenic impact. It is important to consider that the presence of a heavy granulometric composition in the soil environment can affect the binding of heavy metals. Furthermore, an increase in the degree of soil pH can enhance the absorption capacity of cationic metals (copper, zinc, lead). These conditions may therefore affect the accumulation of heavy metals in upper amounts in the studied soils.

The principal sources of heavy metal inputs are industrial pollution of the city, thermal power plants, metallurgical plants, transport, chemicals used in agriculture, waste incineration, ferrous and non-ferrous metallurgy industry. The impact of pollutants is felt over distances of tens of kilometres [16,17].

It was observed that the magnesium (Mg) and iron (Fe) content of the *Western Thuja*, *Thuja occidentalis* L., The concentrations of magnesium (Mg) and iron (Fe) were notably higher in plants growing near the institution compared to those in areas influenced by heavy vehicular traffic. In contrast, calcium (Ca) levels nearly doubled in plants from the cleaner environment. The *Eastern Thuja*, *Platycladus orientalis* L. Franco, exhibited a Mg content of 1.91% in the vicinity of the institution and 1.70% in an area with elevated vehicular traffic [18].

This article aims to evaluate the soil conditions in which *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* L. trees are growing. To this end, the following objectives were established:

1. To determine the impact of *Thuja occidentalis* and *Platycladus orientalis* trees on soil conditions in the context of Almaty city;

2. To analyse the chemical composition of the soil cover in which *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* L. grow in the context of Almaty city.

The soil cover of Almaty city exhibits clear indications of high altitude belts, with the presence of foothill desert and steppe zones. In contrast to the natural landscapes that once existed, the city now displays a landscape that is largely cultural in nature. In some areas, the soil is characterised by the presence of chernozems, while in the majority of the

city, the soil is composed of dark-brown and light-brown soils [19].

Materials and methods

Soil coordinates were obtained (near Al-Farabi Kazakh National University), (near Kazakh National Pedagogical University named after Abai (P3-4)) and Almaty-1 district. These zones have their own features of soil formation.

Field survey and laboratory methods

Field methods (1). In the course of field studies, natural conditions of the study sites were described, soil profiles were laid down, their morphological features were described, soil samples were selected for laboratory studies. In the course of field research 5 soil profiles were laid and studied. Field studies, sampling and preparation of samples were carried out in accordance with generally accepted methods [20-21].

Laboratory methods (2). In total, 5 soil profiles were laid in the areas where the sites were found. For chemical soil analysis, 19 samples were collected, each analyzed in four replicates. Soil samples were analyzed in the analytical laboratory of U.U. Uspanov Kazakh Scientific Research Institute of Soil Science and Agrochemistry. Soil organic matter content was determined by Tyurin method. Total nitrogen was analysed by titration (Keldal method). Total phosphorus and potassium were measured using a spectrophotometer (Specord 210 Plus, Germany). Soil pH was determined using a pH-meter (I-160MI, 2007, Russia). CO₂ content – using a calcimeter. Granulometric composition was determined by Kachinsky method. Total salt content in soil was analysed using a flame photometer (Flapho4, Germany). Total and mobile amounts of heavy metals in the soil (Cu, Zn, Mn, Fe, etc.) were determined by atomic absorption spectrometry.

Research results and analysis

Morphological description of soils

The analysis of morphological features revealed that the soil profile near KazNU (P1-2) belong to dark chestnut soil types, while those near KazNPU (P3-4) and near Almaty-1 (P5) belong to chestnut soil types.

P1. The projective cover of vegetation is 85-90%. Coordinates: N 43.224444°; E 76.922778°. Height above sea level H: 870 m. The depth of the profile is 100 cm.



Horizon	Depth, cm	Thickness, Cm	Description
A	0-10	10	Dark brown, fresh, loose, medium-grown, coarse-grained, granular-grained, slit (porous), with small veins, with dead plant remains, medium boiling.
AB	10-40	30	Brown, in some places with brown tints, compacted, fresh, sandy, fine-grained, veins moderately scattered, with traces of insect marks, with slightly small stone particles, strongly boiling.
B	40-65	25	Light brown, with dark spots in between, dense, sandy, fine-grained, with a few small stony compounds, roots and insect pathways occur, transition to the second layer is evident, strongly boiling
C	65-100	35	Light brown, yellowish tone, structureless, dry, sandy-powdery, fine-porous, root-dominated, weakly boiling

P2. The second soil profile was also built near KazNU. The projective cover of vegetation cover is 85-90%.

Coordinates: N 43.216667°; E 76.916667°. Height above sea level H: 878 m. The depth of the profile is 100 cm.



Horizon	Depth, cm	Thickness, Cm	Description
A	0-23	23	Dark brown, grey, whitish tinged, fresh, compacted, sandy-grained, lumpy-powdery, alkaline, with insect tracks, roots in abundance, with vegetable remains, strongly boiling with hydrochloric acid.
B ₁	23-33	10	Brown, with brown tinge, compacted, fresh, medium sandy, alkaline, lumpy, small veins, traces and traces of insects, not boiled by hydrochloric acid.
B ₂	33-57	24	Light brown, fresh, loose, structureless, sandy loam, coarse stones and fine stones, with small veins, not boiling, occur.
C	57-100	43	Greyish, dry, structureless, sandstones, stones and small stones are found, there are also middle-sized stones and stubs.

P3. The third profile of the soil was near KazNU. The projective cover of vegetation is 90-95%.

Coordinates: N: 43.257222°; E: 76.93°. Height above sea level H: 780 m. The depth of the profile is 80 cm.



Horizon	Depth, cm	Thickness, Cm	Description
A	0-10	10	Grey, fresh, dense, lumpy-grained, light sandy, with fine veins, with salt crystals, small stones and rocks occur, there are traces of insects, crevices, very hard boiling
B	10-35	25	Grey, in some places with brown tints, compacted, fresh, sandy, fine-grained, veins moderately scattered, with traces of insect marks, with slightly small stone particles, strongly boiling from hydrochloric acid.
BC	35-80	45	Light grey, with whitish tinge, very dense, fresh, crumpled, light sandy, fine-grained, root-dominated, with salt crystals, with many stones, very strongly boiling.

P4. The fourth soil profile was also near KazNPU. The projective cover of vegetation is 85-90%. Coor-

dinates: N:43.258889°; E: 76.930278°. Height above sea level H: 780 m. The depth of the profile is 100 cm.



Horizon	Depth, cm	Thickness, Cm	Description
A	0-10	10	Dark grey, fresh, loose, medium-grown, coarse-grained, granular-grained, slit (porous), with small veins, with dead plant remains, boiling from hydrochloric acid medium.
AB	10-30	20	Grey, dry, lumpy, coarse-grained, medium-grained, with paths and insect burrows, with plant roots, small stones, with salt crystals, compacted, slightly boiling from hydrochloric acid.
B	30-63	33	Grey, with distinct brown spots, dry, compacted, light sandy, powdery, slit-like, with few salt crystals, plant roots occur, there are large stones, not boiling
C	63-100	37	Light brown, dry, granular, compacted, slightly sandy, with small salt crystals, with fine veins, with few stones, not boiling from hydrochloric acid.

P5. The fifth soil profile was built near the Almaty-1. The projective cover of vegetation cover is 85-90%. Co-

ordinates: N: 43.326111°; E:76.940833°. Height above sea level H: 700 m. The depth of the profile is 100 cm.



Horizon	Depth, cm	Thickness, Cm	Description
A	0-26	10	Light-coloured, dry, very dense, lumpy-dusty, lightly mucilaginous, slit-like, without visible salts, with thin veins, with thin insect traces, transition to the next layer obvious, strongly boiling in acid
B	26-50	20	Light coloured, dry, slightly compacted, lumpy – powdery, light grained, with thin gaps, spines occur, there are stony compounds, alternate at once in structure, boils strongly in hydrochloric acid.
BC	50-77	33	Light grey, light tinged, dry, very dense, prismatic-dusty, sandy, with small pebbles, roots occur, transition gradual, boils very strongly in hydrochloric acid.
C	77-100	37	Snow-white, dry, powdery-dusty, weakly compacted, lightweight, with many roots, with traces of insects.

Granulometric composition. Soil mechanical composition is of great importance in soil formation, use of soil for agricultural and other purposes. Mechanical composition of soil and its properties such as porosity, water-holding capacity, water permeability, water capacity, ability to accumulate substances, air and heat regimes are closely connected [22].

The granulometric composition of the first soil profile was dominated by fine sand fraction (0.25-0.05 mm) which was 28.12% followed by fine dust fraction (23.1%). The second soil profile was dominated by coarse sand (1.0-0.25 mm) and fine sand (0.25-0.05 mm) fractions (28.4 and 26.66 %). The third soil profile was dominated by fine sand (0.25 – 0.05 mm) and fine dust (0.005 – 0.001 mm) (26.1 and 25.01 %).

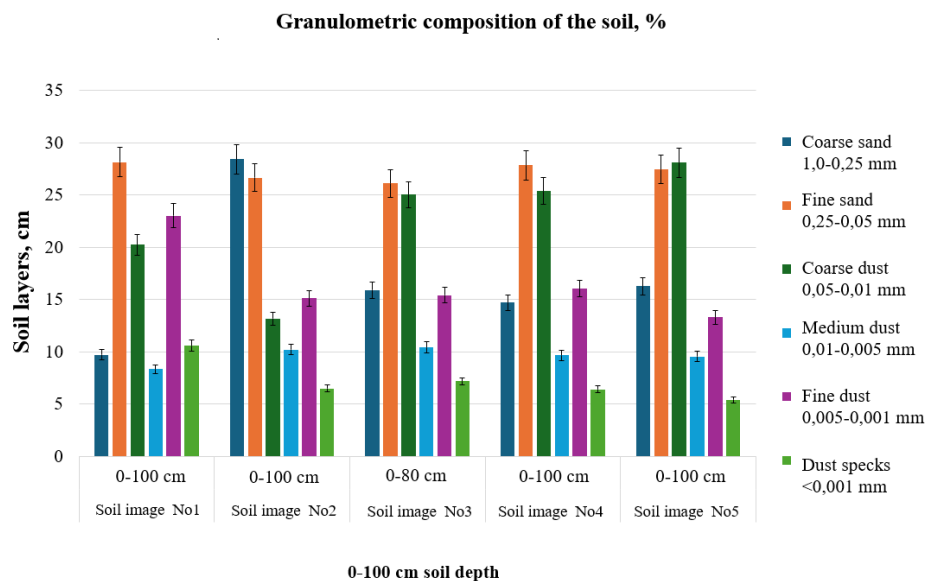


Figure 6 – Granulometric composition of soil on which *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* L. trees grew in Almaty city

In the fourth soil profile, fine sand (0.25 – 0.05 mm) and fine dust (0.005 – 0.001 mm) were predominant (27.82 and 25.38 %). The granulometric composition is heavy sandy-clayey. The fifth soil profile was also dominated by fine sand (0.25 – 0.05 mm) and fine dust (0.005 – 0.001 mm) (27.43 and 28.1 %).

Four of the soil profile studied for particle size distribution were heavy sandy-clayey and one was medium sandy-clayey. Heavy sandy clayey soils are muddy, freeze on drying, and require agrochemical management with machinery.

Chemical composition pH soil acidity. In the first soil profile, the humus content is 3.82 – 0.86% in 0 – 50 cm soil layer. Accordingly, the surface soil layer was higher. The soil medium reaction ranged from 8.33 – 8.75 at 0 – 100 cm soil layer, i.e. showed a strong alkaline environment (Fig.7). In the second soil profile (KazNU), the humus content ranged from 0.07 to 2.02% in 0-50 cm layer of soil. The reaction of soil medium was in the range of 8.26 – 8.51 at 0 – 100 cm of soil layer, i.e. strongly alkaline (Fig.7).

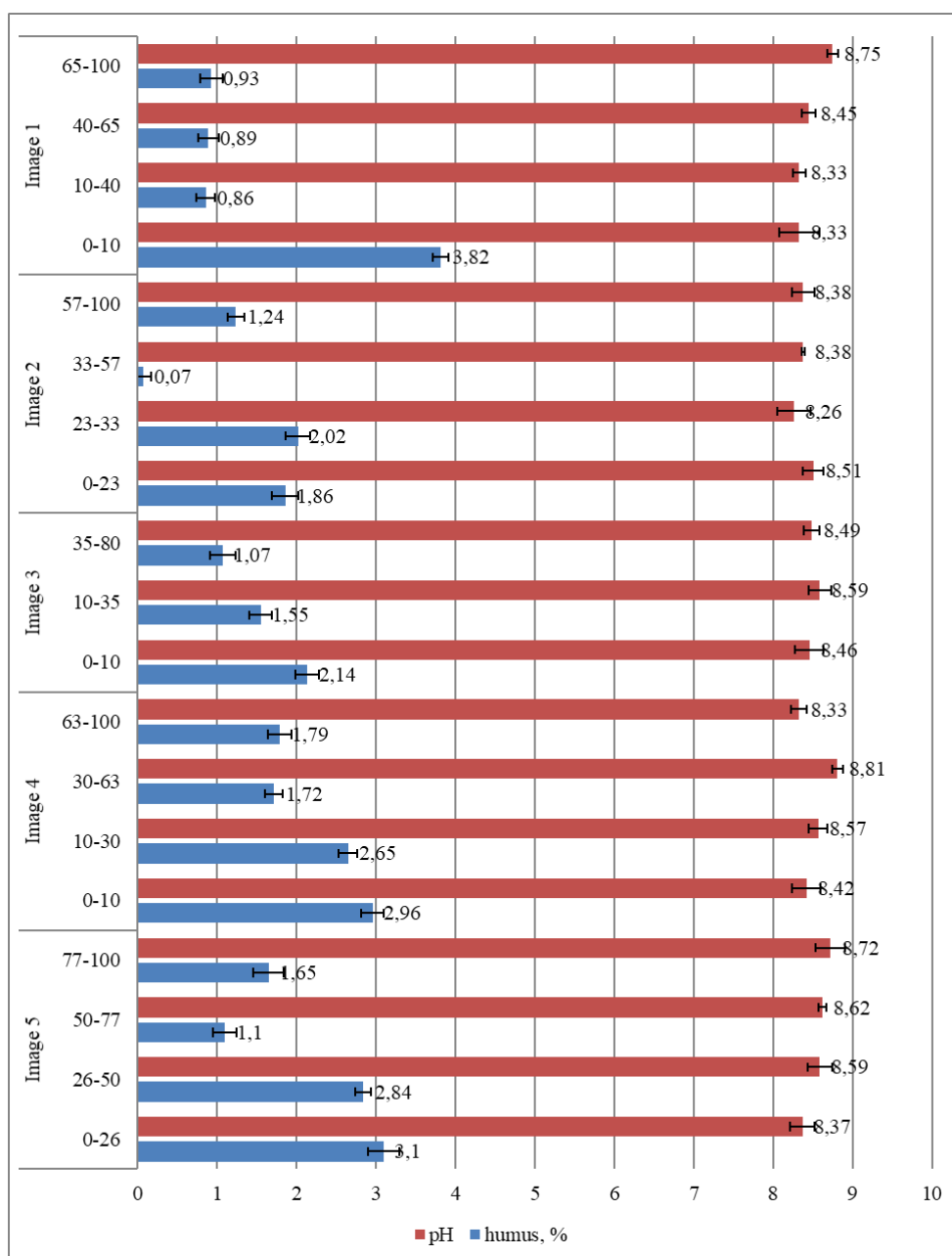


Figure 7 – The indicators of humus and pH of soil in which *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* L. trees grew in Almaty city

In the third soil profile, the humus content ranged from 1.55 to 2.14% in the 0-50 cm layer. The reaction of soil medium in 0-100 cm soil layer between 8.46 and 8.59 showed strong alkalinity (Fig.7). The humus content in the fourth soil profile (KazNPU) was 1.72 – 2.96% in 0 – 50 cm layer. The reaction of soil medium showed strong alkalinity in 0-100 cm of soil layer ranging from 8.33 – 8.81 (Fig.7).

In the fifth soil profile, the humus content was in the range of 2.84 – 3.10% in 0-50 cm of soil layer. The reaction of soil medium showed strong alkalinity in 0 – 100 cm of soil layer in the range of 8.37 – 8.72 (Fig.7).

It was found that all studied soil profile were covered with humus to a lesser extent in terms of

humus content. And the reaction of soil medium was strongly alkaline in all profile soils.

All heavy metals in a certain minimum amount are among the trace elements necessary for the vital activity of living organisms and plant growth and development. However, their accumulation in soil above threshold amounts causes significant damage to living organisms and plants [23-25].

The presence of heavy metals in soil is higher compared to other components of the biosphere, thus heavy metal contamination of soil lasts longer. Metals are gradually destroyed in the process of leaching with accumulation in the soil, during use by plants, in the processes of erosion and deflation (Cabata-Pendias, Pendias, 1989) [26].

Table 1 – Content of heavy metals in soils of *Thuja occidentalis* L. and *Platyclusus orientalis* L. in Almaty, mg/kg

№	Soil depth, cm	Mobile forms of micronutrients, mg/kg			
		Zn	Cu	Mn	Fe
Profile 1	0-10	91,6±0,55	26,8±0,08	538,4±0,26	400,0±0,15
	10-40	56,8±0,75	18,4±0,09	470,0±0,25	2780,0±1,45
	40-65	67,2±0,92	19,2±0,12	508,4±0,25	7200,0±2,05
	65-100	54,4±0,65	12,4±0,1	389,6±0,35	10192,0±1,1
	<i>Average amount</i>	67,5±0,7	19,2±0,1	476,6±0,3	5143,0±1,2
Profile 2	0-23	72,8±0,35	35,2±0,05	550,0±0,40	13688,0±0,7
	23-33	66,0±0,1	38,0±0,08	573,6±0,46	16824,0±0,7
	33-57	44,8±0,03	27,6±0,05	372,4±0,15	19240,0±1,15
	57-100	119,6±0,2	33,6±0,09	563,6±1,35	20384,0±0,66
	<i>Average amount</i>	75,8±0,2	33,6±0,1	514,9±0,6	17534,0±0,8
Profile 3	0-10	98,4±0,15	27,2±0,08	480,8±1,25	17224,0±0,55
	10-35	82,8±0,25	28,8±0,14	524,4±0,32	19152,0±1,85
	35-80	82,0±0,25	36,0±0,05	564,4±0,18	18672,0±1,12
	<i>Average amount</i>	87,7±0,2	30,6±0,1	532,2±0,6	18349,0±1,1
Profile 4	0-10	134,4±0,15	89,2±0,45	500,0±0,15	15376,0±0,64
	10-30	112,8±0,35	128,8±0,15	504,0±0,35	15800,0±0,76
	30-63	72,0±0,25	36,0±0,25	550,4±0,25	17744,0±1,53
	63-100	74,8±0,15	37,2±0,55	586,0±1,6	18256,0±2,52
	<i>Average amount</i>	98,5±0,2	72,8±0,4	535,1±0,6	16794,0±1,4
Profile 5	0-26	108,0±0,2	39,2±0,7	434,4±0,35	13024,0±0,57
	26-50	81,6±0,28	37,6±0,35	449,2±0,85	13784,0±1,16
	50-77	66,0±0,35	35,2±0,4	463,6±0,25	14880,0±1,53
	77-100	64,0±0,17	32,8±0,45	461,6±0,4	17040,0±1,7
	<i>Average amount</i>	79,9±0,2	36,2±0,5	452,2±0,5	14682,0±1,2
Amount of TLV in soil [25]		23	3	1500	4200

When determining the mobile forms of trace elements it was noticed that in all variants the amount of Zn, Cu, Fe exceeded the limit concentration 3-4 times, and the amount of Mn was 2-3 times less than the threshold limit value (TLV). In the Profile 1, shows that in the soil where *Thuja occidentalis* L. was growing, the content of heavy metals was lower compared to the soil where *Platycladus orientalis* L. was growing, whereas the Profile 3 (KazNPU) presumes

that in the content of Cu decreased twice where *Thuja occidentalis* L. was growing compared to the profile where *Platycladus orientalis* L. was growing. In Almaty-1 conditions, Mn was relatively decreased in the soil where two species of trees grew.

The study showed that the mobile amounts of Zn, Cu and Fe are significantly higher than the TLV in Almaty, and the amount of Mn is 3 times less than the TLV.

Table 2 – Physico-chemical indicators of soils in research areas

	Study areas from which soil profile are obtained	Mass fraction of organic matter (humus), %	pH value	Humidity, %
1	<i>Thuja occidentalis</i> L. in Al-Farabi KazNU vicinity (N: 43.224444°; E: 76.922778°)	3.82±0.33	8.33±0.98	5.93±0.45
2	<i>Platycladus orientalis</i> L. In Al-Farabi KazNU vicinity (N:43.216667°; E:76.916667°)	1.86±0.21	8.51±0.97	3.68±0.36
3	KazNPU vicinity (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	2.96±0.27	8.42±0.94	3.29±0.38
4	KazNPU vicinity (<i>Platycladus orientalis</i> L.)	2.14±0.28	8.46±0.87	5.65±0.69
5	Almaty-1 vicinity (<i>Thuja occidentalis</i> L., <i>Platycladus orientalis</i> L.)	3.10±0.29	8.37±0.88	3.52±0.61

It was also shown in the study that in case of *Thuja occidentalis* L. growing in Point 1, the humus content is higher than 3.82%, pH value indicates alkaline environment and moisture content is higher than 5.93%. In Point 2, in case of growing *Thuja occidentalis* L., the humus has higher percentage as compared to the soil on which of *Platycladus orientalis* L. was grown. In Point 3, the humus content is 3.10 per cent in case of cultivation of Almaty-1 trees (*Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* L.).

Conclusion

According to the analysis of morphological features of soils on which *Thuja occidentalis* L., *Platycladus orientalis* L. grew in the vicinities of KazNPU and Almaty-1, dark chestnut soil type and chestnut soil type were identified in the vicinities of KazNPU and Almaty-1. Most of the soil profile

studied by granulometric composition were heavy sandy-clayey.

Humus content was 1.86 – 3.82% in all soil samples studied, soil medium showed strong alkaline medium 8.33-8.51 in all soil samples.

The levels of Zn (2.9 – 4.2 times), Cu (6.4 – 24.2 times) and Fe (1.2 – 4.3 times) were above the TLV in all soil samples tested. The fourth soil profile where *Platycladus orientalis* L. grew among the soil profile had the highest values of Zn, Cu and Fe. It was observed that Mn was 3 times less than TLV in all the profile.

In conclusion, it was found that the soil in which *Thuja occidentalis* L. grew had increased humus content and less heavy metal content as compared to the soil in which *Platycladus orientalis* L. grew. Thus, *Thuja occidentalis* L. can be recommended for cultivation as a phytoremediant capable of absorbing heavy metals from soil.

References

1. Johnson, S. A., Janssen, E., Glass, N., Dickerson, P., Whelan, C. J., & Molano-Flores, B. (2022). The role of environmental stressors on reproduction, seed morphology, and germination: a case study of northern white cedar, *Thuja occidentalis* L. *Botany*, 100(11), 839-847. <https://doi.org/10.1139/cjb-2022-0007>
2. Kycheryavyi, V. P., Popovych, V., Kycheryavyi, V. S., Dyda, O., Shuplat, T., & Bosak, P. (2021). The Influence of Climatic and Edaphic Conditions on the Development of *Thuja occidentalis* 'Smaragd' Under the Urban Conditions of a Large City. *Journal of Ecological Engineering*, 22(4). <http://dx.doi.org/10.12911/22998993/133094>

3. Jang, D. H., Yang, K. Y., Kim, J. B., Kwon, K. S., & Ha, T. (2021). Evaluation of Optical Porosity of *Thuja occidentalis* by Image Analysis and Correlation with Aerodynamic Coefficients. *Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers*, 63(6), 39-47.
4. Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (2010). Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2039-2043.
5. Popovych, V. (2023). Aesthetic assessment of the ornamental forms of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) and their use in garden and park compositions. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 68(3). <http://orcid.org/0000-0002-1420-9433>
6. Beldean-Galea, S., Mihăiescu, R., Cucoreanu, I., Mihăiescu, T., & Arghiuș, V. (2016). Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons urban air pollution using *Thuja occidentalis*. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 2, 243-250.
7. Yıldız, N., & Avdan, U. (2018). The effect of the temperature of the surface of vegetation to the temperature of an urban area. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 2(2), 76-85.
8. Kryvokhatko, H. A. (2017). Detection and evaluation of heat resistance degree of *Thuja occidentalis* L. plants. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, (266), 165.
9. Jeong, N. R., Han, S. W., & Kim, J. S. (2020). Growth Characteristics of Woody Plants for Irrigation Management of Container Gardens. *Journal of People, Plants, and Environment*, 23(5), 507-519. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2020.23.5.507>
10. Kycheryavyj, V. P., Popovych, V., & Kycheryavyj, V. S. (2018). The climate of a large city and ecocline ordination of its vegetation cover. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"*, SASA, 68(2), 177-193.
11. Darwish, R. S., Hammoda, H., Harraz, F. M., & Shawky, E. (2024). Genus *Thuja*: A comprehensive review on botany, traditional uses, pharmacological activities and phytochemistry. *Journal of Advanced Pharmaceutical Sciences*, 1(1), 100-120.
12. T. Tazabekov, S. Kaldybayev, G. Mukhamedkarimov. General soil science: textbook / – Almaty: Evero, 2017. – p. 212.
13. V.P.Kovrigo Soil science with the basics of geology. Edited by V.P.Kovrigo. -M.: Kolos, 2008 p.78-94.
14. Kabysheva Zh. K. Soil Science: Textbook. Almaty: 2013.
15. G.O. Akshorayeva Almaty kalasynuñ ecological zhagdayyn bagalau / G.O. Akshorayeva, A.S. Madibekov. – Text : direct // Young scientist. – 2020. – № 6 (296). – p.318-322.
16. Prach, K., Hobbs, R. J. (2008). Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*, 16(3), 363-366.
17. Erezhepova N. Sh., Kurmanbaeva M. S., Hen M. (2020). *Thuja occidentalis* L. and *Platycladus orientalis* (L.) Anatomical structure and ash composition of Franco/ plants. *Experimental Biology Bulletin*, 1 (82).
18. Methodological guidance on conducting a comprehensive agrochemical survey of agricultural soils. – p. Nauchny, 2004.
19. Kachinsky V.A. Soil Physics. Moscow: Higher School, 1965. – p. 324
20. Kovda V.A., Rozanov B.G. Soil and soil formation. – Moscow: Vysh. shk., 1988. – p. 400.
21. Vaksman S.A. Humus. Origin, chemical composition and its importance in nature. – Moscow: Selkhozgiz, 1937. – p. 470
22. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. p. 548
23. Lean J., Bledsoe B. Behavior of Metals in Soils // Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1992. p. 32
24. Dobrovolskaya M.G. Geochemistry of the Earth's crust: Textbook. – M: RUDN, 2007. – p. 131.
25. Ivanov G.M. Microelements – biophiles in landscapes of Transbaikalia. Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SB RAS, 2007. p. 239.
26. International journal of applied and fundamental research. – 2016. 2 (1) – p. 53-58.

Авторлар туралы мәлімет:

Ережепова Нұрғұл Шамаханқызы – Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті биология және биотехнология факультеті, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, эл. почта: nkaznu@gmail.com)

Ережепова Айнұр Шамаханқызы – Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Жаратылыстану институты, Химия кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, эл. почта: yerezhpova.ainur@gmail.com)

Information about authors:

Yerezhpova Nurgul Shamakhankyzy – Senior Lecturer, Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: nkaznu@gmail.com).

Yerezhpova Ainur Shamakhankyzy – Senior Lecturer, Department of Chemistry, Kazakh National Women's Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: yerezhpova.ainur@gmail.com).

Поступила 22 августа 2024 года

Принята 10 марта 2025 года

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналы 1992 жылы құрылған. Журналдың құрылтайшысы және шығарушысы Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті болып табылады. Журналдың жоғары оқу орны көрсетілген мұқабасы мен титулдық парақтары, шығыс деректері, ISSN, eISSN, редакциялық алқа құрамы, редакциялық саясаты, жарияланымдық этикасы және веб-сайты бар.

Журнал жылына 4 рет шығарылады.

Журнал авторлардың жарияланымдарының ақпараттық ашықтығы және қол жетімділігі саясатына сәйкес келеді, мақалалар журналдың сайтында орналастырылады <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> үш тілде толық мәтінді қолжетімділікте

Журналдың мақсаты – экология және табиғи ресурстар саласындағы алдыңғы қатарлы зерттеулердің нәтижелері мен жан-жақты көрсетілімін қамтамасыз ету. Журнал экологиялық проблемалар мен қоршаған ортаны қорғауға ғылыми қызығушылық танытатын ғылыми қызметкерлерге, оқытушыларға, докторанттар мен түрлі мамандықтағы студенттерге арналған.

Журнал міндеттері:

- Экология және қоршаған ортаны қорғау бойынша фундаменталды және қолданбалы ғылымның түрлі салаларында маңызды мәнге ие жаңа ғылыми нәтижелерді жариялау.

- Диссертацияларды қорғауға және ғылыми мамандықтар бойынша ғылыми дәрежелер алуға үміткер магистранттар мен докторанттардың ғылыми жұмыстарының нәтижелерін кең жариялаудың ашықтығы мен қол жетімділігі ортасын құру.

- Ғылыми қоғамдастықтың, сондай-ақ жас және жаңа бастаған ғалымдардың журналға деген тұрақты қызығушылығын қалыптастыру, оның экология мәселелерін зерттейтін мамандардың кәсіби ортасында өсіп келе жатқан қажеттілігін қалыптастыру.

Журнал материалдары экология және қоршаған ортаның ластануы саласындағы проблемалардың кең ауқымын қамтиды. Мақалалар **экологияның келесі тақырыптық бөлімдері** бойынша жарияланады:

- Жер туралы ғалым;
- Қоршаған ортаны ластау және қорғау;
- Экологиялық биотехнология;
- Адам, өсімдіктер, жануарлар және микроорганизмдер экологиясы;
- Климаттың ғаламдық өзгеруі, су ресурстарын басқару;
- Бұзылған экосистемаларды қалпына келтіру;
- Қоршаған орта және көші-қон;
- Қалалар және климаттың өзгеруі;
- Экологиялық ойлау және адамзат стратегиясы.

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналының тақырыптық бағыттарына сәйкес келетін және қолжазбаны ресімдеу талаптары бойынша қатаң ресімделген, автордың (авторлардың) қазақ, орыс немесе ағылшын тілдерінде бұрын жарияланбаған мақалалары қабылданады.

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналы авторлардың ғылыми жұмысқа құқығын сақтайды және журналға бірінші жариялау құқығын жұмыспен бірге береді, оны бір уақытта Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0) бойынша лицензиялайды.

Жариялау процесінің барлық қатысушылары, атап айтқанда, әрбір автор, ғылыми редактор, рецензент, жауапты хатшы, «ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» ғылыми журналының редакциялық алқасының мүшелері міндетті түрде жариялау этикасының қағидаларын, нормалары мен стандарттарын ұстануға міндетті. Этикалық қағидаларды сақтау ғылыми журналдың сапасын қамтамасыз ету және сақтау үшін де, жариялау процесіне қатысушылар арасында сенімді және құрметті қарым-қатынас құру үшін де маңызды.

Мақаланы жариялау төлемі тек редакцияның мақаланың қабылданған шешімі хабарламасынан кейін ғана жүргізіледі. Жарияланым құны – 2000 теңге/бет WORD форматында (шрифт 12, Times New Roman).

Реквизиттер:

«Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Индекс 050040

Мекенжайы: Алматы қаласы, Әл-Фараби даңғылы, 71

БИН 990140001154

КВЕ 16 «Бірінші Heartland Jusan Bank» АҚ

ИИК KZ19998CTB0000567141 – теңге

ИИК KZ40998CTB0000567151 – АҚШ доллары

БИК TSESKZKA

INFORMATION FOR AUTHORS

Journal «Vestnik KazNU. Ecological Series» was founded in 1992. In 2007 was renamed as «**Eurasian Journal of Ecology**» (in the English version). The founder and publisher of the journal are the Al-Farabi Kazakh National University. The journal has a developed and approved cover and title pages with an indication of the institution, imprint of the issue, ISSN, eISSN, editorial board, editorial policy, publication ethics, and website. The journal is published 4 times a year.

The journal follows the policy of information openness and accessibility of authors' publications, articles are posted on the journal's website <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> in three languages in full-text access.

The aim of the journal is to provide a comprehensive presentation and results of cutting-edge research in the field of ecology and natural resources. The journal is intended for researchers, teachers, doctoral students, and students of various specialties who show scientific interest in environmental problems and environmental protection.

Journal objectives:

- To highlight new scientific results of significant importance in various fields of fundamental and applied science in ecology and environmental protection.
- To create an environment of openness and accessibility of wide coverage of the results of scientific work of undergraduates and doctoral students applying for the defense of dissertations and obtaining academic degrees in scientific specialties of dissertation councils in various fields of ecology.
- To form a constant stable interest among the scientific community, as well as among young and novice scientists in the journal, its growing demand in professional circles of specialists researching environmental issues.

The journal's materials cover a wide range of problems in the field of ecology and environmental pollution. Articles are published in the following thematic sections of ecology:

- Earth Science;
- Pollution and environmental protection;
- Environmental biotechnology;
- Ecology of humans, plants, animals and microorganisms;
- Global climate change, water resources management,
- Restoration of damaged ecosystems;
- Environment and migration;
- Cities and climate change;
- Environmental thinking and human strategy.

For publication in the «Eurasian Journal of Ecology» articles previously unpublished by the author (authors) are accepted – in Kazakh, Russian or English, which correspond to the thematic areas of the journal and are designed strictly according to the requirements of the manuscript format.

Authors of articles in the «Eurasian Journal of Ecology» retain the author's right to scientific work and transfer to the journal the right of first publication along with the work, licensing it at a time under the Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0).

All participants in the publication process, namely, each author, scientific editor, reviewer, executive secretary, members of the editorial board of the scientific «Eurasian Journal of Ecology» are obliged to unconditionally adhere to the principles, norms and standards of publication ethics. Compliance with ethical principles is important both to ensure and maintain the quality of a scientific journal, and also to create trust and respect between participants in the publication process.

Payment is made only after the article is accepted for publication and the editors have notified it. Publication cost – 2000 tenge/page in WORD format (font 12, Times New Roman)

Requisites:

Non-profit joint-stock company «Al-Farabi Kazakh National University»

Index 050040

Address: Almaty, Al-Farabi Ave. 71

BIN 990140001154

KBE 16 JSC «First Heartland Jusan Bank»

IIK KZ19998CTB0000567141 – tenge

IIK KZ40998CTB0000567151 – USD

BIC TSESKZKA

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Вестник КазНУ. Серия экологическая» был основан в 1992 году. Учредителем и издателем журнала является Казахский национальный университет имени аль-Фараби. Журнал имеет разработанные и утвержденные обложку и титульные листы с указанием вуза, выходные данные номера, ISSN, eISSN, состава редколлегии, редакционную политику, публикационную этику и веб-сайт. Журнал выпускается периодичностью 4 раза в год.

Журнал следует политике информационной открытости и доступности публикаций авторов, статьи размещаются на сайте журнала <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> на трех языках в полнотекстовом доступе.

Цель журнала – обеспечить всестороннее представление и результаты передовых исследований в области экологии и природных ресурсов. Журнал предназначен для научных сотрудников, преподавателей, докторантов и студентов различных специальностей, проявляющих научный интерес к экологическим проблемам и охране окружающей среды.

Задачи журнала:

- Освещать новые научные результаты, имеющие существенное значение в различных областях фундаментальной и прикладной науки по экологии и охране окружающей среды.
- Создавать среду открытости и доступности широкого освещения результатов научных работ магистрантов и докторантов, претендующих на защиту диссертаций и получение ученых степеней по научным специальностям диссертационных советов в различных областях экологии.
- Формировать постоянный устойчивый интерес у научной общественности, а также у молодых и начинающих ученых к журналу, его растущую востребованность в профессиональных кругах специалистов, исследующих вопросы экологии.

Материалы журнала освещают широкий круг проблем в области экологии и загрязнения окружающей среды. Статьи публикуются по следующим **тематическим разделам экологии**:

- Наука о земле;
- Загрязнение и охрана окружающей среды;
- Экологическая биотехнология;
- Экология человека, растений, животных и микроорганизмов;
- Глобальное изменение климата, управление водными ресурсами;
- Восстановление нарушенных экосистем;
- Окружающая среда и миграция;
- Экологическое мышление и стратегия человечества.

Для публикации в журнале «Вестник КазНУ. Серия экологическая» принимаются ранее не опубликованные автором (авторами) статьи на русском, казахском или английском языке, которые соответствуют тематическим направлениям журнала и оформлены строго по требованиям оформления рукописи.

Авторы статей журнала «Вестник КазНУ. Серия экологическая» сохраняют за собой право автора на научную работу и передают журналу право первой публикации вместе с работой, одновременно лицензируя ее по лицензии Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0).

Все участники процесса публикации, а именно, каждый автор, научный редактор, рецензент, ответственный секретарь, члены редакционной коллегии научного журнала «Вестник КазНУ. Серия экологическая» обязаны безусловно придерживаться принципов, норм и стандартов публикационной этики. Соблюдение этических принципов является важным как для обеспечения и поддержания качества научного журнала, также и для создания доверительных и уважительных отношений между участниками процесса публикации.

Оплата производится только после принятия статьи к публикации и сообщения редакции. Стоимость публикации – 2000 тенге/страница в формате WORD (шрифт 12, Times New Roman).

Реквизиты:

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби»

Индекс 050040

Адрес: г. Алматы, пр. аль-Фараби 71

БИН 990140001154

КБЕ 16 АО «First Heartland Jýsan Bank»

ИИК KZ19998CTB0000567141 – тенге

ИИК KZ40998CTB0000567151 – USD

БИК TSESKZKA

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protection	Раздел 1 Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
Б.Б. Алиева, Е.Н. Кочеров, Л.И. Раматуллаева, Қ.Қ. Құлымбет Беттік ағынды сулардағы ластанушы заттарды сорбциялық тазалау үрдісін зерттеу.....		4
Е. Баделгажы, Б.А. Капсалям, Г.Өнерхан Алтай жотасындағы туризм әсерінен ауыр металмен ластанған топырақтың табиғи жолмен тазаруы		18
F.G. Aliyev, N.A. Zohrabbayli The intersection of water policy and technology: solar innovations for sustainable agriculture in Absheron peninsula of the Azerbaijan Republic.....		29
M.M.Yusifova, S.N.Alizade Assessment of solar energy potential in Zangilan, Kalbajar and Qubadli districts of Azerbaijan on the spring equinox		45
2-бөлім Қоршаған орта ластанушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health	Раздел 2 Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения
А. Ахмет, Ж. Ш.Рахимбердиева, Р.Аралбаева, Ш. Х. Баймукашева, М. А. Туралиева, А.У. Исаева, К.К. Еркекулова «Шымкент-қоқыс» тұрмыстық қалдықтар полигонының микробиомасын зерттеу тенденциясы		56
G.A. Akhmetova, K. Bolatkhan, A.A. Dauletova, A.K. Toktybay, A.B. Kakimova, S.K. Sandybayeva, S.K. Abilev, B.K. Zayadan Study of algae from wastewater treatment plants in Almaty and their role in biomonitoring.....		69
G.E. Sadykanova, S. Kumarbekuly, K.Zh. Dakieva Study of beryllium influence on psychophysiological parameters of human organism		83
3-бөлім Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
П.В. Веселова, Г.М. Кудабаева, Д.Ш. Абдилданов, Н.В. Фризен, И.Ю. Селютина, Б.Б. Осмонали, З.А. Инелова, Б.К. Билибаева К изучению видового разнообразия весенней флоры охраняемых территорий Мангистауской области		90
М.С. Курманбаева, Д.Э. Карабалаева, М.Ж. Жумагул, А.Б. Құсманғазин Оценка современного состояния популяций вида <i>Trollius dschungaricus</i> Regel во флоре хребта Кетпен Кунгейского Алатау.....		101
А.С. Мусаева, А.К. Бекитаева, Ш. Бахтыбекқызы, З.С. Оразымбетова, Б.С. Арынгазиев, О.Х. Хамдиева, Е.Б. Кузовлева, С.В. Беспалов, М.О. Бегманова, О.В. Вишнякова Оценка морфологических характеристик шерсти собак породы Тобет		117
Г.Т. Ситпаева, Л.Ш. Шадманова, А.А. Кунанбай, Т.С. Кульболдин, Д.Д. Болат, А.И. Токен Изученность генетической характеристики редких видов растений (на примере области Улытау)		127

A.B. Kaliyeva, I.Yu. Chidunchi, Sh.Zh. Arynova, Z.M. Sergazinova, N.P. Korogod Ecological substantiation of control measures against horseflies (diptera, tabanidae) in the steppe zone of North-Eastern Kazakhstan.....	136
M.Zh. Makhambetov, R. Izimova , G.A. Issengaliyeva , G.A. Gataulina , G.E. Nurmukhanova Ecological assessment of the condition of pastures in the Aktobe region	145
A.B. Rysbekova, E.N. Dyussibayeva, M.M. Abylkairova, A.E. Zeinullina, A.E.Orazov Ecological testing of proso millet collection under conditions of Western and Northern Kazakhstan.....	155
N.Sh. Yerezhepova, Q.Q. Qulimbet, A.Sh. Yerezhepova Assessment of the influence of thuja occidentalis l. and Platycladus Orientalis l. species on the ecological composition of soils in Almaty conditions	165
Авторларға арналған ақпарат.....	176