

ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

# ХАБАРШЫ

Биология сериясы

---

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК

Серия биологическая

---

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# EXPERIMENTAL BIOLOGY

---

№1 (98)

Алматы  
“Қазақ университеті”  
2024



# ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №1 (98) наурыз



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Қуәлік № 16494-Ж

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

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Шокагаева Д.Х., PhD (Қазақстан)  
e-mail: bb.kaznu.kz@gmail.com

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

**Бисенбаев А.Қ.**, б.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (ғылыми редактор) (Қазақстан)  
**Бекманов Б.О.**, б.ғ.к., доцент (ғылыми редактордың орынбасары) (Қазақстан)  
**Төлеуханов С.Т.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Айташева З.Г.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Кистаубаева А.С.**, б.ғ.к. (Қазақстан)  
**Конуспаева Г.С.**, PhD, профессор (Қазақстан)  
**Мухитдинов Н.М.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Нургазин С.Т.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Турсуспеков Е.К.**, б.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қазақстан)

**Берсимбаев Р.И.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Искаков Б.К.**, б.ғ.д., профессор (Қазақстан)  
**Сарбасов Д.**, PhD, профессор (АҚШ)  
**Орынбаева З.**, PhD, профессор (АҚШ)  
**Қурмашева Р.Т.**, PhD (АҚШ)  
**Сапарбаев М.**, PhD, профессор (Франция)  
**Ищенко А.**, PhD (Франция)  
**Лось Д.**, б.ғ.д., профессор (Ресей)  
**Ташев А.Н.**, профессор (Болгария)  
**Курманғалиев Е.**, PhD (США)

## ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Смекенов Изат, PhD (Қазақстан)

Журнал материалдарында ауқымды биологиялық мәселелері – ғылыми шолу, теориялық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері қарастырылады.

Мақалалар биологияның келесі бөлімдері бойынша жарияланады: ботаника, биотехнология, биохимия, өсімдіктер физиологиясы, генетика және молекулалық биология, клеткалық биология, биофизика, адам және жануарлар физиологиясы, зоология және ихтиология, цитология және гистология, микробиология және вирусология.



Жоба менеджері

Гульмира Шаккозова

Телефон: +7 701 724 2911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

ИБ № 15303

Пішімі 60x84/16. Көлемі 14,9 б.т. Тапсырыс № 613.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

“Қазақ университеті” баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

**ШОЛУ МАҚАЛАСЫ**



**REVIEW ARTICLES**



**ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ**

**B.N. Usenbekov<sup>1,2</sup>** , **S.K. Mukhambetzhanov<sup>1,2\*</sup>** , **D. Mynbayeva<sup>1,2</sup>** ,  
**A.K. Amirova<sup>1,2</sup>** , **Kh. Berkimbay<sup>1</sup>** , **A. Ospanova<sup>1</sup>** , **Ch. Turganova<sup>1</sup>** 

<sup>1</sup>Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: serik\_m65@list.ru

## RICE (*ORYZA SATIVA* L.) ANDROGENESIS *IN VITRO*

Rice (*Oryza sativa* L.) is a cereal crop cultivated mainly in tropical and even some subtropical countries and provides food for more than half of the world's population. Nowadays, haploid biotechnology (gynogenesis and androgenesis) is used in breeding practice as one of the tools to improve rice, preferably *in vitro* androgenesis. The method of *in vitro* cultivation of male gametophyte is one of the promising biotechnological approaches in crop breeding research, including rice. This method is based on the biological phenomenon of androgenesis – formation of haploid regenerant plant from anther and microspore cells, whose development switches from gametophytic to sporophytic pathway. However, the wide application of these technologies is limited by the existing two problems associated with the genotype-dependence of plant regeneration and formation of albino plants in many cases in *in vitro* male gametophyte culture of rice. The need to eliminate these restrictions has been and remains. This requires continued research in this direction to develop and optimize the technology of cultivation, pre-treatment of anthers and components of the nutrient medium, universal for all rice genotypes. This review considers a number of factors that affect the efficiency of rice androgenesis *in vitro*.

**Key words:** Rice (*Oryza sativa* L.), androgenesis *in vitro*, anthers culture, isolated microspores culture, limiting factors.

Б.Н. Усенбеков<sup>1,2</sup>, С.К. Мухамбетжанов<sup>1,2\*</sup>, Д. Мынбаева<sup>1,2</sup>,  
А.К. Амирова<sup>1,2</sup>, Қ. Беркімбай<sup>1</sup>, А. Оспанова<sup>1</sup>, Ч. Турганова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: serik\_m65@list.ru

### *In vitro* жағдайындағы күріш (*Oryza sativa* L.) андрогенезі

Күріш (*Oryza sativa* L.) дүние жүзі халқының жартысынан астамын азық-түлікпен қамтамасыз ететін маңызды дәнді дақыл болып табылады, кейбір тропиктік, тіпті субтропиктік елдерде өсіріледі. Қазіргі уақытта гаплоидты биотехнология (гиногенез және андрогенез) селекциялық тәжірибеде күрішті жақсарту құралдарының бірі ретінде *in vitro*-ғы андрогенезде қолданылады. *In vitro* андрогенездің дәстүрлі селекция әдістерімен салыстырғанда артықшылығы генотипте ата-аналық формалардың экономикалық құнды белгілерін сақтайтын 1-ші ұрпақтың гомозиготалы тұрақты будандарын аз уақыт аралығында алу мүмкіндігі болып табылады. Аталық гаметофитті *in vitro* жағдайында өсіру әдісі ауыл шаруашылығы дақылдарын, оның ішінде күрішті зерттеудегі перспективті биотехнологиялық тәсілдердің бірі болып табылады. Бұл әдіс андрогенездің биологиялық құбылысына негізделген – гаметофитті жолдан спорофитті жолға ауысатын тозаң және микроспора жасушаларынан гаплоидты регенерант өсімдіктің түзілуі. Алайда, бұл технологияларды кеңінен қолдану өсімдіктердің регенерациясының генотипке тәуелділігімен және көптеген жағдайларда *in vitro* күріштің тозаң және микроспоралы дақылында альбинос өсімдіктерінің қалыптасуымен байланысты екі мәселемен шектеледі. Бұл шектеулерді жою қажеттілігі болды және болып қала береді. Бұл күріштің барлық генотиптері үшін әмбебап өсіру технологиясын, тозаңдарды алдын ала өңдеу және қоректік ортаның құрамын әзірлеу және оңтайландыру үшін осы бағыттағы зерттеулерді жалғастыруды талап етеді. Бұл шолуда *in vitro* жағдайындағы күріш андрогенезінің тиімділігіне әсер ететін бірқатар факторлар қарастырылады.

**Түйін сөздер:** күріш (*Oryza sativa* L.), андрогенез *in vitro*, тозаңқап дақылдау, оқшауланған микроспораларды дақылдау, шектеуші факторлар.



Б.Н. Усенбеков<sup>1,2</sup>, С.К. Мухамбетжанов<sup>1,2</sup> \*, Д. Мынбаева<sup>1,2</sup>,  
А.К. Амирова<sup>1,2</sup>, Х. Беркимбай<sup>1</sup>, А. Оспанова<sup>1</sup>, Ч. Турганова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: serik\_m65@list.ru

### Андрогенез риса (*Oryza sativa* L.) *in vitro*

Рис (*Oryza sativa* L.) – важная зерновая культура, обеспечивающая питанием более половины населения земного шара и выращиваемая главным образом в тропических и даже в некоторых субтропических странах. В настоящее время гаплоидная биотехнология (гиногенез и андрогенез) используется в селекционной практике как один из инструментов улучшения риса, преимущественно андрогенеза *in vitro*. Метод культивирования *in vitro* мужского гаметофита является одним из перспективных биотехнологических подходов в селекционных исследованиях сельскохозяйственных культур, в том числе риса. Преимущество андрогенеза *in vitro* по сравнению с традиционными методами селекции заключается в возможности быстрого получения гомозиготных константных гибридов 1-го поколения, сохраняющих в генотипе хозяйственно-ценные признаки родительских форм. Этот метод основан на биологическом явлении андрогенеза – образовании из пыльников и клеток микроспор гаплоидного растения-регенеранта, развитие которого переключается с гаметофитного пути на спорофитный. Однако широкое применение этих технологий ограничивается существующими двумя проблемами, связанными с генотипической зависимостью регенерации растений и формированием во многих случаях растений-альбиносов в культуре пыльников *in vitro* и микроспор риса. Необходимость устранения этих ограничений была и остается. Это требует продолжения исследований в этом направлении по разработке и оптимизации технологии выращивания, предварительной обработки пыльников и состава питательной среды, универсальной для всех генотипов риса. В данном обзоре рассмотрен ряд факторов, влияющих на эффективность андрогенеза риса *in vitro*.

**Ключевые слова:** рис (*Oryza sativa* L.), андрогенез *in vitro*, культура пыльников, культура изолированных микроспор, лимитирующие факторы.

### Introduction

Haploid plants in rice were first discovered by Morinaga and Fukushima in 1931[1], and in 1968 Niizeki and Oono obtained the first haploid plants in rice anther culture [2].

Since then, there have been many studies aimed at improving the efficiency of various aspects of the male gametophyte in rice and the use of dihaploids in breeding. Currently, there is a lot of information in the literature about rice androgenesis *in vitro* [3-8]. The purpose of this article was to analyze the literature data devoted to the study of a number of factors affecting the processes of androgenesis *in vitro* in rice.

Androgenesis *in vitro* is the reprogramming of the development of the male gametophyte from the gametophytic to the sporophytic path of development with the formation of regenerated plants with a haploid set of chromosomes. The use of androgenesis significantly accelerates the production of homozygous constant lines carrying economically valuable traits and representing valuable material for selection [3-8].

At the same time, there are problems that reduce the effectiveness of this method and its widespread use in breeding practice. However, the

wide application of these technologies is limited by the existing two main problems associated with the genotypic dependence of plant regeneration and the formation of albino plants in many cases in rice anther and microspore cultures *in vitro*. Until now, the need to eliminate these restrictions has been and remains. This requires continued research on the optimization of cultivation technology, anther pretreatment and components of the nutrient medium.

### *Techniques of androgenesis in vitro*

There are two approaches to obtaining haploid plants by inducing androgenesis under aseptic conditions. The first is anther culture, in which isolated anthers are cultured on a solid nutrient medium. Second, microspores culture, in which pollen grains are released from the anther, and then cultivated on a liquid nutrient medium. Thus, in this article, the term androgenesis *in vitro* is used in a broad sense, including the culture of anthers and microspores.

### *Factors affecting the androgenesis of rice in vitro*

An analysis of the literature data revealed that the success of the cultivation of rice anthers and

microspores is influenced by numerous biological, chemical and physical factors.

Among the biological factors, androgenesis of rice *in vitro* is strongly influenced by the donor plant genotype, its physiological state and developmental stage of the male gametophyte.

Among the chemical factors influencing the success of androgenesis *in vitro* are the mineral composition of nutrient media, growth stimulants, vitamins and organic additives. Physical factors include the state (type) of the nutrient medium, temperature and radiation pretreatment of the planting material, temperature and light conditions of cultivation.

### **Biological factors**

*Donor plant genotype.* The genotype of the initial material is one of the important factors determining the positive results of cultivating isolated anthers and microspores. Therefore, the identification and selection of genotypes responsive to cultivation conditions is a primary task [9-12].

Due to the strong dependence on the genotype, some researchers suggest that the starting material for androgenesis should be crossed with well-regenerating varieties [13, 14]. Since this is not always possible, an alternative solution is to select optimal cultivation conditions for each individual rice genotype [15].

*Donor plant physiological state.* The physiological state of plants at the time of cultivation is one of the key factors influencing the induction of androgenesis *in vitro* [3-8, 11].

Healthy donor plants, their shoots and ears are the first important factors in the implementation of accelerated production of dihaploids. Two commonly used methods (controlled conditions in a greenhouse or phytotron chamber; favorable field conditions in the nursery) help breeders to work in this direction. Controlled light and temperature conditions (greenhouse, phytotron chamber) allow growing donor plants throughout the year [16].

Some researchers prefer materials grown in the field for their work. Generally, the capacity for androgenesis *in vitro* of anthers and microspores from donor plants harvested from the field is significantly superior to that of plants grown under controlled conditions. They form more shoots with a developed spike, large anthers and microspores inside the anthers [16].

This is mainly, as experiments show, the number of viable microspores formed in anthers depends on the donor plant physiological state and on the nutritional status of anther tissues [11].

*Phase of male gametophyte development.* The phase of development of pollen grains in anthers plays a decisive role in the induction of morphogenetic processes up to the production of haploid regenerants [3-8, 11]. Therefore, before cultivating anthers, it is necessary to determine the development stage of the male gametophyte. The stage of microspore development can be determined by morphological and cytoembryological characteristics [3, 11]. It was found that the level of starch content in microspores is the best cytological marker in comparison with other morphological features [12].

For rice, the best stage for the induction of embryogenesis is the middle or late single-core stage of microspore division [8, 17, 18]. Probably, microspores at this stage are poorly differentiated and have an increased morphogenetic potential for the induction of callusogenesis, embryogenesis and organogenesis and recovering of the whole plant [18].

It is important to note that in many cases, mononuclear microspores from the early to late stages of maturation of the male gametophyte are more responsive to the induction of androgenetic processes. However, the most appropriate stage of microspore development may differ for different genotypes.

### **Chemical factors**

*Components of the nutrient medium.* A very important factor affecting androgenesis *in vitro* is the components of the nutrient media. In particular, the concentration and combination of phytohormones or plant growth regulators (PGR) play a certain role. In various experiments, the addition of the following components is used: macro- and microelements, vitamins, carbohydrates, amino acids, activated carbon, various organic additives. Modified Murashige and Skoog [19], Gamborg B5 [20], N<sub>6</sub> [21] and others basic nutrient media are used for the cultivation of isolated anthers and microspores [3-8].

Carbohydrates are necessary in media for the cultivation of anthers and microspores as an energy source and as osmotic agents [18]. The use of one or another group of carbohydrates greatly influences the response of cultivated anthers. The correct choice of the carbon source greatly influences the reaction of the anther. A number of researchers have noticed that the use of maltose instead of sucrose has a positive effect on increasing the efficiency of induction of androgenesis in rice *in vitro* [11, 22].

Sucrose has a toxic effect on androgenesis *in vitro*. Since, when sucrose is added to the nutrient

medium, it breaks down with the formation of glucose and fructose. As is known, microspores are very sensitive to fructose [11].

The type and concentration of PGR in the induction nutrient medium is very important for changing the pathway of development of microspores from gametophytic to sporophytic. It has been established that not only the combination of growth regulators, but also the auxin/cytokinin balance play a significant role in the regulation of *in vitro* androgenesis in rice [3-8].

### **Physical factors**

*The physical state of the nutrient media.* Usually, rice anthers are cultivated on solid nutrient media. However, there is evidence that cultivation on a solid medium leads to increased necrosis of the anther tissue. Liquid nutrient media are often used to monitor anther and micropore that have limited access to nutrients and growth regulators [3-6, 8, 11, 12]. Agar is widely used as a gelling agent of solid nutrient media. It has also been shown that the replacement of agar with gelrite or starch increased the efficiency of androgenesis *in vitro* [11, 23].

*Pretreatment conditions of rice anthers for androgenesis in vitro.* According to literature data, pre-stress treatment of anthers plays a key role in reprogramming microspores to the path of sporophytes, which practically means the induction of embryogenesis *in vitro*.

It has been established that pre-treatment of planting material at low positive temperatures has a positive effect on the induction of androgenesis in rice. By inhibiting the processes of destruction of male gametophyte cells [3-6, 11, 24]. At the same time, it was noted that sensitivity to cold treatment varies among different genotypes. It has been shown that in rice, 8 days of cold stress at 8-10°C stimulates the induction of morphogenetic processes [25], and 11 days of pretreatment reduces the yield of albino seedlings [26]. In some cases, a combination of osmotic stress with cold pretreatment is used to

induce androgenesis *in vitro* in rice. It was found that changes in the level of endogenous auxin under osmotic stress caused by exposure to low positive temperatures increase the induction of callusogenesis [27]. In rice, pretreatment with cold can be partially replaced by sugar starvation to obtain the frequency of embryogenesis and regeneration of seedlings during androgenesis *in vitro* [28, 29].

The use of low doses of radiation improved callus induction and plant regeneration in resistant varieties but increasing the radiation dose had the opposite effect. It has been noted that the effectiveness of radiation exposure varies among different rice genotypes [32] and depended on the stage of development of the male gametophyte at the time of inoculation [33].

### **Conclusion**

The effectiveness of androgenesis *in vitro* depends on biological, chemical and physical factors, including: the genotype of the mother plants, the physiological state of the starting material, the degree of maturity of the male gametophyte, the composition and type of nutrient media, exposure to low temperatures and radiation.

To improve the efficiency of androgenesis *in vitro*, it is necessary to conduct a comprehensive study of the structural features and cellular mechanisms of the reprogramming processes of anther cells from gametophytic to sporophytic pathway and their responsiveness to cultivation *in vitro*, and this technology still requires the development of a universal nutrient medium for all rice genotypes.

### **Funding**

This research about rice androgenesis *in vitro* has funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan Program-targeted financing BR18574149 and AP14869300.

### **References**

1. Morinaga T., Fukushima E. Preliminary report on the haploid plant of rice, *Oryza sativa* L. // Proc. Imp. Acad. (Tokyo). – 1931. – No 7. – P. 383-384. <https://doi.org/10.2183/pjab1912.7.383>
2. Niizeki H, Oono K. Induction of haploid rice plant from anther culture // Proc Jpn Acad. – 1968. Vol. 44. – P. 554–557. <https://doi.org/10.2183/pjab1945.44.554>
3. Lantos C., Jancso M., Szekely A., Szaloki T., Venkatanagappa S., Pauk J. Development of *in vitro* anther culture for doubled haploid plant production in Indica Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes // Plants (Basel). – 2023. – Vol. 12, No 9. <https://doi.org/10.3390/plants12091774>

4. Kyum M., Kaur H., Kamboj A., Goyal L., Bhatia D. Strategies and prospects of haploid induction in rice (*Oryza sativa*) // *Plant Breeding*. – 2022. – Vol. 141, No 1. – P. 1-11. <https://doi.org/10.1111/pbr.12971>
5. Tripathy S.K., Lenka D., Prusti A.M., Mishra D., Swain D., Behera S.K. Anther culture in rice: Progress and breeding perspective // *Applied Biological Research*. – 2019. – Vol. 21, No 2. – P. 87-104. <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2019.00012.0>
6. Patra S., Mohanty P., Tripathy S.K. Scope of androgenesis for genetic improvement in rice // *Emergent Life Sciences Research*. – 2019. – No 5. P. 23-28. <https://doi.org/10.31783/elsr.2019.512328>
7. Tripathy S.K. Anther Culture for Double Haploid Breeding in Rice—a Way forward // *Rice Genomics and Genetics*. – 2018. – Vol. 9, No 1. – P. 1-6. <https://doi.org/10.5376/rgg.2018.09.0001>
8. Mishra R., Rao G.J.N. In-vitro androgenesis in rice: advantages, constraints and future prospects // *Rice Science*. – 2016. – Vol. 23, No 2. – P. 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.02.001>
9. Huang C.S., Tsay H.S., Chern C.G., Chen, C.C. Japonica rice breeding using anther culture // *Journal of Agriculture Research China*. – 1988. – Vol. 37, No 1. – P. 1-8. [https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/13524/1/journal\\_arc\\_37-1-1.pdf](https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/13524/1/journal_arc_37-1-1.pdf)
10. Bhojwani S.S., Pande H., Raina A. Factors Affecting Androgenesis in Indica Rice / Delhi, India: Department of Botany, University of Delhi. – 2001. [http://geb.unigiessen.de/geb/volltexte/2003/1238/pdf/FestschriftNeumann\\_06.pdf](http://geb.unigiessen.de/geb/volltexte/2003/1238/pdf/FestschriftNeumann_06.pdf)
11. Ruwani D.M., Mayakudua G., Silva, T.D. Anther culture as a supplementary tool for rice breeding / In: *Rice Crop – Current Developments*. – 2018. [doi:10.5772/intechopen.76157], 1-15. <https://www.intechopen.com/chapters/60519>
12. Mayakaduwa D.M., Silva T.D. A cytological indicator allows rapid assessment of microspore maturity, leading to improved in vitro anther response in Indica rice (*Oryza sativa* L.) // *In Vitro Cellular & Developmental Biology: Plant*. – 2017. – Vol. 53, No 6. – P. 591-597. DOI: 10.1007/s11627-017-9855-0. <https://doi.org/10.1007/s11627-017-9855-0>
13. Yan J., Xue Q., Zhu J. Genetic studies of anther culture ability in rice (*Oryza sativa*) // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 1996. – Vol 45. – P. 253-258.
14. Herath H.M.I, Bandara D.C., Samarajeewa P.K., Wijesundara D.S.A. Effect of low temperature pre-treatment on anther culture in selected indica, japonica rice varieties and their inter sub specific hybrids // *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*. – 2009. – Vol. 38, No 1. – P. 11-26.
15. Foroughi-Wehr B., Wenzel G. Andro- and parthenogenesis / In: Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I, Cerezo M, editors. *Plant Breeding-Principles and Prospects*. Dordrecht: Springer. – 1993. – P. 261-277.
16. Raina S.K., Zapata F.J. Enhanced anther culture efficiency of indica rice (*Oryza sativa* L.) through modification of the culture media // *Plant Breed*. – 1997. – Vol. 116, No 4. – P. 305-315. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1997.tb01004.x>
17. Niroula R.K., Bimb H.P. Effect of genotype and callus induction medium on green plant regeneration from anther of Nepalese rice cultivars // *Asian Journal of Plant Sciences*. – 2009. – No 8. – P. 368-374.
18. Germana M.A. Anther culture for haploid and doubled haploid production // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. – 2011. – Vol. 104. – P. 283-300. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9852-z>
19. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures // *Physiologia Plantarum*. – 1962. – Vol. 15, No 3. – P. 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052>
20. Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima K. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells // *Experimental Cell Research*. – 1968. – Vol. 50, No 1. – P. 151-158. [https://doi.org/10.1016/0014-4827\(68\)90403-5](https://doi.org/10.1016/0014-4827(68)90403-5)
21. Chu C.C. The N6 medium and its applications to anther culture of cereal crops / In *Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture*. Science Press. – 1978. – P. 43-50
22. Lentini Z., Reyes P., Martinez C.P., Roca W.M. Androgenesis of highly recalcitrant rice genotypes with maltose and silver nitrate // *Plant Science* – 1995. – Vol. 110. – P. 127-138. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(95\)04180](https://doi.org/10.1016/0168-9452(95)04180)
23. Gill R., Kaur N., Sindhu A.S., Bharaj T.S., Gosal S.S. Improved methods for anther and pollen culture in rice / *Advances in Rice Genetics*. Philippines: International Rice Research Institute. – 2000. – P. 503-505.
24. Matsushima T., Kikuchi S., Takaiwa F., Oono K. Regeneration of plants by pollen culture in rice (*Oryza sativa* L.) // *Plant Tissue Culture*. – 1988. – Vol. 5. – P. 78-81. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology1984.5.78>
25. Zapata-Arias F.J. Laboratory protocol for anther culture technique in rice / In: Maluszynski M., Kasha K.J., Forster B.P., Szarejko I., editors. *Doubled Haploid Production in Crop Plants, a Manual*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. – 2003. – P. 109-116. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-1293-4\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-017-1293-4_17)
26. Gupta H.S., Borthakur D.N. Improved rate of callus induction from rice anther culture following microscopic staging of microspores in iron alum-haematoxylin // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1987. – Vol 74. – P. 95-99. <https://doi.org/10.1007/BF00290090>
27. Lee S.T., Huang W.L. Osmotic stress stimulates shoot organogenesis in callus of rice (*Oryza sativa* L.) via auxin signaling and carbohydrate metabolism regulation // *Plant Growth Regulation*. – 2014. – Vol. 73. – P. 193-204. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9880-x>
28. Raina S.K., Irfan S.T. High frequency embryogenesis and plantlet regeneration from isolated microspores of indica rice // *Plant Cell Reports*. – 1998. – Vol. 17. – P. 957-962. <https://doi.org/10.1007/s002990050517>
29. Shariatpanahi M.E., Bal U., Heberle-Borsa, E., Touraev A. Stresses applied for the re-programming of plant microspores towards in vitro embryogenesis // *Physiologia Plantarum*. – 2006. – Vol. 127. – P. 519-534.
30. Chen Q.F., Wang C.L., Lu Y.M., Shen M., Afza R., Duren M.V., Brunner H. Anther culture in connection with induced mutations for rice improvement // *Euphytica*. – 2001. – Vol.120, No 3. – P. 401-408. <https://doi.org/10.1023/A:1017518702176>
31. Mkuya M.S., Hua-min S., Wen-zhen L., Zong-xiu S. Effect of 137Cs gamma rays to panicles on rice anther culture. *Rice Science*. – 2005. – Vol. 12, No 4. – P. 299-302. <http://www.ricesci.org/CN/Y2005/V12/I4/299>



32. Aldemita R.R., Zapata F.J. Anther culture of rice: effects of radiation and media components on callus induction and plant regeneration // *Cereal Research Communications*. – 1991. – Vol. 19, No 1/2. – P. 9–32. <http://www.jstor.org/stable/23783734>.
33. Nakamura K., Hattori K. Effect of <sup>60</sup>Co gamma-ray irradiation at different culture stages on rice anther culture // *Breeding Sci.* – 1997. – Vol. 47, No 2. – P. 101–105. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.47.101>

### References

1. Aldemita, R.R., Zapata, F.J. (1991). Anther culture of rice: effects of radiation and media components on callus induction and plant regeneration. *Cereal Research Communications* 19 (1/2): 9–32. <http://www.jstor.org/stable/23783734>.
2. Bhojwani, S.S., Pande, H., Raina, A. (2001). Factors Affecting Androgenesis in Indica Rice / Delhi, India: Department of Botany, University of Delhi. [http://geb.unigiessen.de/geb/volltexte/2003/1238/pdf/FestschriftNeumann\\_06.pdf](http://geb.unigiessen.de/geb/volltexte/2003/1238/pdf/FestschriftNeumann_06.pdf)
3. Chen, Q.F., Wang, C.L., Lu, Y.M., Shen, M., Afza, R., Duren, M.V., Brunner, H. (2001). Anther culture in connection with induced mutations for rice improvement / *Euphytica*. 120(3), 401-408. <https://doi.org/10.1023/A:1017518702176>
4. Chu, C.C. (1978) The N6 medium and its applications to anther culture of cereal crops. In *Proceedings of Symposium on Plant Tissue Culture*. Science Press, 43-50
5. Foroughi-Wehr, B., Wenzel, G. (1993). Andro- and parthenogenesis. In: Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I, Cerezo M, editors. *Plant Breeding-Principles and Prospects*. Dordrecht: Springer, 261-277.
6. Gamborg, O.L., Miller, R.A., Ojima, K. (1968). Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*. 50 (1): 151–158. [https://doi.org/10.1016/0014-4827\(68\)90403-5](https://doi.org/10.1016/0014-4827(68)90403-5)
7. Germana, M.A. (2011). Anther culture for haploid and doubled haploid production. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 104, 283-300. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9852-z>
8. Gill, R., Kaur, N., Sindhu, A.S., Bharaj, T.S., Gosal, S.S. (2000). Improved methods for anther and pollen culture in rice. *Advances in Rice Genetics*. Philippines: International Rice Research Institute, 503-505.
9. Gupta, H.S., Borthakur, D.N. (1987). Improved rate of callus induction from rice anther culture following microscopic staging of microspores in iron alum-haematoxylin. *Theoretical and Applied Genetics*. 74:95-99. <https://doi.org/10.1007/BF00290090>
10. Herath, H.M.I, Bandara, D.C., Samarajeewa, P.K., Wijesundara, D.S.A. (2009) Effect of low temperature pre-treatment on anther culture in selected indica, japonica rice varieties and their inter sub specific hybrids. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, 38(1): 11-26.
11. Huang, C.S., Tsay, H.S., Chern, C.G., Chen, C.C. (1988). Japonica rice breeding using anther culture. *Journal of Agriculture Research China*. 37(1), 1-8. [https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/13524/1/journal\\_arc\\_37-1-1.pdf](https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/13524/1/journal_arc_37-1-1.pdf)
12. Kyum, M., Kaur, H., Kamboj, A., Goyal, L., Bhatia, D. (2022). Strategies and prospects of haploid induction in rice (*Oryza sativa*). *Plant Breeding*, 141(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/pbr.12971>
13. Lantos, C., Jancso, M., Szekely, A., Szaloki, T., Venkatanagappa, S., Pauk, J. (2023). Development of in vitro anther culture for doubled haploid plant production in Indica Rice (*Oryza sativa* L.). *Genotypes*. *Plants (Basel)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/plants12091774>
14. Lee, S.T., Huang, W.L. (2014). Osmotic stress stimulates shoot organogenesis in callus of rice (*Oryza sativa* L.) via auxin signaling and carbohydrate metabolism regulation. *Plant Growth Regulation*. 73, 193-204. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9880-x>
15. Lentini, Z., Reyes, P., Martinez, C.P., Roca, W.M. (1995). Androgenesis of highly recalcitrant rice genotypes with maltose and silver nitrate. *Plant Science*, 110, 127-138. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(95\)04180](https://doi.org/10.1016/0168-9452(95)04180)
16. Matsushima, T., Kikuchi, S., Takaiwa, F., Oono, K. (1988) Regeneration of plants by pollen culture in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Tissue Culture*. 5:78-81. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology1984.5.78>
17. Mayakaduwa, D.M., Silva, T.D. (2017). A cytological indicator allows rapid assessment of microspore maturity, leading to improved in vitro anther response in Indica rice (*Oryza sativa* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology: Plant*. 53(6), 591-597. DOI: 10.1007/s11627-017-9855-0. <https://doi.org/10.1007/s11627-017-9855-0>
18. Mishra, R., Rao, G.J.N. (2016). In-vitro androgenesis in rice: advantages, constraints and future prospects, *Rice Science*, 23(2), 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.02.001>
19. Mkuya, M.S., Hua-min, S., Wen-zhen, L., Zong-xiu, S. (2005). Effect of <sup>137</sup>Cs gamma rays to panicles on rice anther culture. *Rice Science*. 12(4), 299-302. <http://www.ricesci.org/CN/Y2005/V12/I4/299>
20. Morinaga, T., Fukushima, E. (1931). Preliminary report on the haploid plant of rice, *Oryza sativa* L. *Proc. Imp. Acad. (Tokyo)*, 383-384. <https://doi.org/10.2183/pjab1912.7.383>
21. Murashige, T., Skoog F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15 (3): 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052>
22. Nakamura, K., Hattori, K. 1997. Effect of <sup>60</sup>Co gamma-ray irradiation at different culture stages on rice anther culture. *Breeding Sci* 47(2): 101-105. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.47.101>
23. Niizeki H, Oono K. (1968). Induction of haploid rice plant from anther culture. *Proc Jpn Acad*. 44, 554–557. <https://doi.org/10.2183/pjab1945.44.554>
24. Niroula, R.K., Bimb, H.P. (2009). Effect of genotype and callus induction medium on green plant regeneration from anther of Nepalese rice cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8, 368-374.
25. Patra, S., Mohanty, P., Tripathy, S.K. (2019). Scope of androgenesis for genetic improvement in rice. *Emergent Life Sciences Research*, 5, 23-28. <https://doi.org/10.31783/elsr.2019.512328>

26. Raina, S.K., Irfan, S.T. (1998). High frequency embryogenesis and plantlet regeneration from isolated microspores of indica rice / *Plant Cell Reports*. 17, 957-962. <https://doi.org/10.1007/s002990050517>
27. Raina, S.K., Zapata, F.J. (1997). Enhanced anther culture efficiency of indica rice (*Oryza sativa* L.) through modification of the culture media. *Plant Breed*, 116(4), 305-315. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1997.tb01004.x>
28. Ruwani, D.M., Mayakudua, G., Silva, T.D. (2018). Anther culture as a supplementary tool for rice breeding. In: *Rice Crop – Current Developments*. [doi:10.5772/intechopen.76157], 1-15. <https://www.intechopen.com/chapters/60519>
29. Shariatpanahi, M.E., Bal, U., Heberle-Borsa, E., Touraeva, A. (2006). Stresses applied for the re-programming of plant microspores towards *in vitro* embryogenesis. *Physiologia Plantarum*. 127, 519-534.
30. Tripathy, S.K. (2018) Anther Culture for Double Haploid Breeding in Rice—a Way forward. *Rice Genomics and Genetics* 9(1): 1-6. <https://doi.org/10.5376/rgg.2018.09.0001>
31. Tripathy, S.K., Lenka, D., Prusti, A.M., Mishra, D., Swain, D., Behera, S.K. (2019). Anther culture in rice: Progress and breeding perspective / *Applied Biological Research*. 21(2), 87-104. <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2019.00012.0>
32. Yan, J., Xue, Q., Zhu, J. (1996). Genetic studies of anther culture ability in rice (*Oryza sativa*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 45, 253-258.
33. Zapata-Arias, F.J. (2003). Laboratory protocol for anther culture technique in rice. In: Maluszynski M., Kasha K.J., Forster B.P., Szarejko I., editors. *Doubled Haploid Production in Crop Plants, a Manual*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 109-116. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-1293-4\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-017-1293-4_17)

#### **Information about authors:**

*Mukhambetzhano Serik (corresponding author) — Candidate of Biological Sciences, <sup>1</sup> Senior Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan; <sup>2</sup> Senior Lecture of the Department of Biotechnology of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: serik\_m65@list.ru).*

*Usenbekov Bakdaulet – Candidate of Biological Sciences, <sup>1</sup> Head of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan; <sup>2</sup> Associate Professor of the Department of Molecular Biology and Genetics of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: bakdaulet7@yandex.ru).*

*Mynbayeva Dana – Master of Biology, <sup>1</sup> Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan; <sup>2</sup> PhD student (specialty 8D04105 – Genetics) of the Department of Molecular Biology and Genetics of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: dana\_1206@mail.ru).*

*Amirova Aigul – Candidate of Biological Sciences, <sup>1</sup> Senior Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan; <sup>2</sup> Associate Professor of the Department of Molecular Biology and Genetics of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: aigul\_amir@mail.ru).*

*Berkimbay Khorlan – Master of Biology, Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: b.horlan@bk.ru).*

*Ospanova Asem – Master's Student of the Department of Molecular Biology and Genetics of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: opnv.ase@gmail.com).*

*Turganova Chinara – Master's Student of the Department of Molecular Biology and Genetics of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: chinarturganova@gmail.com).*

#### **Авторлар туралы мәлімет:**

*Мұхамбетжанов Серік (корреспондент автор) – Биология ғылымдарының кандидаты, <sup>1</sup> Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының аға ғылыми қызметкері; <sup>2</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биотехнология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: serik\_m65@list.ru).*

*Үсенбеков Бақдәулет – Биология ғылымдарының кандидаты, <sup>1</sup> Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институтының Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының меңгерушісі; <sup>2</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ молекулалық биология және генетика кафедрасының доценті (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: bakdaulet7@yandex.ru).*

*Мыңбаева Дана – Биология ғылымдарының магистрі, <sup>1</sup> Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті Өсімдіктердің биологиясы және биотехнологиясы институтының Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының ғылыми қызметкері; <sup>2</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Молекулалық биология және генетика кафедрасының PhD докторанты (8D04105 – Генетика мамандығы) (Алматы, Қазақстан, email: dana\_1206@mail.ru).*

*Әмірова Айгүл – Биология ғылымдарының кандидаты, <sup>1</sup> Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің Өсімдіктердің биологиясы және биотехнологиясы институты Өсімдіктер физиология-*

сы және биохимиясы зертханасының аға ғылыми қызметкері; <sup>2</sup> әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Молекулалық биология және генетика кафедрасының доценті (Алматы, Қазақстан, email: aigul\_amir@mail.ru).

Беркімбай Хорлан – биология магистрі, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институтының Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: b.horlan@bk.ru).

Оспанова Әсем – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Молекулалық биология және генетика кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: ornv.aset@gmail.com).

Турганова Чинара – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ молекулалық биология және генетика кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, электрондық пошта: chinaraturganova@gmail.com).

Received December 2, 2023  
Re-uploaded January 10, 2024  
Accepted February 20, 2024

**Б.Н. Шамшиев<sup>1</sup>** , **А. Боромбаев<sup>1</sup>** , **З.И. Молошев<sup>2</sup>** ,  
**А.Н. Пернеев<sup>1</sup>** , **Ж. Карабаев<sup>3\*</sup>** 

<sup>1</sup>Ошский технологический университет имени М. Адышева, Кыргызстан, г. Ош

<sup>2</sup>Жалал-Абадский научный центр, Национальная Академия наук Республики Кыргызстан, Кыргызстан, г. Жалал-Абад

<sup>3</sup>Кыргызско-Узбекский международный университет имени Б. Сыдыкова, Кыргызстан, г. Ош

\*e-mail: shamshi – bak24@mail.ru

## **АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КЫРГЫЗСТАНА**

Одним из основных направлений экологической политики Кыргызстана, является создание и развитие особо охраняемых природных территорий, играющих важную роль в обеспечении экологической безопасности в каждом регионе страны. Неустойчивые социально – экономические преобразования в Кыргызстане и в регионах обусловили увеличение пресса на природную среду. На территории республики усилились процессы интенсивного освоения земель, распашка, эрозия почв, загрязнение воды и атмосферного воздуха, произошла деградация и сокращение естественных ландшафтов. В этих условиях назрела необходимость определения стратегии дальнейшего развития ООПТ Кыргызстана, изыскание новых подходов и моделей управления ими. Целью исследований является анализ современного состояния системы особо охраняемых природных территорий Кыргызстана, выявление сильных и слабых сторон управления системой и разработка перспективных направлений ее развития. Собрана и проанализирована информация об экологическом состоянии качественных и количественных показателей особо охраняемых природных территорий Кыргызстана. Анализ полученной информации свидетельствует о достижении существенных результатов в деле организации и функционирования особо охраняемых природных территорий Кыргызстана. Наряду с положительными сторонами освещаемого вопроса были выявлены проблемы, требующие незамедлительного решения. На основе проведенного анализа проблем природно – заповедного фонда, предложены рекомендации по оптимизации дальнейшей деятельности и совершенствованию системы особо охраняемых природных территорий республики

**Ключевые слова:** экология, особо охраняемые природные территории, заказники, памятники природы, сеть особо охраняемых природных территорий.

B.N. Shamshiev<sup>1</sup>, A. Borombaev<sup>1</sup>, Z.I. Moloshev<sup>2</sup>,  
A.N. Perneev<sup>1</sup>, Zh. Karabaev<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Osh Technological University named after M. Adyshev, Kyrgyzstan, Osh

<sup>2</sup>Jalal-Abad Scientific Center, National Academy of Sciences of the Republic of Kyrgyzstan, Kyrgyzstan, Jalal-Abad

<sup>3</sup>Kyrgyz-Uzbek International University named after B. Sydykov, Kyrgyzstan, Osh

\*e-mail: shamshi – bak24@mail.ru

### **Analysis of the ecological status and prospects for the development of specially protected natural territories of Kyrgyzstan**

One of the main directions of Kyrgyzstan's environmental policy is the creation and development of specially protected natural areas, which play an important role in ensuring environmental safety in each region of the country. Unstable socio – economic transformations in Kyrgyzstan and in the regions have led to an increase in pressure on the natural environment. Intensive land development, plowing, soil erosion, water and atmospheric air pollution have intensified on the territory of the republic, degradation and reduction of natural landscapes have occurred. In these conditions, there is a need to define a strategy for the further development of protected areas of Kyrgyzstan, to find new approaches and models for their management. The purpose of the research is to analyze the current state of the system of specially protected natural territories of Kyrgyzstan, identify the strengths and weaknesses of the man-



agement system and develop promising directions for its development. Information on the ecological status of qualitative and quantitative indicators of specially protected natural territories of Kyrgyzstan has been collected and analyzed. The analysis of the information received indicates that significant results have been achieved in the organization and functioning of specially protected natural territories of Kyrgyzstan. Along with the positive aspects of the covered issue, problems requiring immediate solution were identified. Based on the analysis of the problems of the nature reserve fund, recommendations are proposed for optimizing further activities and improving the system of specially protected natural territories of the republic.

**Key words:** ecology, specially protected natural areas, nature reserves, natural monuments, network of specially protected natural areas.

Б.Н. Шамшиев<sup>1</sup>, А. Боромбаев<sup>1</sup>, З.И. Молошев<sup>2</sup>,  
А.Н. Пернеев<sup>1</sup>, Ж. Карабаев<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>М. Адышев атындағы Ош технологиялык университеті, Кыргызстан, Ош к.

<sup>2</sup>Жалал-Абад ғылыми орталығы Ұлттық Ғылым академиясы Кыргызстан, Жалал-Абад к.

<sup>3</sup>Б. Сыдықов атындағы Кыргыз-Өзбек халықаралық университеті, Кыргызстан, Ош к.

\*e-mail: shamshi – bak24@mail.ru

### Кыргызстанның ерекше қорғалатын табиғи аумақтарының экологиялық жағдайы мен даму перспективаларын талдау

Кыргызстанның экологиялық саясатының негізгі бағыттарының бірі еліміздің әрбір өңірінде экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаратын ерекше қорғалатын табиғи аумақтарды құру және дамыту болып табылады. Кыргызстан мен аймақтардағы тұрақсыз әлеуметтік – экономикалық өзгерістер табиғи ортаға баспасөздің көбеюіне себеп болды. Республика аумағында жерді қарқынды игеру, жер жырту, Топырақ эрозиясы, су мен атмосфералық ауаның ластануы күшейіп, табиғи ландшафттардың тозуы мен қысқаруы байқалды. Бұл жағдайда Кыргызстанның ЕҚТА – ны одан әрі дамыту стратегиясын анықтау, оларды басқарудың жаңа тәсілдері мен модельдерін іздеу қажеттілігі туындады. Зерттеудің мақсаты Кыргызстанның ерекше қорғалатын табиғи аумақтары жүйесінің қазіргі жағдайын талдау, жүйені басқарудың күшті және әлсіз жақтарын анықтау және оны дамытудың перспективалық бағыттарын әзірлеу болып табылады. Кыргызстанның ерекше қорғалатын табиғи аумақтарының сапалық және сандық көрсеткіштерінің экологиялық жағдайы туралы ақпарат жиналды және талданды. Алынған ақпаратты талдау Кыргызстанның ерекше қорғалатын табиғи аумақтарын ұйымдастыру және жұмыс істеу ісінде елеулі нәтижелерге қол жеткізгенін күеландырады. Жарияланатын мәселенің оң жақтарымен қатар, дереу шешуді талап ететін проблемалар анықталды. Табиғи – қорық қорының проблемаларына жүргізілген талдау негізінде республиканың ерекше қорғалатын табиғи аумақтары жүйесінің одан әрі қызметін оңтайландыру және жетілдіру жөнінде ұсынымдар ұсынылды.

**Түйін сөздер:** экология, ерекше қорғалатын табиғи аумақтар, қорықтар, табиғат ескерткіштері, ерекше қорғалатын табиғи аумақтар желісі.

### Введение

Кыргызстан – это горная страна, не имеющая выхода к морю и расположенная в восточной части Центрально – Азиатского региона. В рельефе страны преобладают острые горные вершины с ледниками и долинами. Около 90 процентов территории Кыргызстана расположено на высоте 1500 метров над уровнем моря. Одним из основных направлений экологической политики Кыргызстана является создание и развитие особо охраняемых природных территорий, которые играют важную роль в обеспечении экологической безопасности в каждом регионе страны. В международной природоохранной практике наличие отраслей ООПТ разного уровня (между-

народная, федеральная, региональная и местная) – понятие не новое [1]. В то же время региональный уровень, как правило, имеет большую площадь и выполняет важнейшие природоохранные функции в странах, где земля исторически принадлежала государству. Для сравнения, в европейских странах ООПТ занимают в среднем 10 – 15% от общей площади [2]. Отдельные природные территории республики носят статус особо охраняемых. Их цель – сберечь уникальные природные образования, поддержать биологическое и ландшафтное разнообразие, сохранить генофонд диких растений и животных [3].

Нынешняя система особо охраняемых природных территорий Кыргызстана сложилась в условиях общегосударственной собственности

на землю и централизованного управления, в связи с этим эта система природопользования не отвечает современным требованиям. Социально – экономические изменения в Кыргызстане и в регионах вызывают усиление давления на природную среду, в частности усилились процессы интенсивного освоения земель, вспашки, эрозии почв, загрязнения воды и атмосферного воздуха, происходят деградации и истощение природных объектов. В таких условиях необходимо определение стратегии дальнейшего развития ООПТ Кыргызстана для нахождения новых методов и моделей управления ими [4].

Целью наших исследований является проведение анализа современного состояния системы особо охраняемых природных территорий Кыргызстана, выявление сильных и слабых сторон управления системой и разработка перспективных направлений ее развития.

### **Материалы и методы исследования**

В настоящее время существует различные методы, позволяющие определять природные процессы или явления. Основу научных исследований составляет проведение многолетнего мониторинга, в задачу которого входит максимальное слежение изменения природных комплексов на ООПТ в течение времени. Оценка эффективности мер охраны территории в целом позволит планировать задачи.

Материалы и методика исследования состоит из нескольких частей, каждая из которых предназначена для оценки отдельных ООПТ и их природоохранных функций, которая нами использована для оценки их сравнительного анализа. Она включает методы оценки региональных систем ООПТ и предварительной оценки всех образующих их категорий ООПТ, представленным в табличной форме [5]. Анализ прогностической оценки природоохранных функций и эффективности перспективных систем ООПТ, а методика базируется на экспертной оценке набора исходных (базовых) показателей, осуществляющейся в соответствии с предложенными категориями ООПТ [6].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Современная система ООПТ Кыргызстана формировалась на протяжении многих лет, и в соответствии с классификацией, принятой Международным союзом охраны природы

(МСОП) относятся к 4 категориям: I категория – заповедники, где запрещена какая – либо хозяйственная и иная деятельность, нарушающая естественное развитие природных комплексов. На начало 2021 года общая площадь особо охраняемых природных территорий составила 1305,3 тыс. гектаров (6,5 процента от всей территории страны) [7].

На начало 2021 года в мире на особо охраняемых природных территориях число зарегистрированных охраняемых животных составило более 67 тысяч (из них более 16 тысяч краснокнижные), более 60 тысяч птиц (около 5 тысяч краснокнижные). Произрастало около 11 тысяч видов различных растений [8].

По итогам национальной инвентаризации лесов 2011 года, общая площадь лесного фонда Кыргызской Республики составляет 2,6 млн. гектаров, из которой на площадь, покрытую лесом, приходится 1,1 млн. гектаров, или 5,6 процента от общей площади страны. Регулярно осуществляются лесовосстановительные работы в лесах государственного значения. В последние годы на территории республики лесовосстановление проводится на площади в пределах 10 тысяч гектаров. Около 50 процентов площади лесовосстановления приходится на территорию Джалал – Абадской области, около трети – на территорию Ошской и Нарынской областей [9].

В среднем по республике в городах и населенных пунктах на 1 000 человек приходится 1,5 гектара зеленых насаждений. На фоне стабильного значения данного показателя в регионах, в городе Бишкек и Иссык – Кульской области наблюдается его снижение. Как одно из следствий, в 2020 году зафиксировано превышение числа случаев предельной допустимой концентрации диоксида азота в промышленных районах города Бишкек (32 процента к общему числу наблюдений), а также в спальных районах (15 процентов к общему числу наблюдений) [10].

В настоящее время на территории республики располагается 11 государственных природных заповедников и 13 государственных природных парков [11]. Наблюдается расширение площади особо охраняемых природных территорий. Так, в 2016 году приняты постановления Правительства Кыргызской Республики об образовании государственных природных парков – «Хан – Тенири» и «Алатай». Динамика показателей, характеризующих состояние количественных показателей ООПТ Кыргызстана, представлена в таблице 1 и на рисунке 1.



Рисунок 1 – Карта особо охраняемых природных территорий Кыргызстана

Таблица 1 – Динамика площадей особо охраняемых природных территорий Кыргызстана (ООПТ) (2010–2017 гг.)

Показатели	2010	2015	2016	2017
Число природных заповедников	10	11	11	11
их площадь, тыс. га	503,9	608.6	608.6	608.6
Число государственных природных парков	9	10	11	13
их площадь, тыс. га	300,0	392,0	724,7	724,7
Доля в общей площади страны, в процентах	4,0	4,7	6,5	6,5

Наиболее действенными в деле охраны видов и биологических сообществ остаются заповедники, но они также распределены неравномерно. По числу заповедников наибольшее число находится в Джалал – Абадской области – 4 заповедника (Сары – Челекский, Беш – Аральский, Падыша – Атинский и Дашманский). По два заповедника – в Иссык – Кульской (Иссык – Кульский и Сарычат – Эрташский) и Нарынской (Нарынский и Каратал – Жапырыкский) областях. По одному в остальных областях в Ошской

(Кулунатинский), Баткенской (Сурматашский) и Таласской (Карабууринский) [12]. Характеристика заповедников Кыргызстана представлена в таблице 2.

II Категория – национальные природные парки, их в Кыргызстане – 9. Общая площадь национальных природных парков составляет 287,2 тыс.га, в которых установлен дифференцированный по участкам режим охраны (заповедный, зоны отдыха и т.д.) и использования природных комплексов;

Таблица 2 – Государственные заповедники Кыргызской Республики

№	Название	Площадь, га	Год образования
1	Сары – Челекский биосферный заповедник	23868	1959
2	Беш – Аральский государственный заповедник	112018	1979
3	Нарынский государственный заповедник	91023,5	1983
4	Каратал – Жапырыкский государственный заповедник	36449	1994
5	Иссык – Кульский государственный заповедник	19661	1948
6	Сарычат – Эрташский государственный заповедник	134140	1995
7	Падышатынский государственный заповедник	30556,4	2003
8	Кулунатинский государственный заповедник	27434,2	2004
9	Карабурунский государственный заповедник	59067	2005
10	Сурматашский государственный заповедник	66194	2009
11	Дашманский государственный заповедник	8189,6	2012
	Итого:	608600,7	–

Государственные природные парки (ГПП) обеспечивают выполнение следующих основных задач: сохранение ландшафтов, водных объектов, флоры, фауны, памятников истории и культуры, создание условий для развития туриз-

ма, отдыха, знакомства с природой национального парка, разработки и внедрения научных методов сохранения природных комплексов в условиях рекреационного природопользования (Таблица 3) [13].

Таблица 3 – Государственные национальные парки КР

№	Название национального парка	Год образования	Площадь, га
1	<u>Ала – Арча</u>	1976	16484,5
2	Кыргыз – Ата	1992	11172,0
3	<u>Беш – Таш</u>	1996	13731,5
4	<u>Кара – Шоро</u>	1996	14440,2
5	Караколский национальный парк	1997	38095,3
6	Чонг – Кемин	1997	123654,0
7	<u>Саймалуу – Таш</u>	2001	32007,2
8	Салкын – Тор	2001	10419,0
9	Саркент	2009	39999,4
10	<u>Кара – Буура</u>	2013	61543,9
11	Кан – Ачуу	2015	30496,5
12	Алатайский национальный парк	2016	56826,4
13	Хан – Тенири	2016	275800,3

В настоящее время ведется работа по организации природных парков «Алай» в Ошской области (368,4 тыс.га), «Хан – Тенгри» в Иссык – Кульской области (187,5 тыс.га), и ГПП «Авлетим – Ата» (более 45,0 тыс.га), расширению территории Падышатынского госзаповедника (на 15,8 тыс.га).

Памятники природы (тип особо охраняемых природных территорий) – единственные в своём роде, невозполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного или искусственного происхождения [14].



Таблица 4 – Памятники природы Кыргызстана

Водопад Абшир – Ата	Аджидаар – Ункюр
Пещера Ала – Мышык	Каньон Ат – Баши
Пещера Большие Ворота (Бариты)	Водопад Барскаун
Пещера Чиль – Майрам	Чиль – Устун
Каньон Данги	Скалы Джети – Огуз
Пещера Джийдели	Кан – и – Гут
Скалы Кара – Жыгач	Когучкон – Сугат (Пиджин)
Каньон Кок – Джерти	Пещера Согон – Таш
Водопад Тегерек	Водопад Ысык – Ата

В качестве памятника природы может охраняться водопад, метеоритный кратер, необычное геологическое обнажение, пещера или, например, редкое дерево. Иногда к памятникам природы относят территории значительных размеров – леса, горные хребты, участки побережий и долин. На территории Памятника природы не выделены зоны с различными режимами охраны и использования. В его границах запрещается всякая хозяйственная деятельность, угрожающая сохранению и состоянию охраняемых природных комплексов и отдельных видов животного и растительного мира. В таком случае они именуются урочищами или охраняемыми ландшафтами (таблица 4). На территории памятника природы разрешается без нанесения ущерба охраняемым природным комплексам проведение мероприятий: природоохранных (проведение необходимых природоохранных и противопожарных мероприятий в соответствии с лесохозяйственным регламентом и лесным планом); научных (проведение НИР и экологи-

ческого мониторинга, в том числе с изъятием биологических ресурсов в незначительных объемах); эколого – просветительских (проведение учебно – познавательных экскурсий, создание и обустройство экологических учебных троп, снятие видеофильмов, фотографирование с целью выпуска полиграфической продукции); рекреационных (экскурсионно – туристическая и рекреационная деятельность, в том числе купание в традиционно сложившихся местах, любительский лов рыбы) [15].

Государственные заказники создаются в целях сохранения, воспроизводства, восстановления природных комплексов и отдельных компонентов его составляющих для выполнения, поставленных перед заказником природоохранных задач. В общем, на декабрь 2009 года в Кыргызстане было образовано 10 лесных, 23 ботанических, 19 геологических, 2 комплексных и 14 охотничьих (зоологических) заказников общей площадью 241 498,7 гектаров (Таблица 5) [16].

Таблица 5 – Государственные заказники КР

Лесные заказники	Охотничьи (зоологические) заказники	Ботанические заказники	
Батраханский лесной заказник,	Заказник «Акбуура»	Байдамтальский ботанический заказник	Чаткальский ботанический заказник
Белулинский лесной заказник,	Чичканский заказник	Ботанический заказник «Чанах»	Чырагданский ботанический заказник
Дашманский лесной заказник,	Заказник «Жазы»	Джан – Чактинский ботанический заказник	Ботанический заказник «Джелтибес»
Жылгындынский лесной заказник	Джергальчакский заказник	Ботанический заказник «Джен – Джибес»	Хайдаркенский ботанический заказник
Лесной заповедник «Иырисуу»,	Заказник «Гульча»	Кош – Текирский ботанический заказник	Кыргызатинский ботанический заказник

Продолжение таблицы

Лесные заказники	Охотничьи (зоологические) заказники	Ботанические заказники	
Кайыңдынский лесной заказник,	Заказник «Кен – Суу»	Кыргыз – Гавский ботанический заказник	Кыныш (Чанач) ботанический заказник
Куру – Кульский лесной заказник,	Заказник «Сандалаша»	Ботанический заказник «Лейлек»	Ботанический заказник «Минкуш»
Лесной заказник «Мескен – Сай»,	Заказник «Тогуз – Торо»	Заказник «Гора Айгуль – Таш»	Ойкаинский ботанический заказник
Лесной заказник «Узун – Акмат»,	Тюпский заказник	Сары – Могольский ботанический заказник	Сулюктинский ботанический заказник
	Комплексные заказники		
Ак – Сууский комплексный заказник		Таласский комплексный заказник	

Особо охраняемые природные территории (ООПТ), занимают в современный период особую роль в инновационном развитии Кыргызстана, предполагающее поиск новых источников для ускорения экономического роста.

Эффективное управление инновационной деятельностью ООПТ различных категорий не только важнейший фактор развития производственного потенциала, но и необходимое условие обеспечения устойчивого развития Кыргызстана в XXI веке. Традиционный круг вопросов, связанных с анализом текущего состояния и перспективами использования потенциала ООПТ, определило внимание исследователей к проблемам формирования механизмов управления устойчивым инновационным развитием регионов, внедрения организационно – экономических инноваций в процессы управления деятельностью ООПТ, разработки критериев для оценки эффективности взаимосвязей экономических субъектов в целях устойчивого инновационного развития.

Реализация такого подхода тесно связана с развитием институциональных форм, эффективных структур и систем управления инновационной деятельностью ООПТ, способствующих их становлению в качестве полноправного субъекта инновационного развития отдельных регионов и республики в целом.

Проведённый анализ показывает, что основой для решения проблем стимулирования инновационной деятельности может стать использование кластера – особой институциональной формы, представляющей эффективный инструмент развития отраслей и регионов, способствующий трансферу знаний и созданию синерге-

тического эффекта от деятельности всех его участников.

Необходимость поиска современных форм и направлений инновационного процесса в целях обеспечения устойчивого экономического роста на региональном уровне и объективная потребность в совершенствовании механизмов управления развитием ООПТ для стимулирования инновационной деятельности определили актуальность нашего исследования.

Проблемы управления инновационной деятельностью ООПТ пока не получили достаточного отражения в научной литературе. Вместе с тем некоторые вопросы управления и развития ООПТ, инноваций в управлении природопользованием, устойчивого инновационного развития рассматриваются в контексте нескольких экономических направлений (инновационный менеджмент, региональная экономика, экономика природопользования, экономическая география, экологический менеджмент) [17].

Разработка комплекса научно – обоснованных и практически значимых предложений по формированию системы управления инновационной деятельностью ООПТ на основе создания новых институциональных форм и структур управления является сейчас очень важным. Для осуществления этой цели необходимо последовательное решение следующих основных задач:

- проанализировать существующие научно – методологические основания теории инноваций для исследования системы управления устойчивым инновационным развитием ООПТ;
- рассмотреть особенности инновационной деятельности ООПТ в целях решения социально – экономических проблем региона;

– охарактеризовать сущность и виды организационно – экономических инноваций в системе управления устойчивым инновационным развитием ООПТ;

– раскрыть содержание, принципы и направления формирования регионального кластера ООПТ как особой институциональной формы и эффективной структуры управления инновационной деятельности;

– разработать систему показателей, адекватно отражающую состояние и особенности развития регионального кластера ООПТ в рамках его интеграции в инновационное развитие региона;

– разработать практические рекомендации по стратегии развития регионального кластера ООПТ страны.

К настоящему времени опыт функционирования системы управления ООПТ позволили выделить ряд проблемных принципиальных моментов, требующих незамедлительного решения: хозяйственная изоляция ООПТ, ограниченность бюджетного финансирования ООПТ, слабо развитая инфраструктурная поддержка инновационного и устойчивого развития ООПТ, отсутствие практики подготовки кадров для системы управления инновационной деятельностью ООПТ и др.

Реализация инновационной переориентации экономики, обозначенной как глобальная цель во многих стратегических документах страны и её отдельных регионов, требует разработки и применения новых подходов к созданию системы управления устойчивым инновационным развитием регионов и страны в целом. В этой связи, в рамках исследования рассмотрены логические взаимосвязи основных принципов инновационного развития, которые, находят отражение в основных принципах устойчивого развития, в результате чего возникают дополнительные возможности и среда для регионального развития.

Система управления устойчивым инновационным развитием включает следующие основные элементы: механизм управления; управляющую систему в статике и в динамике, а также подсистемы инфраструктурного обеспечения и др.

Устойчивое развитие предполагает непрерывное изменение (улучшение) качества управления развитием, включающего различные аспекты – экономические, социальные, экологические и характеризуется: 1) способностью удовлетворять общественные потребности, объективно за ним закрепленные в результате территориального разделения труда; 2) организо-

вывать надежное воспроизводство, внутренний экономический оборот и с приемлемой эффективностью удовлетворять потребности местного сообщества; 3) создавать условия (ресурсные, социальные, организационные и др.), гарантирующие достойную жизнедеятельность не только живущим, но и будущим поколениям. Устойчивое инновационное развитие ООПТ ориентировано на их интеграцию в хозяйственное развитие региона в качестве активного субъекта региональной политики и экономики.

Создание ООПТ обеспечивают сохранение уникальных и невозполнимых ресурсов, поэтому ООПТ представляет ресурсосберегающую систему. С учётом необходимости развития инновационного потенциала и повышения конкурентоспособности региона, ООПТ необходимо оценивать в качестве ресурс развивающей системы, а, следовательно, и фактора регионального развития.

Импульсы к инновационной деятельности ООПТ идут как извне, так и изнутри. Внешним импульсом являются, с одной стороны, потребности рынка, имеющиеся или прогнозируемые, в продукции и услугах ООПТ, включая и экологический туризм, образовательные программы, сувенирную продукцию и др. С другой – инновации могут инициироваться другими внешними причинами нерыночного свойства, которые выражаются через социальную политику государства или общественных природоохранных и экологических движений [18].

Внутренними импульсами являются необходимость выполнения основного предназначения ООПТ – сохранение качества окружающей природной среды.

Формирование стратегии развития новой институциональной структуры должна включать следующие этапы: 1) оценка внешнего и внутреннего потенциала организационно – управленческого механизма управления региональным кластером; 2) выявление проблем и возможных вариантов их решения; 3) разработка подходов к управлению; 4) формирование основных направлений общей и функциональных стратегий развития; 5) их оценка и альтернативы развития; 6) организация функционирования новой институциональной структуры 7) экспертиза целей и рефлексия результатов; 8) если результат не соответствует ожиданиям, то выполняется повторение одного или нескольких этапов [19].

Анализ полученной информации свидетельствует о достижении существенных результатов в деле организации и функционирования особо

охраняемых природных территорий Кыргызстана. Наряду с положительными сторонами освещаемого вопроса были выявлены проблемы, требующие незамедлительного решения [20]. К числу таких проблем можно отнести следующие [21 – 23]:

1. В Кыргызстане отсутствует единый управляющий и контролирующей деятельностью ООПТ государственный орган.

2. Часто в Земельном законодательстве отсутствует особая природоохранная категория земель, что создаёт правовую неопределённость и не согласуется с Законом об особо охраняемых природных территориях.

3. Значительное снижение финансирования стало причиной сокращения штата ООПТ и ликвидации большого числа научных отделов. Оставшиеся отделы испытывают дефицит лабораторного оборудования и полевого снаряжения.

4. Организация новых ООПТ и поддержание природоохранного режима в существующих часто вызывает конфликты с местным населением, для которого использование ресурсов ООПТ оказывается единственно возможным способом выживания.

5. В целях оценки современного состояния и установления границ и площадей государственных природных заказников необходимо проведение землеустроительных работ и комплексные экологические обследования определить специфику режима их особой охраны с учетом сложившегося современного землепользования. На территории заказников провести функциональное зонирование.

6. Памятники природы составляют важную часть туристско – рекреационного потенциала Кыргызстана и широко используются как объекты познавательного, лечебно – оздоровительного и экологического туризма. Ввиду их особой значимости и для оценки современного состояния необходимо принять решение провести комплексное экологическое обследование всех памятников природы. С целью обеспечения установленного режима особой охраны памятников запланировать изготовление паспортов, охранных обязательств и передача памятников под охрану в соответствии с законом «Об особо охраняемых природных территориях». Проводить работы по организации экологических троп и привлечению туристов [24].

7. Отсутствуют согласованные перспективы и четкие критерии развития систем ООПТ республиканского и регионального уровней, в том числе создания новых охраняемых территорий и увеличения числа их категорий;

8. Неадекватность имеющихся материально технических и финансовых ресурсов реальным потребностям ООПТ;

9. Несовершенная правовая и нормативная базы управления системой ООПТ и отдельными территориями, наличие противоречий в действующем законодательстве [25];

10. Нечеткое разграничение сфер ответственности за управление ООПТ между ведомствами и структурами разных уровней, недостаточность межведомственного и межсекторного взаимодействия в этой области.

### Заключение

На наш взгляд, оптимизация дальнейшей деятельности по совершенствованию системы особо охраняемых природных территорий республики видится в следующем:

Введение механизмов привлечения средств из внебюджетных источников;

Использование международного опыта и потенциала международных проектов в развитии и функционировании ООПТ Кыргызстана;

Совершенствование системы оценки эффективности управления и деятельности особо охраняемых природных территорий;

Ускорение процедуры государственной регистрации земельных участков в заказниках, где она не завершена, и межевание с другими землепользователями с выносом границ в натуру;

Организация новых ООПТ на сохранных природных территориях, в том числе республиканского значения;

Определение роли и места каждой ООПТ в системе социально – экономических отношений Кыргызстана на основе расчета общей экономической оценки;

Усиление просветительской и воспитательной функции ООПТ республики, определение правовых механизмов развития экологического туризма на территориях заказников и памятников природы;

Реализация комплекса мер по развитию малого бизнеса в сфере организации туризма и рекреации на особо охраняемых природных территориях, придание процессу правового статуса.

Таким образом, экологическая оценка существующей системы ООПТ в Кыргызстане является основой для выявления приоритетов, разработки программ и планов мероприятий по развитию природно – заповедного фонда республики, совершенствованию нормативного, правового и организационного обеспечения его функционирования, которое, в свою очередь,



обеспечит одно из актуальных и перспективных направлений для устойчивого социально – экономического развития Кыргызстана в целом.

### Благодарности

Авторы статьи благодарны департаменту сохранения биоразнообразия и особо охраняемых природных территорий Министерства природных ресурсов, экологии и технического надзора Кыргызской Республики за ценные рекомендации по написанию статьи.

### Источник финансирования

*Работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно – исследовательской работы кафедры экологии и охраны окружающей среды Ошского технологического университета им. М. М. Адышева. Средства, предусмотренные в республиканском бюджете на финансирование развития науки и техники. Финансирование предоставлено Министерством образования и науки Кыргызской Республики в рамках научных программ.*

### Литература

1. Алымкулов Э.Дж. Шукуров Э. Дж. Биосферная функция биоразнообразия //Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия. Ф.: Илим. – 1990. – С.9.
2. Дуйсенов Э.Э., Айтматовна У.А. Комплексный правовой анализ сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в Кыргызской республике // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №8 – 3. – С. 468 – 472.
3. Шукуров, Э. Дж. Комплементарность биологического разнообразия //Проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия. Ф.: Илим. – 1990. – С. 152.
4. Сатимбаев Т., Боромбаев А., Шамшиев Б.Н. Анализ состояния систем особо охраняемых природных территорий Кыргызстана и разработка рекомендаций по их многоцелевому использованию. //Известия ОшТУ. 2013. – №1. – С. 124 – 126.
5. Шамшиев Б.Н., У.Момунов. О необходимости разработки системы управления инновационной деятельностью особо охраняемых природных территорий Кыргызстана. //Известия ОшТУ 2010. – №2. – С. 176 – 179.
6. Шукуров Э.Дж., Мамбеталиев У.А. Некоторые подходы к оценке деятельности заповедников (на примере Сары – Челекского, Беш – Аральского и Падыша – Атинского заповедников)
7. Шамшиев Б.Н., Боромбаев А., Атокуров А.Т. Проблемы и перспективы развития заповедного дела на территории Кыргызстана. //Известия ОшТУ. – 2008. – №2. – С. 14 – 20
8. Токторалиев Б.А. Шамшиев Б.Н., Насыров А.Ж. О заповедной сети особо охраняемых территорий на юге Кыргызстана. // Матер. Рег. Научн. Практ. конф. «Комплексные основы развития Кыргызской Республики – прогресс Кыргызстана», Ош. – 2002. – С.251 – 255
9. Шамшиев, Б.Н. Состояние заповедного дела в Кыргызстане. //Лесопользование воспроизводство лесных ресурсов. Науч. тр. вып. 275 –М.: МГУЛ. – 1994. – С. 100 – 104.
10. Шамшиев Б.Н., Ибраев Э., Исмаилова А.Ж. Экология заповедных территорий Кыргызстана. //Наука образование техника. Материалы международной научной конференции” Актуальные проблемы развития науки, образования и интеграции вузов”. – 2015. – №2(52). – С.103 – 106.
11. Шамшиев Б.Н., Мурзакулов С.С., Боронбаев А.Заповедники и национальные парки Кыргызстана. //Известия ОшТУ. – 2010. – №2. – С. 24 – 27.
12. Шамшиев Б.Н., Исмаилова Ж.А. Природопользование в условиях особо охраняемых природных территорий Кыргызстана. //Известия ОшТУ. Материалы международной конференции посвящённое 50 – летию ОшТУ. 2014. – №2 часть 2. – С. 147 – 151.
13. Формирование экологических сетей в странах бывшего СССР: современное состояние, основные проблемы и перспективы. // Committee of experts for the development of the Pan – European Ecological Network. Istanbul, 4 – 6 October 2001
14. Шамшиев Б.Н. Природные предпосылки развития туризма на юге Кыргызстана. //Матер. междунар. научн. – практ. конф «Туризм Кыргызстана: проблемы, пути решения, перспективы развития» – Б.: БГИЭК. – 2001. – С. 16 – 20.
15. Кадыров А. Правовая охрана природы. //Фрунзе, Мектеп. – 1983.
16. Шамшиев Б.Н., Ибраев Э., Жумабаев М.С. Боромбаев А., Решения экологических проблем в заказниках юга Кыргызской Республики. // Известия ОшТУ 2022. – № 2. – С. 148 – 162.
17. Старовойтова Л.В. Поиск путей интеграции национальных парков в социально – экономическое развитие региона. // Экономический потенциал Дальнего Востока как основа интеграции региона в систему мирохозяйственных связей: материалы регион. научно – практ. конф. Хабаровск, 15–16 нояб 2001г. – Хабаровск: Изд – во ХГАЭП. 2001. – С. 46–52.
18. Старовойтова Л.В. Интеграция национальных парков в экономику Приморского края как условие устойчивого развития региона. //Проблемы устойчивого развития и рационального использования ресурсного и промышленного потенциала региона. – Владивосток: Изд – во ДВГАЭУ. – 2001. – С. 168–171.

19. Старовойтова Л.В. Перспективы развития системы финансирования национальных парков. // Экономика природопользования и природоохраны: материалы IV межд. научно – практ. конф. Пенза, 5–6 июня 2001г. – Пенза: Изд – во Приволжский дом знаний. 2001. – С. 102–104.
20. Шамшиев Б.Н., Боромбаев А., Токторалиев Б.А. Новые инновационные формы управления особо охраняемыми природными территориями. //Известия ОшТУ. – 2008. – №2. – С. 8 – 14.
21. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecostan.kg/krasnaya-knigakyrghyzstana/57-osobo-ohranyaemye-prirodnye-territorii-kyrgyzskoy-respubliki.html>
22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://Stat.kg>.
23. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://visitlay.com>.
24. Litvinova, T.N., Saipidinov, I.M., Toshpulatov, A.S., Bandurina, I.P. The Contribution of ESG Management to the Improvement of Energy Efficiency of Green Business in Russia and Central Asia Environmental Footprints and Eco – Design of Products and Processes, Part F1766. – Pp. 429 – 437.
25. Saipidinov, I.M., Ajibekova, A.T., Artykbaeva, F.T., Ostrovskaya, V.N. Improvement of Green Entrepreneurship Planning in Digital Economy Markets

## References

1. Alymkulov E.J. Shukurov E. J. Biosphere function of biodiversity //Problems of studying and preserving biological diversity. F.: Ilim. – 1990. – p.9.
2. Duisenov E.E., Aitmatova U.A. Complex legal analysis of the network of specially protected natural territories (protected areas) in the Kyrgyz Republic // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2016. – No. 8 – 3. – pp. 468 – 472.
3. Satimbaev T., Borombaev A., Shamshiev B.N. Analysis of the state of the systems of specially protected natural territories of Kyrgyzstan and development of recommendations for their multipurpose use. //News of OshTU. 2013. – No.1. – pp. 124 – 126.
4. Starovoitova L.V. Integration of national parks into the economy of Primorsky Krai as a condition for sustainable development of the region. //Problems of sustainable development and rational use of the resource and industrial potential of the region. – Vladivostok: Publishing House of the DVGAV. – 2001. – pp. 168 – 171.
5. Starovoitova L.V. Prospects for the development of the financing system of national parks. //Economics of the priroStarovoitova, L.V. Integration of national parks into the economy of Primorsky Krai as a condition for sustainable development of the region / L.V. Starovoitova // Problems of sustainable development and rational use of the resource and industrial potential of the region: materials of the All – Russian scientific and practical conference of young scientists Vladivostok, November 15 – 16, 2001. – Vladivostok: Publishing House of the DVGE
6. Starovoitova L.V. The search for ways to integrate national parks into the socio – economic development of the region. // The economic potential of the Far East as the basis for the integration of the region into the system of world economic relations: materials of the region. scientific and practical conf. Khabarovsk, November 15 – 16, 2001 – Khabarovsk: Publishing House of KHGAEP. 2001. – pp. 46 – 52.
7. Toktoraliyev B.A. Shamshiev B.N., Nasyrov A.Zh. About the protected network of specially protected areas in the south of Kyrgyzstan. // Mater. Reg. Scientific Practical conf. “Comprehensive foundations for the development of the Kyrgyz Republic – progress of Kyrgyzstan”, Osh. – 2002. – pp.251 – 255
8. Shamshiev B.N. Natural prerequisites for the development of tourism in the south of Kyrgyzstan. //Mater. international scientific – practical conference “Tourism of Kyrgyzstan: problems, solutions, development prospects” – B.: BGIEK. – 2001. – pp. 16 – 20.
9. Shamshiev B.N., Borombaev A., Attokurov A.T. Problems and prospects of development of nature conservation in Kyrgyzstan. //Izvestiya OshTU. – 2008. – No. 2. – pp. 14 – 20.
10. Shamshiev B.N., Borombaev A., Toktoraliyev B.A. New innovative forms of management of specially protected natural territories. //News of OshTU. – 2008. – No.2. – pp. 8 – 14.
11. Shamshiev B.N., Ibraev E., Zhumabaev M.S. Borombaev A., Solutions to environmental problems in nature reserves of the south of the Kyrgyz Republic. // Izvestiya OshTU 2022. – No. 2. – pp. 148 – 162.
12. Shamshiev B.N., Ibraev E., Ismailova A.J. Ecology of protected areas of Kyrgyzstan. //Science education technology. Materials of the international scientific conference” Actual problems of the development of science, education and integration of universities”. – 2015. – №2(52). – Pp.103 – 106.
13. Shamshiev B.N., Ismailova J.A. Nature management in the conditions of specially protected natural territories of Kyrgyzstan. //News of OshTU. Materials of the international conference dedicated to the 50th anniversary of OshTU. 2014. – No.2 part 2. – pp. 147 – 151.
14. Shamshiev B.N., Murzakulov S.S., Borombaev A. Reserves and national parks of Kyrgyzstan. //News of OshTU. – 2010. – No. 2. – pp. 24 – 27.
15. Shamshiev B.N., U.Momunov. On the need to develop an innovation management system for specially protected natural territories of Kyrgyzstan. //Izvestiya OshTU 2010. – No. 2. – pp. 176 – 179.
16. Shamshiev, B.N. The state of conservation in Kyrgyzstan. //Forest management reproduction of forest resources. Scientific tr. issue 275 –M.: MGUL. – 1994. – pp. 100 – 104.
17. Shukurov, E. J. Complementarity of biological diversity //Problems of studying and preserving biological diversity. F.: Ilim. – 1990. – p. 152.
18. Kadyrov A. Legal protection of nature. //Frunze, Mektep. – 1983.

19. Formation of ecological networks in the countries of the former USSR: current state, main problems and prospects. // Committee of experts for the development of the Pan – European Ecological Network. Istanbul, 4 – 6 October 2001
20. Shukurov E.J., Mambetaliev U.A. Some approaches to assessing the activities of reserves (on the example of the Sary – Cheleksky, Besh – Aral and Padysh – Ata reserves)
21. Electronic resource]. – Access mode: <https://ecostan.kg/krasnaya-knigakirgystana/57-osobo-ohranyaemye-prirodnye-territorii-kyrgyzskoy-respubliki.html>
22. [Electronic resource]. – Access mode: <https://Stat.kg>.
23. [Electronic resource]. – Access mode: <https://visitalay.com>.
24. Litvinova, T.N., Saipidinov, I.M., Toshpulatov, A.S., Bandurina, I.P. The Contribution of ESG Management to the Improvement of Energy Efficiency of Green Business in Russia and Central Asia Environmental Footprints and Eco – Design of Products and Processes, Part F1766. – Pp. 429 – 437.
25. Saipidinov, I.M., Ajibekova, A.T., Artykbaeva, F.T., Ostrovskaya, V.N. Improvement of Green Entrepreneurship Planning in Digital Economy Markets

**Информация об авторах:**

*Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович (корреспондентный автор) – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и охраны окружающей среды Ошского технологического университета им. М.М. Адышева (Ош, Кыргызстан, e – mail: [shamshi-bak24@mail.ru](mailto:shamshi-bak24@mail.ru)).*

*Боромбаев Асан – соискатель кафедры экологии и охраны окружающей среды Ошского технологического университета им. М.М. Адышева (Ош, Кыргызстан, e – mail: [borombay\\_asan@list.ru](mailto:borombay_asan@list.ru)).*

*Молошев Зулпукар Ибраимович – соискатель Джалал – Абадского научного центра Национальной академии наук Кыргызстана (Джалал – Абад, Кыргызстан, e – mail: [Zulpukar75@mail.ru](mailto:Zulpukar75@mail.ru)).*

*Пернеев Акылбек Нуруллаевич – аспирант Ошского технологического университета им. М.М. Адышева (Ош, Кыргызстан, e – mail: [perneev\\_akyl@list.ru](mailto:perneev_akyl@list.ru)).*

*Карбаев Джамшит Айыпович – преподаватель Кыргызско – Узбекского международного университета имени Б. Сыдыкова (Ош, Кыргызстан, e – mail: [karabaev\\_zhamshit@mail.ru](mailto:karabaev_zhamshit@mail.ru)).*

**Information about the authors:**

*Shamshiev Bakytbek Nurkambarovich (corresponding author) – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection of the M. M. Adyshev Osh Technological University (Osh, Kyrgyzstan, e – mail: [shamshi-bak24@mail.ru](mailto:shamshi-bak24@mail.ru)).*

*Borombayev Asan – applicant M. M. Adyshev Osh Technological University (Osh, Kyrgyzstan, e – mail: [borombay\\_asan@list.ru](mailto:borombay_asan@list.ru)).*

*Moloshev Zulpukar Ibraimovich – applicant Jalal – Abad Scientific Center National Academy of Sciences Kyrgyzstan (Jalal – Abad, Kyrgyzstan, e – mail: [Zulpukar75@mail.ru](mailto:Zulpukar75@mail.ru)).*

*Perneev Akylbek Nurullaevich – postgraduate student, M. M. Adyshev Osh Technological University (Osh, Kyrgyzstan, e – mail: [perneev\\_akyl@list.ru](mailto:perneev_akyl@list.ru)).*

*Karabaev Jamshit Ayypovich – lecturer, Kyrgyz – Uzbek International University named after B. Sydykov (Osh, Kyrgyzstan, e – mail: [karabaev\\_zhamshit@mail.ru](mailto:karabaev_zhamshit@mail.ru)).*

*Поступила 23 октября 2023 г.  
Повторно загружена 17 февраля 2024 г.  
Принята 20 марта 2024 г.*



1-бөлім  
**БОТАНИКА**

---

Section 1  
**BOTANY**

---

Раздел 1  
**БОТАНИКА**

G.A. Amertayeva<sup>1</sup> , A.T. Mamurova<sup>1</sup> , B.B. Osmonali<sup>1,2\*</sup> 

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Institute of Botany and Phytointroduction, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: be96ka\_kz@mail.ru

## DISTRIBUTION OF THE MEDICINAL SPECIES *AJANIA FASTIGIATA* (C.WINKL.) POLJAKOV IN KAZAKHSTAN

The study of the distribution of medicinal plants has a special weight in many preliminary analyses, places where it is possible to dominate and have a larger population to know is very important. Particularly if the resource base of the raw plant material is to be identified. Many literature sources give inaccurate habitat data, or give too large an area, which makes it very difficult to determine where the population is concentrated, i.e. the predominant population of the plant in question. The Asian genus *Ajania* includes about 43 species, depending on the authors, with a large number of representatives in China and Japan, as well as native to Afghanistan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Northern India, Russia and Tajikistan. *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljakov is a promising medicinal plant, which is undemanding and does not require special conditions of growth, thereby excluding the possibility of deterioration of the population during the collection of plant raw materials. The aim of the work is to identify the exact distribution of the studied species by means of actual herbarium specimens. As a result, a map of the studied species' habitats is drawn and the concentration of habitats where the species is most common is seen. According to our data the studied species is often found in the southern part of Almaty city and goes well up to Terskey Alatau, as well as in the north-eastern part of Dzungarian Alatau.

**Key words:** Asteraceae, *Ajania fastigiata*, medicinal plant, ecology, habitat, herbarium.

Г.А. Амертаева<sup>1</sup>, А.Т. Мамурова<sup>1</sup>, Б.Б. Осмонали<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: be96ka\_kz@mail.ru

### Қазақстанда дәрілік *Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljakov түрінің таралуы

Зерттеу дәрілік өсімдіктердің таралуы қай жерде көп кездесетінін алдын-ала талдаулар да ерекше салмаққа ие, мұнда басым және популяцияларының қай жерде көп болатынын білу өте маңызды. Әсіресе, егер өсімдік шикізатының ресурстық базасын анықтау қажет болса. Көптеген әдебиеттерде тіршілік ету ортасы туралы нақты мәліметтер көрсетілмеген немесе тым үлкен аумақ берілген, бұл кейіннен жекедаралар шоғырланған жерді анықтау өте қиын, яғни зерттелетін өсімдік популяциясы басым ортаны. Азиялық *Ajania* туысы түрлі авторларға байланысты Қытай мен Жапонияда, сонымен қатар Ауғанстан, Қазақстан, Қырғызстан, Моңғолия, Солтүстік Үндістан, Ресей және Тәжікстанда өсетін 43 жуық түрі белгілі. *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljakov – бұл перспективалы дәрілік өсімдік, ол ерекше өсу жағдайларын қажет етпейді, осылайша өсімдік шикізатын жинау кезінде популяцияның нашарлау қауіпін болдырмайды. Жұмыстың мақсаты – зерттелетін түрдің гербарий үлгілері арқылы нақты таралу аймақтарын анықтау. Нәтижесінде зерттелетін түрдің өсетін жерлерінің нүктелерінің картасы жасалады және осы түр ең көп кездесетін нүктелердің концентрациясы көрінеді. Біздің деректеріміз бойынша зерттелетін түр Алматы қаласының оңтүстік бөлігінде жиі кездеседі және Теріскей Алатауына, сондай-ақ Жоңғар Алатауының солтүстік-шығыс бөлігінде жақсы бейімделген.

**Түйін сөздер:** Asteraceae, *Ajania fastigiata*, дәрілік өсімдік, экология, таралу аймағы, гербарий.

Г.А. Амертаева<sup>1</sup>, А.Т. Мамурова<sup>1</sup>, Б.Б. Осмонали<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: be96ka\_kz@mail.ru

### Распространение лекарственного вида *Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljakov в Казахстане

Изучение распространения лекарственных растений имеет особый вес во многих предварительных анализах, мест где может преобладать и иметь большую популяцию знать очень важно. В особенности если необходимо выявить ресурсную базу растительного сырья. Во многих литературах указываются не точные данные по месту обитания или же дается слишком большая территория, что впоследствии очень сложно определить, где сконцентрирована скопление особей, то есть преимущественно преобладают популяции изучаемого растения. Азиатский род *Ajania* включает около 43 видов, в зависимости от авторов, с большим количеством представителей в Китае и Японии, а также произрастающих в Афганистане, Казахстане, Кыргызстане, Монголии, Северной Индии, России и Таджикистане. *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljakov является перспективным лекарственным растением, который не прихотлив и не требует особых условия произрастания тем самым, исключая возможность ухудшения популяции при сборе растительного сырья. Целью работы является выявления точных ареалов распространения изучаемого вида посредством фактических гербарных образцов. В итоге составлена карта точек мест произрастания изучаемого вида, и видна концентрация точек, где больше всего встречается данный вид. По нашим данным изучаемый вид часто встречается в южной части города Алматы и хорошо идет до Терской Алатау, а также в Северо-Восточной части Джунгарского Алатау.

**Ключевые слова:** Asteraceae, *Ajania fastigiata*, лекарственное растение, экология, ареал, гербарий.

#### Introduction

The genus *Ajania* Poljakov is a perennial herbaceous plant, usually grayish, without shortened vegetative shoots, with erect or often ascending and branched, well-developed, densely lobed stems. Leaves are ordinary with dissected laminae covered with appressed bipartite, sometimes with an admixture of simple, hairs.

The Asian genus *Ajania* includes about 43 species, depending on the authors [1; 2; 3; 4], with a large number of representatives in China and Japan, as well as growing in Afghanistan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Northern India, Russia and Tajikistan. This genus was separated from *Artemisia* by Polyakov [5]. And it is indicated that *Ajania* originated from ancestral taxa closely related to *Dendranthema*, and that the adaptation of *Ajania* to Central Asian steppes and deserts led to high similarity with representatives of *Artemisia* inhabiting these areas. To explain the similarities among the three genera, Bremer and Humphries [1; 6; 7; 8] suggested that the independent lineages descended from the same dendranthema of a single ancestor. Three species were excluded from *Ajania* to form a separate new genus *Phaeostigma* by A.A. Muldashev [9]. Two species of *Ajania* and one species of *Phaeostigma* were recently studied from the palynological point of view (for *Ajania fastigiata*

and *A. fruticulosa*; for *Phaeostigma salicifolium*) [10; 11].

Because of its complex taxonomic history with numerous species movements between the two major groups of *Artemisiinae*, *Ajania* and individual genera are a particularly interesting group to study. Species of the genus *Ajania* cover most of the entire distribution range in Central Asia, with *Ajania* in China (from northwestern to northeastern and southwestern parts), Korea, Japan, and the Far East [12; 13; 14; 15; 16].

Despite a number of cladistic studies based on morphological and molecular information, there remain quite a few taxa whose systematic position in the subtribe *Artemisiinae* is unclear [1; 10; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23].

The genus includes 30-40 species [1; 2; 3; 4; 5] with an eastern Palearctic range. In Kazakhstan there are 3 species with 1 endemic: *A. korovinii* Kovaleusk. (Kurgiz Alatau).

According to the genus monograph by A.A. Muldashev, “the emergence of at least most species of the genus occurred at the end of the Neogene”. However, it is possible that the formation of the genus occurred earlier, at the beginning of the Neogene [24].

*Ajania fastigiata* – perennial herbaceous plant. It grows on fine-grained and rubbly, stony slopes, in thickets of small bushes, on steep slopes, in grassy-



grassy-grassy, grassy-typchak steppes from high foothills to the middle belt of mountains. Flowering is from July to August, depending on the place and climate of growth, sometimes in September, fruiting comes to the months of August and September, sometimes even in early October [25; 26].

The purpose of this research work is to identify the exact range of *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljak species and its ecological habitat to certain environmental conditions. Data analysis will help to develop a route for further studies of the resource base of the population of the studied species in the future.

### Materials and Methods

The object of the study is a species of the genus *Ajania* from the family Asteraceae – *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljak.

To identify points of actual growth of the studied species, available herbarium specimens were reviewed: Herbarium Fund of the Institute of Bot-

any and Phytointroduction, Herbarium index AA; Herbarium Fund of the Lomonosov Moscow State University (MW), V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE), Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (TASH). V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE), Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (TASH). QGIS 3.28 program was used for data mapping.

### Results and Discussion

According to the examined herbarium specimens the data of labels related to the territory of Kazakhstan were written out, besides, the map of actual places of growth of the investigated species was made (Table 1; Figure 1).

All marked actual points are visually represented in a map (Figure 1), which is almost similar to the data set out in classical botanical literature:

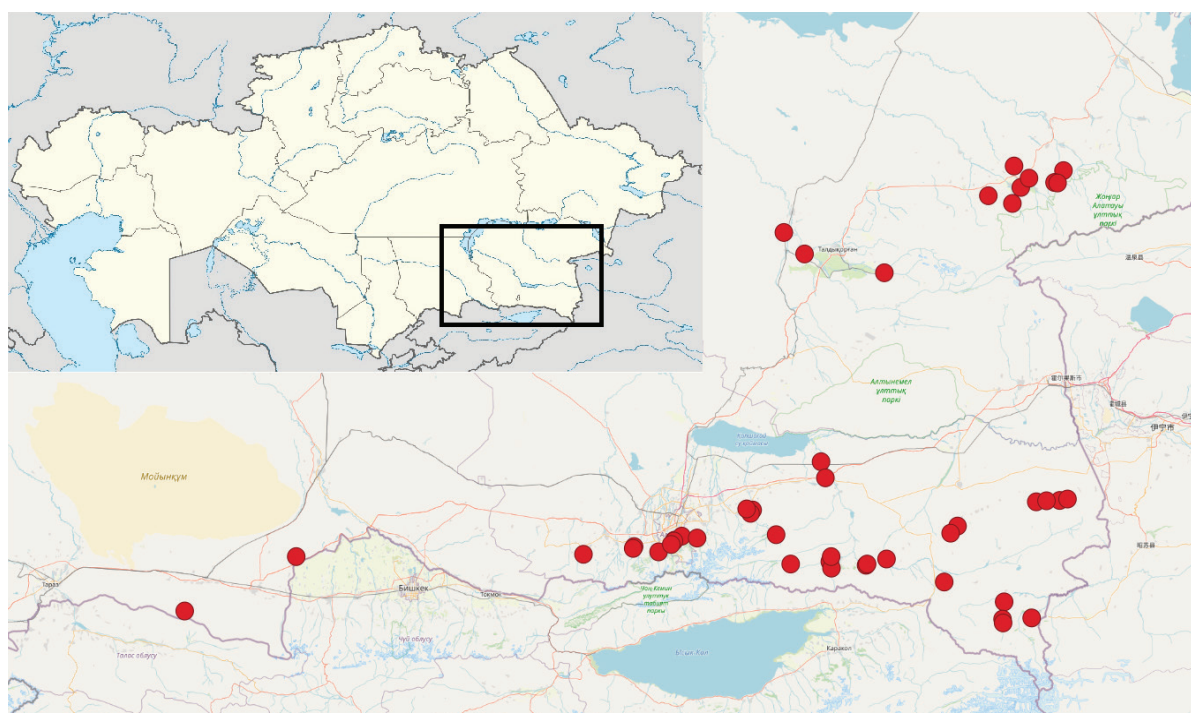
**Table 1** – Information from herbarium specimens AA, MW, LE, TASH

№	Collection location (label data)	Collectors	Date of collection
Dzungarian Alatau			
1	Dzungarian Alatau, near Topolevka village	Lipsky V.	14.07.1909
2	Meadow-steppe area on the slope of a rocky escarpment in the Chulak tract	Pavlov N.V.	16.07.1928
3	Dzungarian Alatau Ridge. The area between Sarkand and Kopal villages. Sarkand and Kopal, valley between Dzheldy-Karagai and Suok-tau mountains, on a ravine slope	Shipchinskiy N.V.	02.08.1928
4	Kazakhstan, northern slope of Dzungarian Alatau, Shrub thickets in Ananyevaya gorge, near Sarkand, 1000 m	Gubanov I.A.	13.07.1967
5	Dzungarian Alatau, near Topolevka village	Kukenov M.K.	23.08.1969
6	Dzungarian Alatau, valley of the Maly Baskan River, right bank in the middle part of the valley	Sdobodobinina A., Kluikov E.	21.06.1974
7	Dzungarian Alatau, left bank of the Koksuy River, Ulkenkotyrkoy nepo ridge. Semenovskoye settlement.	Kamelinskikh L., Gusev M.	30.07.1975
8	Headwaters of the Karatala River. South of the forest cordon at the confluence of the Chizhi River with the Kara River. Meadow slopes near the key. Height 1100 m.	Danilov M.P., Shormanova A.A., Kurmantayeva A.A., Bilibayeva B.K.	18.06.2015
9	Lepsinsky district Steppe slope near the road at the pass between Lepsinsky and Topolevsky settlements	Danilov M.P., Shormanova A.A., Bilibayeva B.K., Kenesbai A.H.	19.06.2019
Trans-Ili – Kungei Alatau			
1	Right bank of the Turgeni River, uroch. Karach. Grassy slope	Karelin G., Kirilov J.	1841
2	Foothills of Zailiyskiy Alatau, northern loess slope of «Verigina» mountain	Sokalsky N. D.	22.07.1907
3	Dzhalanash gorge near the village. 2000 m. Along the southern steppe stony slopes	Geld A.I.	02.07.1933



№	Collection location (label data)	Collectors	Date of collection
4	The stalls behind the Botanical Gardens, amongst the wormwood.	Rubtsov N.I.	10.07.1934
5	Dzhalanash river valley in the vicinity of Dzhalanash settlement. Dry slopes of foothills	Geld A.I.	22.08.1934
6	Faithful	Solodovnikova V.S.	22.08.1936
7	Ridge. Turaigyr Ridge, southern slope	Solodovnikova V.S.	31.08.1936
8	Kaskelen Gorge, eastern herbaceous slope	Dmitrieva A.A.	24.08.1937
9	Floodplain of the Tau-Chilik r. near the village. Kutyrge, on sand	Polyakov P.P.	15.09.1940
10	Ushch. Kulsai, steppe eastern slope	Polyakov P.P.	11.07.1941
11	On the right bank plateau from the Sarybulak River valley, mountain steppe	Rubtsov N.I.	29.07.1947
12	On the slope of loess foothills near Turgeni village, among wormwood-grass steppe	Myrzakulov P.M.	26.08.1947
13	Middle course of the Kurmekty River. south-eastern steppe slope. Height 2100 m.	Goloskokov V.P.	13.08.1952
14	Slopes to the Poganka River behind the B. garden	Roldugin I.I.	20.06.1953
15	Chet-Merke Gorge	Myrzakulov P.M.	15.08.1967
16	Right bank of the Turgen River. Dry grassy slope	Myrzakulov P.M.	18.08.1967
17	Zailiyskiy Alatau, Aksai, est. of Sataldy r. Sataldy; southern slope	Myrzakulov P.M.	30.08.1967
18	Alma-Ata oblast. Chiliksky district, near Kuram r.	Myrzakulov P.M.	03.09.1967
19	Ushelie of the Kurmekty River. Eastern slope. H-2000 m.	Stepanova E.F.	07.09.1973
20	Almaty region, Zailiyskiy Alatau, Assyu valley bottom, upper boundary of spruce trees	Sobolev L.	22.07.1974
21	North slope of the Zailiyskiy Alatau ridge. Zailiyskiy Alatau ridge, Kaskelen ear. Kaskelen, rose garden on the slope of northern exposure	Klyuikov E.	14.08.1979
22	Alma-Ata vicinity. Stalls in the area of MIA approach, meadow on NW slope	Krasnoborov I.M.	02.09.1988
23	Almaty region, about 250 km northeast of Almaty, Near Rudnichny settlement, Valley of the right bank of the Koksuy River. Hill slope, on stony substrate	Sukhorukov A.	19.08.2008
Ketmen-Terskey Alatau			
1	Tien-Shan, Ketmen Ridge, Mount Teternik, southern rubbly slopes, 1230 m	Rubtsov N.	12.09.1912
2	Terskey Alatau ridge, ul. Kurkapak, stony slopes	Mikhailova V.P.	20.08.1937
3	Ketmen Ridge, Kumirchi tract	Polyakov P.P.	13.07.1938
4	Ketmen Mountains	Koshechkina G.	July 1948
5	Ketmen Ridge, Narynkolsay Nook. Narynkolsai	Arystangaliev S.A.	19.08.1962
6	Shol-Adyr Mountains, steppe south slope	Arystangaliev S.A.	08.08.1963
7	Terskey Alatau Ridge, 1 km north-west of the Kurykakpak River, stony slopes	Arystangaliev S.A.	12.06.1964
8	Terskey Alatau. Headwaters of the Big Kokpak River	Lushpa O.W.	18.07.1968
9	Ketmen Ridge, Karagaily Gorge	Kukenov M.K.	23.08.1969
10	Tien-Shan. Ketmen ridge. Mount Teternik, southern rubbly slopes, 1230 m.	Mikheeva N.N.	16.09.1973
11	Western end of Ketmen-Tau, Tuyuk-Su Gorge, steppe slope	Danilov M.P.	07.08.1978
Kyrgyz Alatau			
1	Kirghiz Ridge, Ushch.r. Suyundyk-Sai, eastern rocky slope, altitude 2000 m.	Lipshits S.Yu.	05.08.1928

№	Collection location (label data)	Collectors	Date of collection
2	Ushch. Aspara near Char, southern rocky slope	Rubtsov N.I.	12.09.1946
Western Tien Shan			
1	Talas Alatau, Aksai River valley (eastern boundary of the Reserve). In the belt of junipers	Danilov M.P.	19.08.1962



**Figure 1** – Map of *Ajania fastigiata* distribution points in Kazakhstan according to actual QGIS herbarium specimens

Flora of Kazakhstan (1966) – Floristic regions: 18. Balkhash-Alakol, 23. Tarbagatai, 24. Dzungarian Alatau, 25. Trans-Ili – Kungei Alatau, 25a. Ketmen-Terskey Alatau, 27. Kirgiz Alatau, 29. Western Tien Shan [18].

Central Asia Plant Identifier (1993) – Dzungarian Alatau, Tien Shan (Chu-Ili mountains, Ketmen-tau, Trans-Ili, Kungei, Terskey, Kirgiz, Talas Alatau, Ichkeletau, mountains in the middle reaches of the Naryn River), Pamir-Alai [17].

Analyzing all data on *Ajania fastigiata* species, we give the following explanation on distribution: The studied species is found in the extreme South-Eastern part of Kazakhstan and spreads over 4 southern regions: The largest concentration of the species is in Almaty region, where it occupies the whole southern and eastern part of the region. Most of the collections were made in the territory of the

Trans-Ili Alatau Ridge. Trans-Ili Alatau. In the Ketmen and Terskey Alatau ranges there are few collections, but enough to confirm that this species is also quite common there. In Zhetysay region *Ajania fastigiata* occupies the southern part, also for Zhambyl region, and slightly affects Turkestan region from the south-eastern part. In the ridges of the Kirghiz and Western Tien-Shan the studied species is less frequent, most likely it is an extremely western part of the *Ajania fastigiata* range (Figure 2).

Regarding floristic areas of Kazakhstan, *Ajania fastigiata* exactly confirms its distribution in the mentioned areas in the Flora of Kazakhstan [18]. It is recommended to harvest *Ajania fastigiata* in the ranges of the Trans-Ili Alatau, in particular in the Karasay and Zhambyl districts, as well as in the Sarkand district, which belongs to the range of the Dzungarian Alatau.

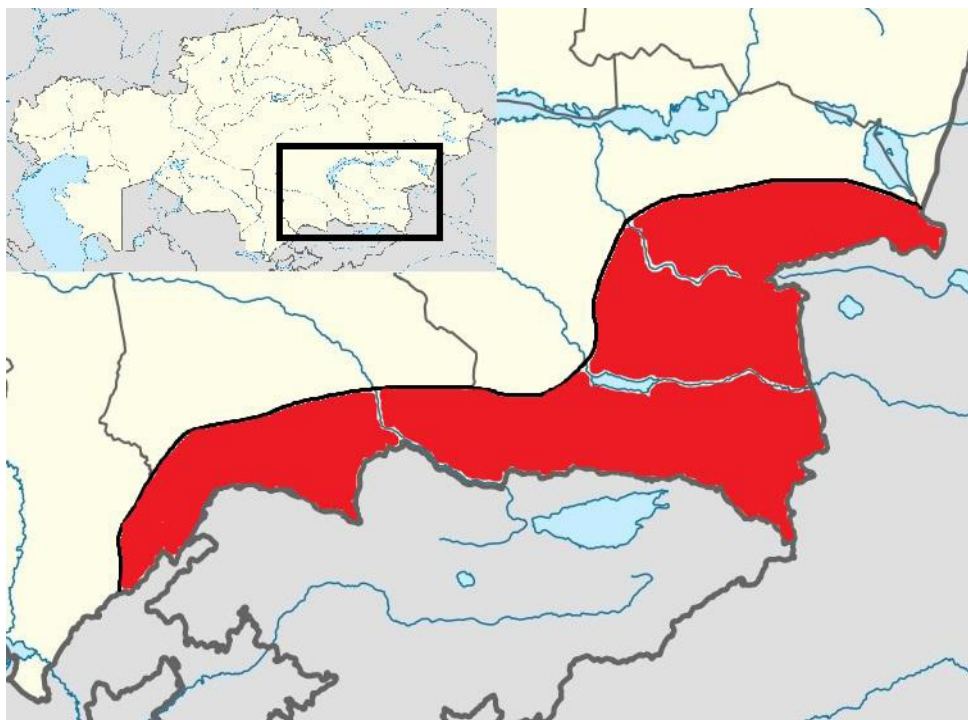


Figure 2 – Map of the actual distribution of the study species

## Conclusion

*Ajania fastigiata* is found most of all in the South and South-Eastern part of Almaty oblast, in particular it is the territory of Trans-Ili Alatau ridge, to a greater extent this species prevails in Karasay and Zhambyl districts of Almaty region, as these districts cover dry mountain slopes. Also,

it prevails in the North-Eastern part of Dzungarian Alatau (in the Eastern part of Zhetysay region, Sarkand district). Particularly speaking about ecological habitat, *Ajania fastigiata* is found most of all on stony gray-chestnut soil, especially on dry mountain slopes, and can rise up to 2000 m above sea level, but the most optimal altitude is 1000-1200 m above sea level.

## References

1. Bremer K., Humphries C. Generic monograph of the Asteraceae- Anthemideae. Bull. Nat. History Museum (Bot.). – 1993. – Vol. 23. – P. 71–177.
2. Kubitzki K. The families and genera of vascular plants. In: Kadereit JW, Jeffrey C, eds. Flowering plants. Eudicots. Asterales, – 2007. – Vol. 8. – P. 357–358.
3. Ding W.N., Ree R.H., Spicer R.A., Xing Y.W. Ancient orogenic and monsoon-driven assembly of the world's richest temperate alpine flora. Science. – 2020. – Vol. 369. – P. 578–581. doi: 10.1126/science.abb4484
4. Huang Y., An Y.M., Meng S.Y., Guo Y.-P., Ra, G.Y. Taxonomic status and phylogenetic position of *Phaeostigma* in the subtribe Artemisiinae (Asteraceae). Journal of Systematics and Evolution. – 2017. – Vol. 55. – №5. P. – 426-436. doi:10.1111/jse.12257
5. Поляков П.П. Два новых рода сем. Сложноцветных // Ботанические Материалы Гербария Ботанического Института имени В. Л. Комарова Академии Наук СССР. – 1955. – Т. 17. – С. 418-431.
6. Edwards S.V., Xi Z., Janke A., Faircloth B.C., McCormack J.E., Glenn T.C. Implementing and testing the multispecies coalescent model: a valuable paradigm for phylogenomics. Mol. Phylogenet. Evol. – 2016. – Vol. 94. – P. 447–462. doi: 10.1016/j.ympev.2015.10.027
7. Elomaa P., Zhao Y. F. Zhang T. Flower heads in Asteraceae recruitment of conserved developmental regulators to control the flowerlike inflorescence architecture. Hortic. Res. – 2018. – Vol. 5. – P. 1-10. doi: 10.1038/s41438-018- 0056-8
8. Chen J., Shen C.Z., Guo Y.P., Rao G.Y. Patterning the Asteraceae capitulum: duplications and differential expression of the flower symmetry CYC2-like genes. Front. Plant Sci. – 2018. – Vol. 9. – P. 551. doi: 10.3389/fpls.2018. 00551

9. Мулдашев А.А. Монография рода *Ajania* Poljak. (Asteraceae- Anthemideae): Автореф. дис. канд. биол. наук. Л., – 1983. 16 с.
10. Martin J., Torrell M., Valles J. Palynological features as a systematic marker in *Artemisia* L. and related genera (Asteraceae, Anthemideae). *Plant Biol.* – 2001. – Vol. 3. – P. 372–378.
11. Martin J, Torrell M, Korobkov AA, Valles J. Palynological features as a systematic marker in *Artemisia* L. And related genera (Asteraceae, Anthemideae), II: implications for subtribe Artemisiinae delimitation. *Plant Biology.* – 2003. – Vol. 5. – P. 85–93.
12. Shih C., Fu G. Angiospermae, Dicotyledoneae, Compositae Anthemideae, Angiospermae. *Flora Republicae Popularis Sini-cae*. Beijing: Science Press. – 1983. – P. 76.
13. Zhao H.E., Liu Z.H., Hu X., Yin J.L., Lib W., Rao G.Y. Chrysanthemum genetic resources and related genera of Chrysanthemum collected in China. *Genet. Resour. Crop Evol.* – 2009. – Vol. 56. – P. 937. doi: 10.1007/s10722-009- 9412- 8
14. Chen X., Wang H.B., Yang X., Jiang J.F., Ren G.P., Wang Z.J. Small-scale alpine topography at low latitudes and high altitudes: refuge areas of the genus *Chrysanthemum* and its allies. *Hortic. Res.* – 2020. —Vol. 7. – P. 1–12. doi: 10.1038/ s41438-020-00407-9
15. Sha S., Chen D., Liu M., Li K.L., Jiang C.K., Wang, D.H. To be serrate or pinnate: diverse leaf forms of yarrows (*Achillea*) are linked to differential expression patterns of NAM genes. *Ann. Bot.* – 2017. – Vol. 121. – P. 255–266. doi: 10.1093/aob/mcx152
16. Shen C.Z., Chen J., Zhang C.J., Rao G.Y., Guo Y.P. Dysfunction of CYC2g is responsible for evolutionary shift from radiate to disciform flowerhead in the *Chrysanthemum* group (Asteraceae:Anthemideae). *Plant J.* – 2021. – Vol. 106. – P. 1024–1038. doi: 10.1111/tpj.15216
17. Torrell M., Garcia-Jacas N., Susanna A., Valles J. Phylogeny in *Artemisia* (Asteraceae, Anthemideae) inferred from nuclear ribosomal DNA (ITS) sequences. *Taxon.* –1999. – Vol. 48. – P. 721–736. doi: 10.2307/1223643
18. Valles J., McArthur, E. D. *Artemisia* systematics and phylogeny: cytogenetic and molecular insights, in *Proceedings of the Shrubland Ecosystem Genetics and Biodiversity*, eds E. McArthur, F. Durant, and J. Daniel (Washington, D.C:US Department of Agriculture). – 2001. – P. 67–74.
19. Valles J., Torrell M., Garnatje T., Garcia-Jacas N., Vilatersana R., Susanna A. The genus *Artemisia* and its allies: phylogeny of the subtribe Artemisiinae (Asteraceae, Anthemideae) based on nucleotide sequences of nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacers (ITS). *Plant Biol.* – 2003. – Vol. 5. – P. 274–284. doi: 10.1055/s-2003-40790
20. Oberprieler C., Himmelreich S., Vogt, R. A new subtribal classification of the tribe Anthemideae (Compositae). *Willdenowia.* – 2007. – Vol. 37. – P. 89–114. doi: 10.3372/ wi.37.37104
21. Sanz M., Vilatersana R., Hidalgo O., Garcia-Jacas N., Susanna, A., Schneeweiss, G. M., et al. Molecular phylogeny and evolution of floral characters of *Artemisia* and allies (Anthemideae, Asteraceae): evidence from nrDNA ETS and ITS sequences. *Taxon.* – 2008. – Vol. 57. – P. 66–78.
22. Zhao H.B., Chen F.D., Chen S.M., Wu G.S., Guo W.M. Molecular phylogeny of *Chrysanthemum*, *Ajania* and its allies (Anthemideae, Asteraceae) as inferred from nuclear ribosomal ITS and chloroplast trnL-F IGS sequences. *Plant Syst. Evol.* – 2010. – Vol. 284. – P. 153–169. doi: 10.1007/s00606-009-0242-0
23. Zhao H.B., Miao H.B., Wu G.S., Chen F.D., Guo W.M. Intergeneric phylogenetic relationship of *Dendranthema* (DC.) Des Moul., *Ajania* Poljakov and their allies based on amplified fragment length polymorphism. *Sci. Agric. Sin.* – 2010. – Vol. 43. – P. 1302–1313.
24. Байтенов М.С. *Ajania* Poljakov // Флора Казахстана. Родовой комплекс флоры. – Алматы, 2001. – Т. 2. – С. 215.
25. Введенский А.И. *Ajania fastigiata* // Определитель растений Средней Азии. АН РУ. – 1993. – Т. 10. – С. 590.
26. Васильева А.Н. *Ajania fastigiata* //Флора Казахстана. Наука КазССР. – Алма-Ата, 1966. – Т. 9. – С. 71.

## References

- Bremer K., Humphries C. (1993) Generic monograph of the Asteraceae- Anthemideae. *Bull. Nat. History Museum (Bot.)*, vol. 23, pp. 71-177.
- Kubitzki K. (2007) The families and genera of vascular plants. In: Kadereit JW, Jeffrey C, eds. *Flowering plants. Eudicots. Asterales*, vol. 8, pp. 357-358.
- Ding W.N., Ree R. H., Spicer R. A., Xing Y.W. (2020) Ancient orogenic and monsoon-driven assembly of the world's richest temperate alpine flora. *Science*, vol. 369, pp. 578-581. doi: 10.1126/science.abb4484
- Huang Y., An Y.M., Meng S.Y., Guo Y.P., Rao G.Y. (2017) Taxonomic status and phylogenetic position of *Phaeostigma* in the subtribe Artemisiinae (Asteraceae). *Journal of Systematics and Evolution*, vol. 55, no 5, pp 426-436. doi:10.1111/jse.12257
- Polyakov P.P. (1955) Dva novy`kh roda sem. Slozhnocvetny`kh [Two new kinds of sem.Composite colors] // *Botanicheskie Material Gerbariya Botanicheskogo Instituta imeni V. L. Komarova Akademii Nauk SSSR*, vol. 17, pp. 418-431.
- Edwards S.V., Xi Z., Janke A., Faircloth B.C., McCormack J.E., Glenn T.C. (2016) Implementing and testing the multispecies coalescent model: a valuable paradigm for phylogenomics. *Mol. Phylogenet. Evol.*, vol 94, pp. 447–462. doi: 10.1016/j.ympev.2015.10.027
- Elomaa P., Zhao Y.F., Zhang T. (2018) Flower heads in Asteraceae recruitment of conserved developmental regulators to control the flowerlike inflorescence architecture. *Hortic. Res.*, vol. 5, pp. 1-10. doi: 10.1038/s41438-018- 0056-8
- Chen J., Shen C.Z., Guo Y.P., Rao G.Y. (2018) Patterning the Asteraceae capitulum: duplications and differential expression of the flower symmetry CYC2-like genes. *Front. Plant Sci.*, vol 9, pp. 551. doi: 10.3389/fpls.2018. 00551



9. Muldashev A.A. (1983). Monografiya roda *Ajania* Poljak. (Asteraceae-Anthemideae) [Monograph of the genus *Ajania* Poljak.(Asteraceae-Anthemideae)] / *Avto-ref. dis. kand. biol. nauk. L.*, pp.16.
10. Martin J., Torrell M., Valles J. (2001) Palynological features as a systematic marker in *Artemisia* L. and related genera (Asteraceae, Anthemideae). *Plant Biol.*, vol. 3, pp. 372-378.
11. Martin J., Torrell M., Korobkov A.A., Valles J. (2003). Palynological features as a systematic marker in *Artemisia*, L. And related genera (Asteraceae, Anthemideae), II: implications for subtribe Artemisiinae delimitation. *Plant Biology*, vol. 5, pp. 85-93.
12. Shih C., Fu G. (1983) Angiospermae, Dicotyledoneae, Compositae (3) Anthemideae, Angiospermae. *Flora Republicae Popularis Sinicae. Beijing: Science Press*, pp. 76.
13. Zhao H.E., Liu Z.H., Hu X., Yin J.L., Li W., Rao G.Y. (2009) Chrysanthemum genetic resources and related genera of Chrysanthemum collected in China. *Genet. Resour. Crop Evol.*, vol. 56, pp. 937. doi: 10.1007/s10722-009- 9412- 8
14. Chen X., Wang H.B., Yang X., Jiang J.F., Ren G.P., Wang Z.J. (2020) Small-scale alpine topography at low latitudes and high altitudes: refuge areas of the genus *Chrysanthemum* and its allies. *Hortic. Res.*, vol. 7, pp. 1-12. doi: 10.1038/ s41438-020-00407-9
15. Sha S., Chen D., Liu M., Li K.L., Jiang C.K., Wang D.H. (2017) To be serrate or pinnate: diverse leaf forms of yarrows (*Achillea*) are linked to differential expression patterns of NAM genes. *Ann. Bot.*, vol. 121, pp. 255-266. doi: 10.1093/aob/mcx152
16. Shen C.Z., Chen J., Zhang C.J., Rao, G.Y., Guo Y.P. (2021) Dysfunction of CYC2g is responsible for evolutionary shift from radiate to disciform flowerhead in the *Chrysanthemum* group (Asteraceae:Anthemideae). *Plant J.*, vol. 106., pp. 1024–1038. doi: 10.1111/tpj.15216
17. Torrell M., Garcia-Jacas N., Susanna A., Vallès J. (1999) Phylogeny in *Artemisia* (Asteraceae, Anthemideae) inferred from nuclear ribosomal DNA (ITS) sequences. *Taxon*, vol. 48, pp. 721-736. doi: 10.2307/1223643
18. Valles J., Arthur E.D. (2001) *Artemisia* systematics and phylogeny: cytogenetic and molecular insights, in Proceedings of the Shrubland Ecosystem Genetics and Biodiversity, eds E. McArthur, F. Durant, and J. Daniel (Washington, D.C.:US Department of Agriculture), pp. 67-74.
19. Valles, J., Torrell, M., Garnatje, T., Garcia-Jacas, N., Vilatersana, R., Susanna, A. (2003) The genus *Artemisia* and its allies: phylogeny of the subtribe Artemisiinae (Asteraceae, Anthemideae) based on nucleotide sequences of nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacers (ITS). *Plant Biol.*, vol. 5, pp. 274-284. doi: 10.1055/s-2003-40790
20. Oberprieler C., Himmelreich S., Vogt R. (2007) A new subtribal classification of the tribe Anthemideae (Compositae). *Willdenowia*, vol. 37, pp. 89-114. doi: 10.3372/ wi.37.37104
21. Sanz M., Vilatersana R., Hidalgo O., Garcia-Jacas N., Susanna A., Schneeweiss G. M. (2008) Molecular phylogeny and evolution of floral characters of *Artemisia* and allies (Anthemideae, Asteraceae): evidence from nrDNA ETS and ITS sequences. *Taxon*, vol. 57, pp. 66-78.
22. Zhao H.B., Chen F.D., Chen S.M., Wu G.S., Guo W.M. (2010) Molecular phylogeny of *Chrysanthemum*, *Ajania* and its allies (Anthemideae, Asteraceae) as inferred from nuclear ribosomal ITS and chloroplast trnL-F IGS sequences. *Plant Syst. Evol.*, vol. 284, pp. 153–169. doi: 10.1007/s00606-009-0242-0
23. Zhao H.B., Miao H.B., Wu G.S., Chen F.D., Guo W. M. (2010) Intergeneric phylogenetic relationship of *Dendranthema* (DC.) Des Moul., *Ajania* Poljakov and their allies based on amplified fragment length polymorphism. *Sci. Agric. Sin.*, vol. 43, pp. 1302-1313.
24. Bajtenov M.S. (2001) *Ajania* Poljakov [*Ajania fastigiata*] // *Flora Kazakhstana, Almaty*, vol. 2. pp. 21.
25. Vvedenskij A.I. (1993) *Ajania fastigiata* [*Ajania fastigiata*] // *Opredelitel' rastenij Srednej Azii. AN RU*, vol. 10, pp. 590.
26. Vasileva A.N. (1966) *Ajania fastigiata* [*Ajania fastigiata*] // *Flora Kazakhstana. Nauka KazSSR, Alma-Ata*, мпд. 9. pp. 71.

#### Information about authors:

Amertayeva Gauhar Askarovna – PhD Doctoral Student of the Departments of Biodiversity and Bioresources of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: gauhar.a78@mail.ru).

Mamurova Asem Tleuzhanova – PhD, Associate Professor of the Departments of Biodiversity and Bioresources of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: amamurova81@mail.ru).

Osmonali Bektemir Birimkululy (corresponding author) – PhD Doctoral Student of the Departments of Biodiversity and Bioresources of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: be96ka\_kz@mail.ru).

#### Авторлар туралы мәлімет:

Амертаева Гаухар Аскарловна – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, email: gauhar.a78@mail.ru).

Мамурова Асем Тлеужановна – PhD, л-Фараби атындағы ҚазҰУ, Биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры Алматы, Қазақстан, email: amamurova81@mail.ru).

Осмонали Бектемір Бірімқұлұлы (корреспондент автор) – әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, email: be96ka\_kz@mail.ru).

Received December 31, 2023

Accepted February 20, 2024

А.Р. Алдибекова<sup>1\*</sup> , М.С. Курманбаева<sup>1</sup> , Г.Н. Нысанбаева<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>«Шарын» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркі ҚР ЭТРМ, Қазақстан, Алматы обл.

\*e-mail: Almagul.Aldibekova@kaznu.edu.kz

## СОҒДЫ ШАҒАНЫ (*FRAXINUS SOGDIANA BUNGE*) АҒАШ ӨСІМДІКТЕРІ ҚАТЫСАТЫН ҚАУЫМДАСТЫҚТАРДЫҢ ФЛОРАЛЫҚ ҚҰРАМЫ

Жойылып кету қаупі төнген реликті ағаш өсімдіктерін зерттеу биоалуантүрлілікті сақтау стратегиясының негізгі құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты Алматы облысындағы «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі өзендерінің аңғарларында өсетін реликті соғды шағанының (*Fraxinus sogdiana* Bunge) популяцияларының қазіргі жағдайын бағалау болып табылады. Мақалада 2023 жылы осы аймаққа жүргізілген экспедиция нәтижесі келтірілген. Әр популяцияда трансекталар мөлшері 20x20 шаршы метрден зерттелді. Бірінші популяция Шарын өзенінің оңтүстік жағалауынан, бірінші жайылма террасадан алынды. GPS бойынша координаттары: N 43.543551° E 079.286874°, теңіз деңгейінен биіктігі 722 м. Ал, екінші популяция Темірлік өзенінің оңтүстік жағалауынан, бірінші жайылма террасадан алынды. GPS бойынша координаттары: N 43.359546° E 079.164989°, теңіз деңгейінен биіктігі 951 м. «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі аумағында *F. sogdiana* ағашының Шарын және Темірлік популяцияларының географиялық орны айқындалып, осы 2 популяция деңгейіндегі өсімдіктер қауымдастықтарының флоралық құрамы анықталды. Шарын және Темірлік өзендерінің аңғарларындағы соғды шағаны популяцияларының қазіргі жағдайына баға беріліп, таралу картасы жасалынды. Бірінші Шарын популяциясында 12 тұқымдас, 12 туыс, 13 түр кездесті. Ал екінші Темірлік популяциясында 13 тұқымдас, 14 туыс, 15 түр анықталды. Соғды шағаны құрғақшылық пен ыстыққа төзімді, сондықтан биоалуантүрлілікті сақтау, көгалдандыру және экожүйелерді жақсарту үшін ұсынуға болады.

**Түйін сөздер:** «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі, *Fraxinus sogdiana* Bunge, реликт, Шарын, Темірлік.

A.R. Aldibekova<sup>1</sup>, M.S. Kurmanbayeva<sup>1</sup>, G.N. Nysanbayeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>State National Natural Park «Sharyn» MENR RK, Kazakhstan, Almaty region

\*e-mail: Almagul.Aldibekova@kaznu.edu.kz

### Floristic composition of communities with participation of woody plants of Sogdian ash (*Fraxinus sogdiana* Bunge)

The study of endangered relict woody plants is one of the key components of the biodiversity conservation strategy. In this regard, the aim of the study is to assess the current state of populations of relict ash tree (*Fraxinus sogdiana* Bunge) growing in the river valleys of the State National Nature Park «Sharyn» in Almaty region. The paper presents the results of an expedition to this region in 2023. A 20x20 square meter transect was studied in each population. The first population was sampled from the southern bank of the Sharyn River, from the first floodplain terrace. Coordinates N 43.543551° E 079.286874°, elevation 722 m above sea level. And the second population was taken from the southern bank of the Temirlik River, from the first floodplain terrace. GPS coordinates: N 43.359546° E 079.164989°, altitude 951 m above sea level. The geographical position of Sogdian ash Temirlik populations of *F. sogdiana* in the territory of the SNPP «Sharyn» was determined, as well as the floristic composition of plant communities at the level of these two populations. The current state of Sogdian ash populations in the valleys of the Sharyn and Temirlik rivers was assessed. In the first Sharyn population 12 families, 12 genera and 13 species were found. And in the second Temirlik population 13 families, 14 genera and 15 species were found. Sogdian ash is resistant to drought and heat and can be recommended for biodiversity conservation, landscaping and ecosystem improvement.

**Key words:** State National Natural Park «Sharyn», *Fraxinus sogdiana* Bunge, relict, Sharyn, Temirlik.

А.Р. Алдибекова<sup>1</sup>, М.С. Курманбаева<sup>1</sup>, Г.Н. Нысанбаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Государственный национальный природный парк «Шарын» МЭПР РК, Казахстан, Алматинская область

\*e-mail: Almagul.Aldibekova@kaznu.edu.kz

### Флористический состав сообществ с участием древесных растений ясеня согдийского (*Fraxinus sogdiana* Bunge)

Изучение находящихся под угрозой исчезновения реликтовых древесных растений является одним из ключевых компонентов стратегии сохранения биоразнообразия реликтового согдийского ясеня (*Fraxinus sogdiana* Bunge), произрастающего в долинах рек государственного национального природного парка «Шарын» в Алматинской области. В этой связи целью исследования является оценка современного состояния популяций реликтовой ясени согдийской (*Fraxinus sogdiana* Bunge), произрастающей в долинах рек Государственного национального природного парка «Шарын» в Алматинской области. В статье представлены результаты экспедиции в этот регион в 2023 году. В каждой популяции изучался трансекты размером 20x20 квадратных метров. Первая популяция отобрана с южного берега реки Шарын, с первой пойменной террасы. Координаты N 43.543551° E 079.286874°, высота 722 м над уровнем моря. А вторая популяция была взята с южного берега р. Темирлик, с первой пойменной террасы. Координаты GPS: N 43.359546° E 079.164989°, высота 951 м. над уровнем моря. Определено географическое положение Шарынской и Темирликской популяций *F. sogdiana* на территории ГНПП «Шарын», а также флористический состав растительных сообществ на уровне этих двух популяций. Оценено современное состояние популяций ясеня согдийского в долинах рек Шарын и Темирлик. В первой Шарынской популяции обнаружено 12 семейств, 12 родов и 13 видов. А во второй Темирликской популяции выявлено 13 семейств, 14 родов и 15 видов. Ясень согдийский устойчив к засухе и жаре и может быть рекомендован для сохранения биоразнообразия, озеленения и улучшения экосистем.

**Ключевые слова:** государственный национальный природный парк «Шарын», *Fraxinus sogdiana* Bunge, реликт, Шарын, Темирлик.

### Кіріспе

Жаһандық климаттың өзгеруі жағдайында жылыну мен құрғақшылық күшейе түсуде. Құрғақшылық – өсімдік құрылымы мен қызметіне әсер ететін маңызды және жиі кездесетін абиотикалық фактор болып табылады және ол орман экожүйесін дұрыс бақылауға қиындық тудырады [1,2].

Құрылымдық және композициялық күрделілігі мен алуантүрлілігіне байланысты, құрылыстағы тіршілік ету ортасының кең спектрінің ішінде ормандар мен орман алқаптары биологиялық және генетикалық тұрғыдан ең бай болыптабылады. Түрқұрамыбиоалуантүрліліктің маңызды сипаттамасы болғанымен, орман құрылымы биоалуантүрлілікті бағалау үшін одан да маңызды болуы мүмкін, өйткені өз кезегінде көбірек түрлерді орналастыратын және қолда бар ресурстарды тиімдірек пайдалануға ықпал ететін әртараптандырылған құрылымда көбірек тауашалар болуы мүмкін [3].

Ормандардың биоалуантүрлілігін сақтаудың 4 негізгі бағыты бар: бүлінгеннен кейінгі орман ландшафттарында түрлердің сақталу қабілеті, плантацияларды құрудың биоалуантүрлілікке

әсері, өзгертілген ағаш өсіру жүйелерінің орман құрылымына тиімділігі, өсімдік құрамы мен биотасы және ормандарды кесу мен өрт қаупі арасындағы байланыс [4].

Климаттың өзгеруі ормандардың өсуіне әсер ететін маңызды фактор болып табылады. Сондықтан климаттың өзгеруінің орманның өсуіне әсерін зерттеу деградацияға ұшыраған жерлердің жағдайын жақсарту және орман шаруашылығының дамуын жеделдету үшін үлкен маңызға ие. Жауын-шашын ағаштардың өсуіне әсер ететін негізгі метеорологиялық фактор болып табылады, ал температура мен атмосфералық қысым ағаштардың өсуімен де айтарлықтай байланысты [5].

Өсімдік жамылғысының қазіргі жағдайын талдау ландшафтты жоспарлаудың кешенді зерттеу бағдарламасының ажырамас бөлігі болып табылады, ол өсімдіктердің динамикасын, аумақтық дифференциациясын, биологиялық алуантүрлілігін, аумақтық қауымдастықтардың бұзылу дәрежесін және оларды сақтау мүмкіндіктерін анықтайды [6].

Жерді бақылау деректері бойынша биоалуантүрлілікті бағалаудың жанама әдісі спектрлік өзгеріштік гипотезасы болып та-

былады. Спектрлік өзгергіштік қашықтықтан зондтау кезінде оптикалық кескіннің спектрлік реакциясының кеңістіктік өзгергіштігі неғұрлым жоғары болса, қол жетімді экологиялық тауашалар саны соғұрлым көп болатынын және осылайша қарастырылып отырған аумақта биоалуантүрлілік жоғары болатынын көрсетеді [7].

Іле тау аралық қазан шұңқырын алып жатқан бірегей ландшафтық алуантүрлілігімен ерекшеленетін «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі («Шарын» МҰТП) Алматы облысында экологиялық, тарихи-ғылыми, эстетикалық табиғат байлығын қалпына келтіру және сақтау мақсатымен 2004 жылы ұйымдастырылған. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2009 жылғы № 121 бұйрығымен парк аумағы кеңейтілді, қазір жалпы аумағы 127 050 га.

«Шарын» МҰТП өсімдік жамылғысының кеңістік гетерогенділігі аласа тауларды, тау бөктеріндегі жазықтарды, құрғақ-денудациялық үстірттерді, делювиалды-пролувиалды жазықтарды, ежелгі аллювиалды жазықтарды, каньондар мен құрғақ каналдарды, Темірлік және Шарын өзендерінің аңғарларын, антропогендік ауылшаруашылық жерлерді қамтиды. Ландшафтық әртүрлілік «Шарын» МҰТП аумағының жоғары ботаникалық әртүрлілігін көрсетеді. Аумақтың басты ботаникалық ерекшелігі – «Сарытоғай» шатқалында реликті шаған өсімдігінен тұратын тоғайдың болуы. Шаған тоғайы табиғат ескерткіші ретінде 1964 жылдан бері мемлекет тарапынан қорғалды.

Соғды шағаны (*Fraxinus sogdiana*) «Шарын» МҰТП-де, ареалдың солтүстік шекарасында, палеоген дәуірінен бері сақталып, өсіп келе жатқан сирек реликт түр. Әдеби мәліметтер бойынша, 1926 жылы шаған 1100га, 1943 жылы – 410 га кеміп, 1981 жылға қарай 812 га дейін өсті. Қазіргі уақытта *Fraxinus sogdiana* алып жатқан аумақ 5,014 мың га құрайды [8]. Өсімдіктің сирек болуы түрдің стенопоттылығына, ағаштың жоғары сапасына және қарқынды экономикалық пайдалануға байланысты [9].

Ағаштар – әр масштабта әртүрлі функцияларды оңтайландыруға мүмкіндік беретін қасиеттері бар модульдік организмдер. Олар қоғамға экожүйелік қызметтердің кең ауқымын ұсынады және қоршаған орта мен ландшафт сипатын қалыптастырады. Осы функциялардың ішінде кеңістікті игеру және жарықты ұстау, ағаштардың өнімділігі мен өмір сүруінің күшті детерминанттары болып табылады. Ағаш попу-

ляцияларын және олардың климаттың өзгеруіне байланысты, төзімділігін талдау әдетте ағаш қауымдастықтарына немесе орман ағаштарына бағытталған [10, 11, 12].

Ұлттық парк аумағының және оған іргелес жатқан учаскелердің климаты континенттік [13, 14]. Ол қоңыржай климаттық белдеуге кіреді (климаттың суббореальды түрі) және оның мұхиттардан алыстығы, төмен ендік жағдайы, сондай-ақ атмосфералық айналым жағдайлары материктің ішіндегі аумақтың географиялық орналасуымен анықталады.

*Fraxinus* туысының көптеген түрлері жапырақты ағаштар мен бұталар. Олар негізінен Солтүстік Америкадан Еуропаға және Таяу Шығыстан Қытай мен Жапонияға дейінгі қоңыржай және солтүстік жарты шардағы ормандарда өседі. Бірнеше түрі Орталық Американың тропикалық аймақтарында, Үндістанда және Үндіқытайдың бір бөлігінде, ал екі түрі Солтүстік Африкада кездеседі. Бұлар ормандардың тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін үлкен қызығушылық тудырады, өйткені олар қайта өсіп шығу үшін тыныштық күйдегі вегетативті бүршіктерді белсендіру арқылы, өрттен немесе құрғақшылықтан аман қалуы мүмкін [15, 16].

Зерттеудің мақсаты Алматы облысындағы «Шарын» МҰТП өзендерінің аңғарларында өсетін реликті *F. sogdiana* популяцияларының қазіргі жағдайын бағалау болып табылады.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысының нысаны болып табылатын реликт түр *F. sogdiana* ағашының биіктігі 30 метрге жуық, ашық-сұр қабығындағы сызаттары ұсақ. Бұтақтары қызғылт-қоңыр, жас бұтақтарын қысқа түк басқан. Діні шашыраңқы. Жапырақтың ұзындығы 2см, қарама-қарсы орналасқан, тақ, сирек жұп қауырсынды (3-6 жұптан). Жапырақшалар жұмыртқа тәрізді ланцетті ұшталған, жиектері тісшелі. Гүлшоғыры шашақ тәрізді, ұзындығы 5 см-ге дейін. Гүлдері шоғырда 2-3 тен. Жемісі созыңқы-эллипс тәрізді, ұзындығы 3,5 см-ге дейін, түбі сәл ғана бүрлалған. Мамыр-маусымда гүлдеп, шілдеде жеміс береді. Вегетативті түрде және тұқыммен көбейеді. Өзен аңғарларының текшелерінде, кейде аласа таулардың беткейлерінде, тау етегіндегі жазықтарда, Іле өзені бассейнінде; Шарын және Темірлік өзендерінің төменгі ағысында; Сырдария Қаратауында; Боралдай өзені бассейнінде; Талас Алатауында; Дәубаба, Ақсу өзендерінің



аралығында өседі. Орталық Азияда өсіріледі [17].

Геоботаникалық зерттеулер 3 кезеңмен жүргізілді: дайындық, далалық, камеральдық кезеңдер.

Дайындық кезеңінде соғдышағаны кездесетін парк аумағына әдеби талдау жасалып, Ботаника және фитоинтродукция институтының гербарий қорында зерттеу жұмыстары жүргізілді. Алдын ала маршруттары нақтыланды.

Далалық кезеңі бойынша 2023 жылы шілде айында Алматы облысы, Ұйғыр ауданы, «Шарын» МҰТП аумағына экспедиция жүргізілді. Шаған тоғайында *F. sogdiana* Bunge ағашының Шарын және Темірлік өзен аңғарлары бойынша екі популяциясы қаралды. Әр популяциядағы участок мөлшері 20x20 (1-сурет). Зерттеу

аймақтарының координаттары Garmin GPSMAP 66S навигаторы көмегімен алынды. Nikon D7500 сандық фотоаппараттың көмегімен фотосуретке түсірілді. Бірінші популяция Шарын өзенінің оңтүстік жағалауынан, 1 жайылма террасадан алынды. GPS бойынша координаттары: N 43.543551° E 079.286874°, теңіз деңгейінен биіктігі 722м. Ал, екінші популяция Темірлік өзенінің оңтүстік жағалауынан, 1 жайылма террасадан алынды. GPS бойынша координаттары: N 43.359546° E 079.164989°, теңіз деңгейінен биіктігі 951м (2-сурет). 2 популяция аумағынан қауымдастықтың флоралық құрамы зерттеуге алынды. Жұмыс барысында өсімдік қауымдастықтарына геоботаникалық сипаттама және флоралық талдау жалпы қолданылып жүрген тәсілдермен жүргізілді [18,19].



а)



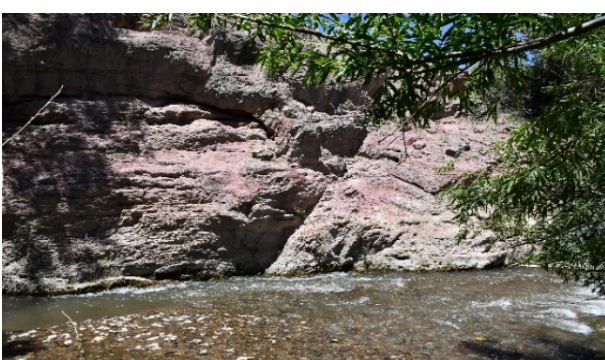
б)

1-сурет – а) Шарын және б) Темірлік өзендерінің оңтүстік жағалаулары





а)



б)

2-сурет – а) Шарын және б) Темірлік өзендері

«Шарын» МҰТП аумағында *F. sogdiana* қазіргі уақыттағы таралу картасын жасау үшін, ғарыштық суреттердің көмегімен Алматы облысының орман алқаптарын (атап айтқанда «Шарын» МҰТП аумағы) зерделеу және талдау жүргізу үшін Sentinel-2 спутниктерінің ғарыштық суреттерін пайдалану ыңғайлы болды. Бұл картаны жасау үшін біз ArcGis бағдарламалық жасақтамасын қолданылды. Яғни, осы бағдарламаның жұмыс үстелі геоақпараттық жүйесінде жүргізілді. Карталарды жасауға қажетті барлық суреттер ArcGis Desktop бағдарламасына импортталды. ArcGis Desktop-геокеңістіктік ақпаратты жасауға, өңдеуге, визуализациялауға, талдауға және жариялауға арналған жұмыс үстелі ГАЖ бағдарламалық құралы. Бұл бағдарламалық жасақтаманың басты артықшылығы – бағдарламалық жасақтамамен қатар әртүрлі модульдер екендігінде.

Шарын шаған орманының ауданы кішкентай, сол себепті қолмен дешифрлеу және векторлау қолданылды. Бұл әдіс объектінің шекарасын дәлірек сызуға мүмкіндік береді, бұл нақты және ауқымды тақырыптық карталарды құру үшін өте маңызды.

Зерттеудің камеральдық кезеңінде, экспедиция кезінде жинақтаған гербарийлік материалдар өңделді. Гербарий материалдарын жинау және кептіру А.К. Скворцов бойынша жүргізілді [20]. Флоралық құрамы бойынша материалдарды өңдеу барысында «Қазақстан өсімдіктерін иллюстративті анықтауыш» және «Қазақстан Флорасы» кітаптарының тиісті томдары пайдаланылды. Өсімдіктердің тізімі «Плантариум» [21] және Plants of the World online [22] бойынша ал үш тілдегі атауы С.А. Арыстанғалиев [23] сөздігімен берілді.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Шарын өзенінің жайылмасындағы шаған орманының бірегей массивін қалпына келтіру бойынша үлкен жұмыстар жүргізілді. Көптеген жұмыстар шаған ормандарын сақтау үшін, табиғи қалпына келтіру және орман шаруашылығы шараларына бағытталған [24,25].

«Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінде сақталған реликт түр *F. sogdiana* ағашының қарастырылған екі популяциясында су режимі атмосфералық жауын-шашын, жер

асты суларымен реттеледі. Зерттеу нүктелері бойынша, 1-популяция Шарын өзенінің оңтүстік жағалауында өсімдік жабыны: 70-75% құрайды, ал Темірлік өзенінің оңтүстік жағалауындағы 2-популяцияда өсімдік жабыны 90% құрады.

Ағашты ярус биіктігі 1-популяцияда 12-30м болса, 2-популяцияда 1,9-28м арасында болды. Бұталы ярус биіктігі 1-популяцияда 120-200см, ал 2-популяцияда 150-160см аралығын көрсетті. Шөптесін ярус биіктігі 1-популяцияда: 10-150см, 2-популяцияда: 20-80см болды.

Бірінші популяцияда: шағанды – теректі (*Fraxinus sogdiana* Bun., *Populus talassica* Kom.) → бұталы (*Lonicera iliensis* Pojark., *Berberis iliensis* Popov., *Rosa iliensis* Chrshan) → төменгі түрлі шөптесін ярусты (*Trachomitum lancifolium* (Russanov) Pobed, *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. ex DC., *Thalictrum minus* L., *Galium aparine* L., *Cynanchum sibiricum* (Willd.) Rech., *Leymus*

*multicaulis* (Kar. & Kir.) Tzvelev., *Asparagus officinalis* L., *Rubus caesius* L.).

Екінші популяцияда: шағанды – теректі үйеңкімен (*Fraxinus sogdiana* Bun., *Populus talassica* Kom., *Acer tataricum* ssp. *semenovii* (Regel & Herder) A.E. Murray) → бұталы (*Berberis iliensis* Popov., *Rosa iliensis* Chrshan) → төменгі түрлі шөптесін ярусты (*Chenopodium album* L., *Suaeda linifolia* Pall., *Cannabis sativa* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Cicerbita azurea* (Ledeb.) Beauverd, *Zygophyllum fabago* L., *Leymus divaricatus* (Drobow) Tzvelev, *Asparagus officinalis* L., *Thalictrum minus* L., *Equisetum arvense* L.).

Екі популяцияда Шарын және Темірлік өзендерінің аңғарларындағы жайылма үсті тер-рассалары алынған.

*F. sogdiana* өсімдігі популяцияларының флоралық құрамы мен атаулары үш тілде 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – *F. sogdiana* Bunge өсімдігі популяцияларының флоралық құрамы

№	Бөлім, класс, тұқымдас, туыс, түр Латынша, қазақша және орысша атаулары	<i>F.sogdiana</i> популяциясы	
		№1 популяция Шарын өзені	№2 популяция Темірлік өзені
	Magnoliophyta – Жабық тұқымдылар бөлімі (Покрытосеменные)		
	Magnoliopsida – Қос жарнақтылар классы (Двудольные)		
I	<b>Oleaceae – Зәйтүндер тұқымдасы (Маслинные)</b>		
1	<i>Fraxinus</i> – Шаған туысы (Ясень)		
1.1	<i>Fraxinus sogdiana</i> Bunge- Соғды шағаны, Ясень согдиский	+	+
II	<b>Salicaceae – Талдар тұқымдасы (Ивовые)</b>		
1	<i>Populus</i> – Терек туысы (Тополь)		
1.1	<i>Populus talassica</i> Kom.- Талас терегі, Тополь таласский	+	+
III	<b>Aceraceae – Үйеңкілер тұқымдасы (Кленовые)</b>		
1	<i>Acer</i> L. – Үйеңкі туысы (Клен)		
1.1	<i>Acer tataricum subsp. semenovii</i> (Regel & Herder) A.E.Murray – Қара үйеңкі, Клен татарский	-	+
IV	<b>Caprifoliaceae – Үшқаттар тұқымдасы (Жимолостные)</b>		
1	<i>Lonicera</i> L. – Үшқат туысы (Жимолость)		
1.1	<i>Lonicera iliensis</i> Pojark. – Іле үшқаты, Жимолость илийская	+	-
V	<b>Berberidaceae – Бөріқарақаттар (Барбарисовые) тұқымдасы</b>		
1	<i>Berberis</i> L. – Бөріқарақат (Барбарис) туысы		
1.1	<i>Berberis iliensis</i> Popov- Іле бөріқарақаты, Барбарис илийский	+	+
VI	<b>Rosaceae – Раушангүлдер тұқымдасы (Розовые)</b>		
1	<i>Rosa</i> – Раушан туысы (Шиповник, Роза)		
1.1	<i>Rosa iliensis</i> Chrshan – Іле раушаны, Шиповник илийский	+	+
2	Таңқурай туысы (Ежевика, малина)		

№	Бөлім, класс, тұқымдас, туыс, түр Латынша, қазақша және орысша атаулары	<i>F.sogdiana</i> популяциясы	
		№1 популяция Шарын өзені	№2 популяция Темірлік өзені
2.1.	<i>Rubus caesius</i> L. – Қожақат таңқурайы, Ежевика	+	-
VII	<b>Аросунасеae – Кендірлер тұқымдасы (Кутровые)</b>		
1	<i>Arosynum</i> L. – Кендір туысы (Кендырь)		
1.1.	<i>Trachomitum lancifolium</i> (Russanov) Pobed. – Қызыл кендір, Кендырь ланцетолистый	+	-
VIII	<b>Fabaceae – Бұршақтар тұқымдасы (Бобовые)</b>		
1	<i>Glycyrrhiza</i> – Мия туысы (Солодка)		
1.1	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch. ex DC. – Орал миясы, Солодка уральская	+	-
IX	<b>Ranunculaceae Juzz- Сарғалдақтар тұқымдасы (Лютиковые)</b>		
1	<i>Thalictrum</i> L. – Маралоты туысы (Василистник)		
1.1	<i>Thalictrum minus</i> L. – Айдар маралоты, Василистник малый	+	+
X	<b>Rubiaceae Juzz – Рияндар тұқымдасы (Мареновые)</b>		
1	<i>Galium</i> L.- Қызылбояу туысы (Подмаренник)		
1.1	<i>Galium aparine</i> L. – Жабысқақ қызылбояу, Подмаренник цепкий	+	-
XI	<b>Asclepiadaceae L. – Түйешырмауықтар тұқымдасы (Ластовневые)</b>		
1	<i>Cynanchum</i> – Цинанхум туысы		
1.1	<i>Cynanchum acutum subsp. sibiricum</i> (Willd.) Rech.f.- Сібір цинанхумы, Цинанхум сибирский	+	-
XII	<b>Chenopodiaceae L. – Алабұталар тұқымдасы (Маревые)</b>		
1	<i>Chenopodium</i> L – Алабұта туысы (Марь)		
1.1	<i>Chenopodium album</i> L. – Ақ алабұта, Марь белая	-	+
2	<i>Suaeda</i> Forsk. – Ақсора туысы (Сведа)		
2.1	<i>Suaeda linifolia</i> Pall. – Көпжапырақты ақсора, Сведа льнолистная	-	+
XIII	<b>Moraceae L. – Тұттар тұқымдасы (Тутовые)</b>		
1	<i>Cannabis</i> L. – Кенешөп туысы (Конопля)		
1.1	<i>Cannabis sativa</i> L. – Егістік кенешөбі, Конопля посевная	-	+
XIV	<b>Asteraceae – Күрделігүлділер тұқымдасы (Астровые, Сложноцветные)</b>		
1	<i>Lactuca</i> L. – Ассүттіген туысы (Латук, салат)		
1.1	<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey. – Татар ассүттігені, Латук татарский	-	+
2	<i>Cicerbita</i> L – Цицербита туысы (Цицербита)		
2.1	<i>Cicerbita azurea</i> (Ledeb.) Beauverd – Көкшіл цицербита, Цицербита лазоревая	-	+
XV	<b>Zygophyllaceae – Түйетабандар тұқымдасы (Парнолистниковые)</b>		
1	<i>Zygophyllum</i> – Түйетабан туысы (Парнолистник)		
1.1	<i>Zygophyllum fabago</i> L. – Кәдімгі түйетабан, Парнолистник обыкновенный	-	+
	<i>Liliopsida</i> – Монокоттар, Лилипсидтер классы (Однодольные)		
XVI	<b>Poaceae – Астық тұқымдасы (Злаки)</b>		
1	<i>Leymus</i> –Қияқ туысы (Колосняк)		
1.1	<i>Leymus multicaulis</i> (Kar. & Kir.) Tzvelev – Сары қияқ, Волоснец многостебельный	+	-
1.2	<i>Leymus divaricatus</i> (Drobow) Tzvelev – Шашақты қияқ, Волоснец растопыренный	-	+
XVII	<b>Liliaceae Juss. – Лалагүлдер тұқымдасы (Лилейные)</b>		



№	Бөлім, класс, тұқымдас, туыс, түр Латынша, қазақша және орысша атаулары	<i>F.sogdiana</i> популяциясы	
		№1 популяция Шарын өзені	№2 популяция Темірлік өзені
1	<i>Asparagus</i> L. – Қасқыржем туысы (Спаржа)		
1.1	<i>Asparagus officinalis</i> L. – Итшуы, жабайы қасқыржем, Спаржа обыкновенная	+	+
	Equisetophyta – Қырықбуын тәрізділер бөлімі (Хвоцевидные)		
	Equisetopsida – класы (Хвощовые)		
XVIII	<b>Equisetaceae – Қырықбуындар тұқымдасы (Хвощевые)</b>		
1	<i>Equisetum</i> L. – Қырықбуын туысы (Хвощ)		
1.1	<i>Equisetum arvense</i> L. – Дала қырықбуыны, Хвощ полевой	-	+

6 түр (*Fraxinus sogdiana* Bun, *Populus talassica* Kom., *Berberis iliensis* P, *Rosa iliensis* Chrshan., *Asparagus officinalis* L., *Thalictrum minus* L.) екі популяцияда да кездеседі және *F. sogdiana* Bun. доминант, *Populus talassica* Kom. субдоминант болып табылады. *F. sogdiana* негізгі орман құрушылар ретінде үстемдік етеді.

Популяцияның саны мен тығыздығы оның қасиеттерін сипаттайтын негізгі көрсеткіштері болып саналатындықтан, зерттелген екі популяция бойынша жастық спектрлері анықталды. Шарын және Темірлік өзендері аңғарынан үш-үштен 6 трансекта жасалды. Мысалы, Шарын өзені аңғарындағы үш трансектада да жалпы өскін, ювенильдік, имматурлық, виргинильдік, генеративтік кезеңдерден *F. sogdiana* дарақтары табылса, субсенильдік және сенильдік кезең тек 2 трансектада 1-ден кездесті.

1 – популяцияда: *F. sogdiana* өскін – 41 дарақ, ювенильдік – 1x1=126 дарақ, имматурлық-10 дарақ, виргинильдік – 21 дарақ, орта жастағы генеративтік-54 дарақ, субсенильдік және сенильдік бір-бірден кездесті.

1-трансектада Темірлік өзені аңғарындағы 2 – популяцияда: *F. sogdiana* өскін – 2 дарақ, ювенильдік – 1x1=12 дарақ, имматурлық-1x1=6 дарақ, виргинильдік – 10 дарақ, қартайған генеративтік-27 дарақ, субсенильдік және сенильдік бір-бірден кездесті. Темірлік өзені аңғарындағы үш трансектада да жалпы, имматурлық, виргинильдік, генеративтік кезеңдерден *F. Sogdiana* дарақтары табылса, өскін, ювенильдік және қартайған кезең тек 1 трансектада ғана бақыланды. Шарын және Темірлік өзендері аңғарындағы әрқайсысынан жасалған үш трансектадан орташа мәнді жастық спектр 3 суретте келтірілді.

Жалпы трансектаға кірмеген постгенеративтік курап бара жатқан дарақтар «Шарын»

МҮТП аумағында кездесті. Солардың бірі 300 жастағы реликт *F. Sogdiana* арнайы қоршауға алынған, диаметрі 3-метрге жуық, биіктігі 30 метрге жетеді (4 сурет).

Шарын өзені аңғарында *F. sogdiana* популяциясы жағдайы қанағаттанарлық, өскін кезеңінің өте көп дарағы кездесуі, өсу ортасының қолайлығын көрсетеді. Жастық спектрін құру барысында байқағанымыз, Темірлік өзені аңғарында өскін, ювенильдік кезеңінің мардымсыз аз немесе мүлдем болмауы, туристтердің көп шоғырлануынан болуы ықтимал.

Экспедиция барысында *F.sogdiana* ағашының Шарын және Темірлік өзендері жайылмаларындағы популяцияларынан жиналған гербарий үлгілері Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігіне қарасты, Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорнының гербарий қорын (АА-халықаралық индекс) және Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі, әл – Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің (КеАК), Биология және биотехнология факультетінің, Биологтар және биоресурстар кафедрасының ғылыми гербарий қорлары толықтырды. *F.sogdiana* өсімдігі Ботаника институттың гербарий қорында ең алғаш 1899 жылы 13 тамызда, Верный қаласы маңынан Ю. И. Килломанмен тіркелген үлгісі сақталған, Шарын өзені маңайынан 1951 жылы жиналған *F.sogdiana* гербарийін 1964 жылы Н.Л. Семиотрочева түзеткен үлгісі бар. Ал, университеттің ғылыми гербарий қорында *F.sogdiana* ең алғаш, 1937 жылы 31 тамызда М.Г. Поповпен Шарын өзені маңынан жиналып, тіркелген үлгісі сақталған, соңғы үлгі Алматы қаласы, К. Байсеи-

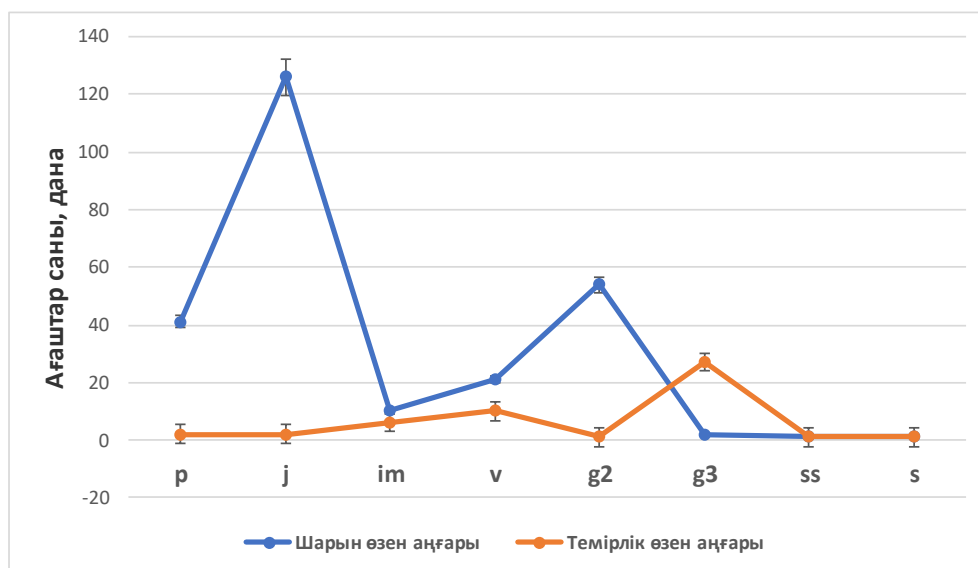


това көшесінен 1966 жылы 31 шілдеде жиналып өткізілген екен.

Табиғи және антропогендік өзгерістерге ұшыраған орман шаруашылығының ғарыштық мониторингі маңызды рөл атқарады. Ғарыштық түсірілімді пайдалана отырып, «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінде

*F. sogdiana* ағашының таралу картасы жасалды (5-сурет).

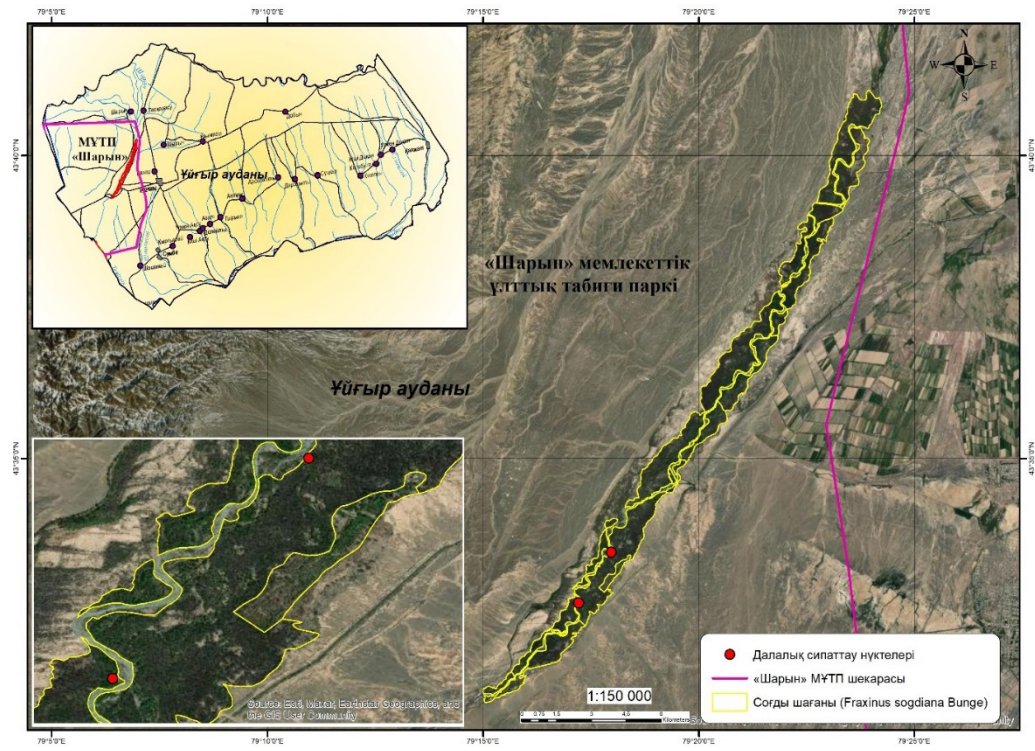
Террасалар гидроморфты ылғалдандыру режимінің интразональды топырақтарының басым болуымен, әр түрлі тұзданумен сипатталады. Негізінен, экожүйенің бүлінуі мал жайылымына тәуелді.



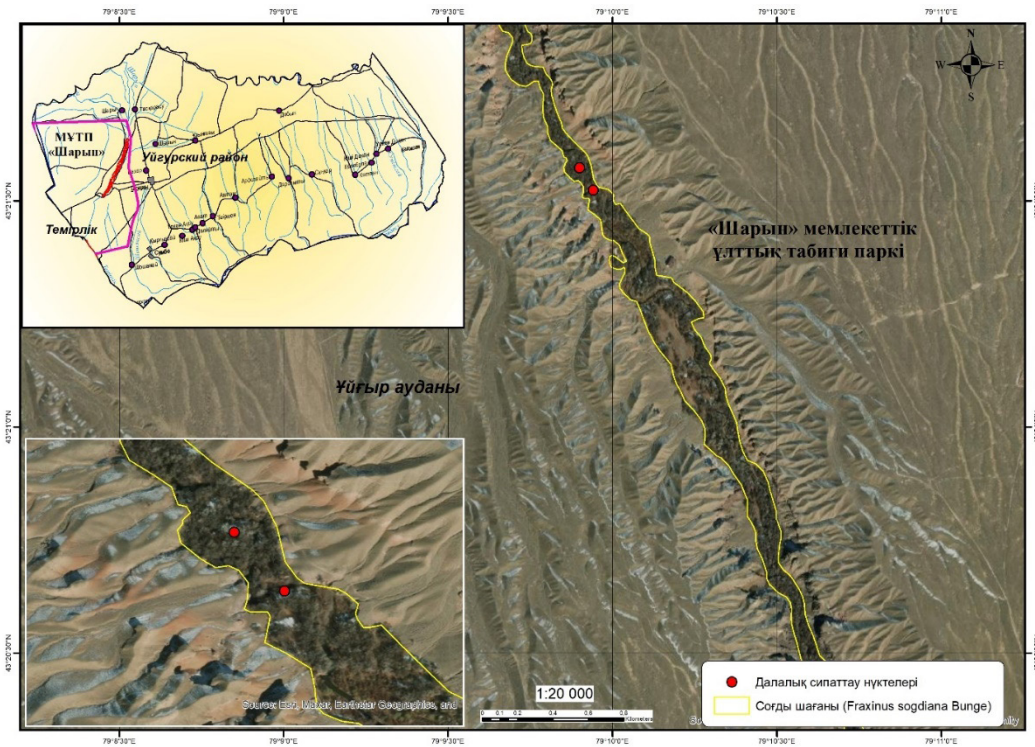
**3-сурет** – *F.sogdiana* жастық күйлерінің спектрі: 1 – Шарын өзенінің аңғарындағы популяция; 2 – Темірлік өзенінің аңғарындағы популяция (р-өскіндер; j-ювенильдік күйі; im-имматуралық күйі; v-виргинильдік күйі; g2-орта жастағы генеративтік дарақтар; g3-қартайған генеративтік дарақтар; ss-субсенильдік дарақтар; s-сенильдік дарақтар)



**4-сурет** – «Шарын» МҰТП аумағындағы 300 жастағы реликт *F. sogdiana*



а)



б)

5-сурет – «Шарын» МҰТПда а) Шарын б) Темірлік өзен аңғарларында *F. sogdiana* таралу картасы



Картаны рәсімдеу және толықтыру үшін векторлық қабаттарға елді мекендер, түрлі типтегі жолдар, гидрография, аудандар шекараларының әкімшілік аумағы, «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі аумағының шекарасы, жерүсті зерттеулер қосылды. Сайып келгенде, *F. sogdiana* таралуының анық шекараларын көрсететін ауқымды ғарыш карталары жасалынды.

### Қорытынды

Соғды шағаны (*Fraxinus sogdiana* Bunge) ағашы қатысатын қауымдастықтардың флоралық құрамын зерттеу нәтижесінде, Алматы облысы, «Шарын» МҰТП аумағы, Шарын шаған орманындағы *F. sogdiana* ағашы 2 популяциясының флоралық құрамында 18 тұқымдас, оның ішінде 21 туыс, 22 түр анықталды және 3 ағаш тұқымдасы, 3 бұта тұқымдастары, көпжылдық қосжарнақтылар, даражарнақтылар және қырықбуындар кездесетіндігі айқындалды.

Шарын өзенінің жайылмасындағы популяцияда жастық күйлерінің спектрлері солға қарай жылжитындығын байқаймыз. Бұл популяцияның «жастығын» көрсетеді, қартайған

және өліп бара жатқан дарақтардың аз болуы ересек ағаштардың ертеректе шаруашылық қажеттіліктері үшін кесілгенін нақтылайды. Темірлік өзенінің жайылмасындағы популяцияда жастық күйлерінің спектрлері оңға қарай жылжиды, өскін кезеңі мүлдем жоқ болуына орай, сондай-ақ қартайған кезеңдерінің өте аз болуы антропогендік факторға тәуелді.

Ғарыштық түсірілімдермен далалық зерттеулер негізінде «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінде *F. sogdiana* қазіргі уақыттағы таралу картасы жасалынды. Карта бойынша, Шарын және Темірлік өзендері жайылмаларындағы соғды шағанының таралуын салыстыру барысында, *F. sogdiana* ағашының кездесу жиілігі Шарын өзені жайылымында, Темірлік өзені аңғарымен салыстырғанда жоғары екендігін анықталды.

### Алғыс сөз

Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігінің, Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетіне қарасты «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркі қызметкерлеріне алғыс білдіремін.

### Әдебиеттер

1. Zheng Q. Y. et al. Xylem anatomical characteristics of *Fraxinus mandshurica* and relationship with climate in different slope positions //Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology. – 2021. – Т. 32. – №. 10. – С. 3428-3436.
2. Merkle S. A. et al. Application of somatic embryogenesis for development of emerald ash borer-resistant white ash and green ash varieties //New Forests. – 2023. – Т. 54. – №. 4. – С. 697-720.
3. Mura M. et al. Estimating and mapping forest structural diversity using airborne laser scanning data //Remote Sensing of Environment. – 2015. – Т. 170. – С. 133-142.
4. Lindenmayer D. B. Landscape change and the science of biodiversity conservation in tropical forests: a view from the temperate world //Biological Conservation. – 2010. – Т. 143. – №. 10. – С. 2405-2411.
5. Wang R. et al. Impacts of climate change on forest growth in saline-alkali land of Yellow River Delta, North China //Dendrochronologia. – 2022. – Т. 74. – С. 125975.
6. Novitskaya N. I., Suvorov E. G. Preservation of the natural potential of vegetation. Assessment in landscape planning // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 381. – №. 1. – С. 012090.
7. Torresani M. et al. Height variation hypothesis: A new approach for estimating forest species diversity with CHM LiDAR data //Ecological Indicators. – 2020. – Т. 117. – С. 106520.
8. Aldibekova A. et al. Comparative study of root, stem, and leaf anatomy of young Sogdian ash trees (*Fraxinus sogdiana* Bunge) growing in river valleys of the Sharyn State National Park //International Journal of Biology and Chemistry. – 2021. – Т. 14. – №. 1. – С. 80-89.
9. Куприянов О. А. Ясень согдийский в горах Каратау //Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2018. – №. 17. – С. 91-94.
10. Lecigne B. et al. Trimming influences tree light interception and space exploration: contrasted responses of two cultivars of *Fraxinus pennsylvanica* at various scales of their architecture //Trees. – 2022. – Т. 36. – №. 3. – С. 1067-1083.
11. Mácová K., Szórádová A., Kolařík J. Are Trees Planted along the Roads Sustainable? A Large-Scale Study in the Czech Republic //Sustainability. – 2022. – Т. 14. – №. 9. – С. 5026.
12. Drenkhan R., Adamson K., Hanso M. *Fraxinus sogdiana*, a Central Asian ash species, is susceptible to *Hymenoscyphus fraxineus*. – 2015.

13. Алисов Б. П. Климатические области зарубежных стран. – Gosudarstvennoe Izdatel'stvo Geograficheskoy Literatury, 1950.
14. Воейков А. И. Новые данные о суточной амплитуде температур и особенности влияния на нее топографических условий //Избр. соч. М. – 1952. – Т. 3. – С. 502.
15. Barstow M. et al. The red list of *Fraxinus*. – 2018. – С. 32 pp.
16. Helluy M. et al. Influence of light, water stress and shrub cover on sapling survival and height growth: the case of *A. unedo*, *F. ornus* and *S. domestica* under Mediterranean climate //European Journal of Forest Research. – 2021. – Т. 140. – №. 3. – С. 635-647.
17. Қазақстан қызыл кітабы Астана. 2014. – Т. 2. – С 254.
18. Полевая геоботаника -1976. – т-5, С 320.
19. Быков Б. А. Геоботаника. Алма-Ата. – 1978. – с 288.
20. Скворцов А. К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – 1977.
21. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. 2007–2023. URL: <https://www.plantarium.ru/>
22. POWO. «Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; 2023. <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
23. Арыстангалиев С. А., Рамазанов Э. Р. Растения Казахстана, Народные и научные названия. – Izd. Nauka Kazakhskoj SSR, 1977.
24. Винтерголлер Б. А. Редкие растения Казахстана. – Изд. наука Казахской ССР, 1976. С-170-174.
25. Березин Э. Л. Ясеньевые леса поймы реки Чарына //Труды Института ботаники АН КазССР, т. III. – 1955. С-102-124.

#### References

1. Aldibekova, A., Sultanova, B., Aksoy, A., & Kurmanbayeva, M. (2021). Comparative study of root, stem, and leaf anatomy of young Sogdian ash trees (*Fraxinus sogdiana* Bunge) growing in river valleys of the Sharyn State National Park.// International Journal of Biology and Chemistry, – 2021. – Vol.. 14. – №. 1. – P. 80-89.
2. Alisov, B. P. (1950) Klimaticheskie oblasti zarubezhnykh stran [Climatic areas of foreign countries]. Moscow: Geografiz.
3. Arystangaliyev S.A., Ramazanov E.R. (1977) Rasteniya Kazakhstana: Narodnyye i nauchnyye nazvaniya. [Plants of Kazakhstan: Folk and scientific names]. Almaty: Nauka.
4. Barstow M. et al. (2018) The Red List of *Fraxinus*; Botanic Gardens Conservation International: San Marino, CA, USA;; ISBN 9781905164677.
5. Berezin Ye.L. (1956) Yasenevyy les poymy reki Charyna [Ash forests of the floodplain of the Charyn River]. Proceedings of the Institute of Botany, Academy of Sciences of the KazSSR, Vol. 3, Alma-Ata, p- 102-124.
6. Bykov, B. A. (1978) Geobotanika [Geobotany]. Alma-Ata: Nauka.. p 288
7. Drenkhan, R., Adamson, K., Hanso, M. (2015). *Fraxinus sogdiana*, a Central Asian Ash Species, Is Susceptible to *Hymenoscyphus fraxineus*. Plant Protection Science. Vol. 51, no 3, pp. 150-152
8. Helluy, M.; Gavinet, J.; Prévosto, B.; Fernandez, C. (2021) Influence of light, water stress and shrub cover on sapling survival and height growth: The case of *A. unedo*, *F. ornus* and *S. domestica* under Mediterranean climate. *Eur. J. For. Res.* 140, 635–647.
9. Kupriyanov, O. A. (2018). Yasen' sogdiyskiy v gorakh Karatau. [Sogdian ash in the Karatau Mountains]. Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii// XVII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Barnaul, Russia, pp. 91-94
10. Lecigne B. et al. (2022) Trimming influences tree light interception and space exploration: contrasted responses of two cultivars of *Fraxinus pennsylvanica* at various scales of their architecture . //Trees. – 2022 – V. 36. – №. 3. – P. 1067-1083.
11. Lindenmayer DB. (2010) Landscape change and the science of biodiversity conservation in tropical forests: A view from the temperate world. Biological Conservation. Vol. 143, no 10. pp. 2405-2411.
12. Mácová K., Szórádová A., Kolařík J. (2022) Are Trees Planted along the Roads Sustainable? A Large-Scale Study in the Czech Republic //Sustainability. V. 14. №. 9. P. 5026.
13. Matteo Mura, Ronald E. McRoberts, Gherardo Chirici, Marco Marchetti. (2015) Estimating and mapping forest structural diversity using airborne laser scanning data. Remote Sensing of Environment— Vol 170. – pp 133-142.
14. Merkle, S.A.; Koch, J.L.; Tull, A.R.; Dassow, J.E.; Carey, D.W.; Barnes, B.F.; Gandhi, K.J. (2022) Application of somatic embryogenesis for development of emerald ash borer-resistant white ash and green ash varieties. *New For.*, 17, 1–24.
15. Novitskaya N. I., Suvorov E. G. (2019) Preservation of the natural potential of vegetation. Assessment in landscape planning //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, — vol. 381, no 012090,
16. «Plantarium». Rasteniya i lishayniki Rossii i sopredel'nykh stran: otkrytyy onlayn atlas i opredelitel' rasteniy [Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and plant identifier]. URL: <https://www.plantarium.ru/>
17. Polevaya geobotanika (1976) [Field Geobotany]. vol-5, p. 320
18. POWO. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; 2023.<http://www.plantsoftheworldonline.org/>
19. Red Book of Kazakhstan. (2014) Astana V. 2, P. 254.
20. Skvortsov, A. K. Gerbariy (1977) [Herbarium]. Manual of Methods and Techniques. P. 199.

21. Torresani, M., Rocchini, D., Sonnenschein, R., Zebisch, M., Hauffe, H.C., Heym, M., Pretzsch, H., Tonon, G. (2020) Height variation hypothesis: A new approach for estimating forest species diversity with CHM LiDAR data. // Ecological Indicators. Vol. 117, no 106520
22. Vintergoller B.A. (1976) Redkiye rasteniya Kazakhstana [Rare plants of Kazakhstan]. «Nauka» KazSSR, Alma-Ata, p-170-174.
23. Voyeikov A. I. (1952) Novyye dannyye o sutochnoy amplitude temperatur i osobennosti vliyaniya na neye topograficheskikh usloviy [New data on the daily amplitude of temperatures and peculiarities of the influence of topographic conditions on it] // Ibid. M. VOL. 3. – P. 502.
24. Wang R. et al. (2022) Impacts of climate change on forest growth in saline-alkali land of Yellow River Delta, North China. Dendrochronologia. V 74. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.125975>
25. Zheng, Q.Y.; Zhang, G.S.; Zhao, B.Q.; Wang, X.C. (2021) Xylem anatomical characteristics of *Fraxinus mandshurica* and relationship with climate in different slope positions. J. Appl. Ecol. 32, 3428–3436.

**Авторлар туралы мәлімет:**

*Алдибекова Алмагул Рахатовна (корреспондент автор) PhD докторант, Білім беру бағдарламаларын жобалау кеңсесінің бас маманы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Алматы, Қазақстан, email: Almagul.Aldibekova@kaznu.edu.kz);*

*Курманбаева Меруерт Сакеновна – биология ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Биология және биотехнология факультетінің деканы (Алматы, Қазақстан, email: Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.edu.kz);*

*Нысанбаева Гүлмира Нуралиевна – «Шарын» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің директоры (Алматы облысы, Қазақстан, email: gulmira.1971@mail.ru)*

**Information about authors:**

*Aldibekova Almagul Rakhatovna, PhD doctoral student, Chief specialist of the office of educational program design, Al-Farabi Kazakh National University, (Kazakhstan, Almaty, email: Almagul.Aldibekova@kaznu.edu.kz);*

*Kurmanbayeva Meruyert Sakenovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, (Kazakhstan, Almaty, email: Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.edu.kz);*

*Nysanbayeva Gulmira Nuralievna – Director of the RSU «Sharyn» State National Natural Park (Kazakhstan, Almaty region, email: gulmira.1971@mail.ru)*

*Келін түсті 15 қараша 2023 жыл  
Қайта жүктелді 4 қантар 2024 жыл  
Қабылданды 20 ақпан 2024 жыл*



Ч.Ж. Алдасугурова\* , А.А. Аметов , А.Ж. Чилдибаева ,  
Т.Б. Рысқали , А.С. Нурмаханова , А. Қажикенова 

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: aldasygyrova.chinar.77@gmail.com

## ІЛЕ АЛАТУЫНЫҢ ТҮРГЕН ШАТҚАЛЫ ОРМАНДЫ БЕЛДЕУІНДЕ ЭНДЕМДІК ТҮР *ROSA POTENTILLIFLORA* CHRSHAN. ЕТ. М. ПОР. КЕЗДЕСЕТІН ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҒЫН ГЕОБОТАНИКАЛЫҚ ТҰРҒЫДАН ТАЛДАУ

Мақалада Іле Алатауының Түрген шатқалында сирек, эндемдік *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop. түрімен кездесетін өсімдіктер қауымдастықтарына геоботаникалық тұрғыдан талдау жасалынған. Іле Алатауының Түрген шатқалы орманды белдеуінде сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі, эндемдік *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop. өсімдігінің үш ценопопуляцияның ассоциациясы мен өсімдіктер жабынының пайыздық көрсеткіштері, ярустардың өсімдіктер жамылғысы сипатталған. р ценопопуляция шегінде 10 10 м<sup>2</sup> болатын өлшемді трансекта салынған, зерттеу объектісінің жастық құрамы анықталған. Іле Алатауының Түрген шатқалы орманды белдеуіндегі бұл түрдің популяциясының дамуы қалыпты жағдайда екендігін көрсетеді. Үш ценопопуляцияның жағдайында да *Rosa potentilliflora* өсімдігінің өскіннен бастап, толық жетілген генеративтік дарақтар күйі кездесті. Іле Алатауының Түрген шатқалы орманды белдеуінде *Rosa potentilliflora* өсімдігінің популяциясына тікелей төніп тұрған қауіп жоқ деп айтуға толық негіз бар. Бірақ бұл түрдің өте сирек кездесетініне және алып жатқан жер көлемінің аздығына көз жеткізілді. Анықталған басты таралу аймақтары айқындалған, популяцияның орманды белдеудің, негізгі тек күн жақсы түсетін ортада өсуге қалыптасқан, оңтүстік – шығыс экспозициясында өсетіндігі анықталды.

**Түйін сөздер:** флора, эндем, доминант, популяция, ценопопуляция, ассоциация.

Ch.Zh. Aldassugurova\*, A.A. Ametov, A.Zh. Childibaeva, A.S. Nurmahanova,  
T.B. Ryskali, A. Kazhikenova

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: aldasygyrova.chinar.77@gmail.com

### Geobotanical analysis of plant communities of the endemic species *Rosa Potentilliflora* Chrshan. Et. M. Pop. in different forest Belt Ile-Alatau

The article contains a geobotanical analysis of the types of plant communities with the participation of the rare endemic species *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop. in the Turgan Gorge of the Trans-Ili Alatau. *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop. It is rare, has a limited range and is endemic to the forest belt of the Turgan Gorge of the Trans-Ili Alatau. Associations of three plant coenopopulations and the percentage of projective design of vegetation cover are described, divided into tiers of plant communities. Within each coenopopulation, a transect measuring 10 10 m<sup>2</sup> was laid out and the age composition of *Rosa potentilliflora* was determined. The development of the population of this species in the forest zone of the Turgan Gorge of the Trans-Ili Alatau is under normal conditions. In all three coenopopulations, the state of fully mature generative individuals was established, starting with seedlings of the *Rosa potentilliflora* plant. There is every reason to believe that there is no immediate threat to the *Rosa potentilliflora* population in the forest belt of the Turgan Gorge of the Trans-Ili Alatau. We were convinced that the species is very rare and occupies a small territory. The main distribution zones have been identified, it has been established that the population grows in the southeastern exposure of the forest belt, the main one is formed for growth only in an environment with good sunlight.

**Key words:** Flora, endemic, dominant, population, coenopopulation, association.

Ч.Ж. Алдасугурова\*, А.А. Аметов, А.Ж. Чилдибаева, А.С. Нұрмаханова,  
Т.Б. Рысқали, А. Қажикенова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: aldasygyrova.chinar.77@gmail.com

### Геоботанический анализ растительных сообществ эндемичного вида *Rosa Potentilliflora* Chrshan. Et. M. Pop. в различных лесных поясах Иле-Алатау

В статье проведен геоботанический анализ типов растительных сообществ с участием редкого эндемичного вида *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop. в Тургенском ущелье Заилийского Алатау. *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop. встречается редко, имеет ограниченный ареал и является эндемиком лесной полосы Тургенского ущелья Заилийского Алатау. Описаны ассоциации трех ценопопуляций растений и процентное содержание проективного проектирования растительного покрова с разделением на ярусы растительных сообществ. Внутри каждой ценопопуляции был заложен трансект размером 10 × 10 м<sup>2</sup> и определен возрастной состав *Rosa potentilliflora*. Развитие популяции данного вида в лесной зоне Тургенского ущелья Заилийского Алатау находится в нормальных условиях. Во всех трех ценопопуляциях установлено состояние полностью зрелых генеративных особей, начиная с сеянцев растения *Rosa potentilliflora*. Есть все основания полагать, что непосредственной угрозы популяции *Rosa potentilliflora* в лесном поясе Тургенского ущелья Заилийского Алатау не имеется. Мы убедились в том, что вид встречается очень редко и занимает небольшую территорию. Выявлены основные зоны распространения, установлено, что популяция произрастает в юго – восточной экспозиции лесополосы, основной сформирован для роста только в среде с хорошим солнечным светом.

**Ключевые слова:** флора, эндем, доминант, популяция, ценопопуляция, ассоциация.

#### Кіріспе

П.П.Семенов – Тяньшанский алғашқы рет Іле Алатауының өсімдіктер жабынымен, оның флоралық құрамын биіктік белдеулеріне, жотаның беткейлеріне, яғни экспозициясына байланысты әр басқа болып қалыптасатынын атап көрсеткен. Далалы биіктік белдеу Іле Алатауының етегіне дейін теңіз деңгейінен 153 – 612 м биіктік аралығын алып жатыр; Бұл биіктік белдеуді академик Н.В.Павлов (1948) шөлді зонаға жатқызады. [1,2].

Іле Алатауының орманды белдеуінің өсімдіктерін егжей тегжейлі зерттеген ботаниктердің бірі Ролдугин [3].

Іле Алатауының орманды биіктік белдеуі өсімдіктер жабыны мен флоралық құрамы басқа биіктік белдеулермен салыстырғанда ерекше дараланып тұрады. Өсімдіктер жабынының негізін бұл жерде тяньшань шыршасынан тұратын ормандар құрайды.

Іле Алатауының орманды белдеуі 1700 – 1800м абсалюттік биіктікпен, 2500 – 2700 м биіктік аралығын алып жатыр.

Соңғы кездері Іле Алатауының сирек кездесетін, эндемдік және реликт түрлерін популяциялық деңгейде зерттеу қолға алынып келеді. Бұл тұрғыдан алғанда әл – Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетінің Биология және биотехнология факультеті, Биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасы

ғалымдарының үлесі өте зор. Нақтырақ айтқанда, б.ғ.д., профессор Н.М.Мұхитдинов, б.ғ.к., доцент А. Аметовтың қатысуымен Іле Алатауында сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі бірқатар эндемдік және реликт түрлердің қазіргі кездегі жағдайын популяциялық деңгейде зерттеліп келеді. [4,5,6,7]. Дәл осы бағытта Іле Алатауының бірқатар эндемдік түрлерін И.И.Кокорева [8,9] бастаған бірқатар ботаника институтының ғалымдары популяциялық деңгейде зерттеді. Олардың бірқатары Алматы Бас ботаникалық бағының жағдайында интродукцияға ендірілді.

Іле Алатауында популяциялық деңгейде зерттелмеген өсімдіктер әліде көптеп саналады. Осындай таралу аумағы шектеулі, сирек кездесетін, эндемдік түрлердің бірі *Rosa potentilliflora* Chrshan. et. M. Pop. Бұл өсімдіктің бір популяциясын біздер Түрген шатқалының орманды белдеуінен таптық.

Түрген шатқалы – Іле Алатауының ең ұзын әрі кең шатқалы. Шатқалдың Теріскей су өзенінен Батан шатқалына дейінгі бөлігі тар, әрі терең, оның тереңдігі кейбір жерлеріне 1,5 км – ге жетеді [10,11].

Қазіргі кезде өсімдіктердің генофондын қорғау және тиімді пайдалану, оның ішінде сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі, эндемдік және реликт түрлерді зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып отыр. Оған қол жеткізу үшін сирек кездесетін, эндемдік түрлердің табиғи популяцияларын зерттеумен қатар, сол

популяция деңгейіндегі олардың ценопопуляцияларын да зерттеудің қажеттілігі туындайды [12,13].

Жұмыстың мақсаты: Іле Алатауы Түрген шатқалында сирек, эндемдік *Rosa potentilliflora* Chrshan. et M. Pop түрімен кездесетін өсімдіктер қауымдастығын геоботаникалық тұрғыдан зерттеу.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

*Зерттеу нысаны:* *Rosa* L. туысының таралу аймағы шектеулі, эндемдік түр *Rosa potentilliflora* Chrshan. et. M. Pop.

Іле Алатауының Түрген шатқалында сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі, эндемдік *Rosa potentilliflora* өсімдігі популяцияларының гербарийлерін жинау және оларды кептіру А.К. Скворцов әдісімен жүргізілді [14]. Жоғары сатыдағы өсімдіктерді анықтауда 9 томдық «Қазақстан флорасы» [15], 2 томдық «Қазақстан өсімдіктерінің иллюстрациялық анықтағышы» [16] кілттері қолданылды. Анықталған өсімдіктердің қазақша атауы С.А.Арыстанғалиев, Е.Р.Рамазановтың (1977ж) ботаникалық сөздіктерімен тексерілді [17].

*Геоботаникалық зерттеу әдістері.* Әрбір ценопопуляциядағы жастық құрылымын зерттеу, оның шекаралары Ю.А.Злобин әдісімен анықталды [18]. Жұмыс барысында жалпы (Nt), репродуктивтік (Nr), тиімді (Ne) сандық есептеулер жүргізілді. Ценопопуляцияның (ЦП) жастық құрылымы қалпына келтіру индекстерін (Iv) анықтаумен сипатталды [19]. Ценопопуляция түрлері мен жіктелуін анықтау Т.А.Работнов [20], Ю.А.Злобин [18], Л.А.Животовский [21] бойынша жүзеге асырылды. Өсімдік қауымдастықтарындағы түрлік құрамы және өсімдік жамылғысы анықталды [22]. Популяциядағы өсімдіктердің тіршілік күйін анықтау және оған сипаттама беру Т.А.Работновтың [23], А.А.Урановтың [24] әдістемелері негізінде жүргізілді. Ценопопуляцияның жастық құрамы Т.А.Работнов [23] және А.А.Уранов. [24] әдістері бойынша анықталды. Популяцияның жастық күйлерін бөлу А.А.Урановтың ұсынған әдісі бойынша жүргізілді [25]. Жастық құрамын анықтауда зерттелген әрбір нүктеде 10x10 м<sup>2</sup> трансекталар салынды. Популяцияның тығыздығы 1 м<sup>2</sup> аудандағы түрдің дарактар санымен бағаланды. Популяциялардың GPS координаттары «GARMIN 60CSx» (Garmin Ltd., АҚШ) GPS навигаторының көмегімен анықталды.

Әлемнің барлық елдерінде *Rosa* L. туысының кейбір түрлері эндемдік өсімдік ретінде ерекше қорғауды қажет етеді, оның дәлелі ретінде Египетте *Rosa arabica* Crev. өсімдігі теңіз деңгейінен 1700 және 2350 м биіктік диапазонында кездеседі. *Rosa arabica* Crev әлемдегі ең қауіпті 100 түрдің тізіміне енгізілді және жойылып кету қаупі бар деп бағаланды [26,27,29,30,33]. Бұл түрге табиғи факторлар (ұзаққа созылған құрғақшылық және климаттың өзгеруі) және адам әрекеті (шамадан тыс жинау, шамадан тыс мал жаю) салдарынан үлкен қауіп төніп тұр. Бұл түрдің экономикалық маңызы бар, өйткені жапырақтарының, гүлдерінің және жемістерінің сығындысы биологиялық белсенді заттарға бай, сондықтан, медицинада кеңінен қолданылады [28,29].

Шетелдік және отандық ғалымдардың *Rosa* L. туысының *Rosa arabica* Crev және *Rosa Iliensis* Chrshan түрлерінің сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі, эндемдік популяциясын зерттеген. Зерттеу негізінде анатомиялық құрылымдарынан трихоманың және устыца саңылауы санының артуын айқындаған [26,34]. *Rosa Iliensis* Chrshan түрінің вегетативті, генеративті мүшелерінде биологиялық белсенді заттардың жинақталуы, ұшқыш эфирмайының түзілуі, С дәруменінің жинақталу деңгейін анықтаған [28,29,35].

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Біз зерттеуге алған сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі, эндемдік түр *Rosa potentilliflora* Chrshan. et. M. Pop өсімдігін іздестіру мақсатында біздер 2023 жылдың жаз айында Іле Алатауының Түрген шатқалы орманды белдеуіне арнайы экспедиция ұйымдастырдық. *Rosa potentilliflora* Chrshan. et. M. Pop өсімдігінің бір популяциясы Түрген шатқалының орманды белдеуінен, осы шатқалдың бір тармағы болып табылатын Батан шатқалының маңынан теңіз деңгейінен 1650 – 1750 м абс.биіктік аралығынан табылды. GPS навигатор көрсеткіші бойынша координаты: N 43°24'33.5" с.е. E 77°76'36.8" ш.б. Популяция деңгейінде үш ценопопуляцияға геоботаникалық сипаттамалар жасалынды.

Әр ценопопуляцияға *Rosa potentilliflora* өсімдігінің жастық күйін анықтау мақсатында өлшемі 10 × 10 м<sup>2</sup> болатын екі трансектадан салынды. Әр трансекта ішіндегі *Rosa potentilliflora* өсімдігінің латенттік кезеңінен бастап, постгенеративтік кезеңіне дейінгі дарактарының санын есептеп шықтық.

Бірінші ценопопуляция әртүрлі шөпті – бұталы өсімдіктер қауымдастығынан тұрады (ass *Rosa potentilliflora*, *Rosa beggeriana*, *Spiraea hypericifolia* – *Patentilla orientalis*, *Aegopodium podagraria*, *Scaligeria setacea*, *Galium aparine*, *Thalitrum collinum*). Координаттары GPS навигатор приборының көрсетуі бойынша төмендегідей: N 43°14'36'' с.е.; E 77°45'44'' ш.б. Теңіз деңгейінен биіктігі 1680 м. Өсімдіктер жер бетін 100 % жауып тұрады. Өсімдіктер жабынында төрт ярус айқын байқалады. Бірінші ярусты түрліаяқ бөрікарақат (*Berberis heteropoda*), Беггер раушаны (*Rosa beggeriana*), қазтабангүлді итмұрын (*Rosa potentilliflora*), шайқурай жапырақты тобылғы (*Spiraea hypericifolia*), Альтман үшқаты (*Lonicera altmanni*) түзеді, биіктігі 160 – 195 см. Екінші ярусты Виттрок рауғашы (*Rheum wittroicii*), ілік таран (*Polygonum cariarum*), тянь- шань шырышы (*Eremurus tianschanicus*), түркістан сасықшөбі

(*Leonurus turcestanicus*) биіктігі 100 – 150 см. Үшінші ярусты тышқан сиыржоңышқасы (*Vicia cracca*), дөң қазтамағы (*Geranium collinum*), дәрілік түйежоңышқа (*Melilotus officinalis*), сарыбас жоңышқа (*Medicago falcata*) биіктігі 70 – 90 см. Төртінші ярусты будан бозкілем (*Sedum hybridum*), шығыс қазтабаны (*Potentilla orientalis*) биіктігі 15 – 20 см. Осы ценопопуляциядан *Rosa potentilliflora* өсімдігінің жастық спекторын анықтау мақсатында размері 10 x 10 м<sup>2</sup> болатын екі трансекта салынды. Бірінші трансектадан 3 өскін, 24 ювенильдік, 23 имматурлық, 20 вергинильдік, 7 жас генеративтік, бір толық жетілген генеративтік дарақ кездесті. Субсенильді, сенильді дарақтар кездеспеді. Екінші трансектадан 18 өскін, 18 ювенильдік, 12 имматурлық, 10 виргинильдік, 6 жас генеративтік дарақтар кездесті. Бұл трансектадан толық жетілген, субсенильдік және сенильдік дарақтар кездеспеді.

1-кесте – *R. potentilliflora* өсімдігінің бірінші ценопопуляциясының жастық спектрі

Кезең	Жастық жағдайлары	Ценопопуляция 1	
		Трансекта 1	Трансекта 2
Латентті (алғашқы тыныштық күйі) (Se)	Тұқым	-	-
Виргинильді	Өскіндер (P)	3	18
	Ювенильдік (J)	24	18
	Имматурлық (Im)	23	12
	Виргинильдік (V)	20	10
Репродуктивті	Жас генеративтік (G1)	7	6
	Толық жетілген генеративтік (G2)	1	-
	Қартайған генеративтік (G3)	-	-
Сенильді (қартайған, репродуктивті емес)	Субсенильдік (Ss)	-	-
	Сенильдік (Se)	-	-

Екінші ценопопуляция бұталы әртүрлі шөпті өсімдіктер қауымдастықтарынан тұрады (ass. *Rosa potentilliflora*, *Rosa beggeriana*, *Spiraea hypericifolia* – *Galium aparine*, *Achillea millefolium*, *Ajania fastigiata*, *Dipsacus azureus*). Координаттары GPS навигатор приборының көрсетуі бойынша төмендегідей: N 43°14'37'' с.ш.; E 77°45'43'' ш.б. Теңіз деңгейінен биіктігі 1700 м. Өсімдіктер жер бетін 90 – 95 % жауып тұрады.

Бұл ценопопуляциядан төрт ярусты айқын байқауға болады. Бірінші ярусты түрліаяқ бөрікарақат (*Berberis heteropoda*), Беггер рау-

шаны (*Rosa beggeriana*), қазтабангүлді итмұрын (*Rosa potentilliflora*), қаражемісті ырғай (*Cotoneaster melanocarpus*) түзеді, биіктігі 150 – 190 см. Екінші ярусты Виттрок рауғашы (*Rheum wittroicii*), тянь – шань шырышы (*Eremurus tianschanicus*), татар ақсүттігені (*Lactuca fastigiata*), Прескот әлпені (*Chaerophyllum prescottii*) түзеді, биіктігі 100 – 150 см. Үшінші ярусты қалқан өрнекшөп (*Ajania fastigiata*), жабысқақ қызылбояу (*Galium aparine*), шалғындық қоңырбас (*Poa pratensis*), сарыбас жоңышқа (*Medicago falcata*) өсімдіктері түзеді, биіктігі



50 – 80 см. Төртінші ярусты будан бозкілем (*Sedum hybridum*), аласа қазтабан (*Potentilla supina*), қияқөлең (*Carex sp.*) өсімдіктері түзеді, биіктігі 10 – 15 см.

Екінші ценопопуляциядан *Rosa potentilliflora* өсімдігінің жастық спекторын анықтау мақсатында размері 10 x 10 м<sup>2</sup> болатын екі трансекта алдық. Бірінші трансектадан 12 өскін, 20 ювинильдік, 15 имматурлық, 12 вергинильдік, 22 жас генеративтік, 4 толық жетілген генеративтік дарақ кездесті. Субсенильді, сенильді жастық күйін кездестірмедік. Екінші трансектадан 11 өскін, 20 ювинильдік, 25 имматурлық, 20 виргинильдік, 13 жас генеративтік, 13 толық

жетілген генеративтік дарақ кездесті. Бұл трансектадан субсенильдік және сенильдік жастық күйлерін кездестірмедік.

Үшінші ценопопуляция бұталы әртүрлі шөпті – бұталы өсімдіктер қауымдастықтарынан тұрады (ass. *Spiraea hypericifolia*, *Rosa potentilliflora*, *Rosa beggeriana*, *Cotoneaster melanocarpus* – *Thymus praximus*, *Lappula occulata*, *Onobricus alata*, *Eremurus tianschanicus*). Координаттары GPS навигатор приборының көрсетуі бойынша төмендегідей: N 43°41'37'' с.е.; E 77°45'44'' ш.б. Теңіз деңгейінен биіктігі 1750 м. Өсімдіктер жабыны жер бетін 95 – 100 % жауып тұр.

2-кесте – *R. potentilliflora* өсімдігінің екінші ценопопуляциясының жастық спектрі

Кезең	Жастық жағдайлары	Ценопопуляция 2	
		Трансекта 1	Трансекта 2
Латентті (алғашқы тыныштық күйі) (Se)	Тұқым	-	-
Виргинильді	Өскіндер (P)	12	11
	Ювенильдік (J)	20	20
	Имматурлық (Im)	15	25
	Виргинильдік (V)	12	20
Репродуктивті	Жас генеративтік (G1)	22	13
	Толық жетілген генеративтік (G2)	4	13
	Қартайған генеративтік (G3)	-	-
Сенильді (қартайған, репродуктивті емес)	Субсенильдік (Ss)	-	-
	Сенильдік (Se)	-	-

Бұл ценопопуляциядан төрт ярусты бөлуге болады. Бірінші ярусты шайқурай жапырақты тобылғы (*Spiraea hypericifolia*), Беггер раушаны (*Rosa beggeriana*), қазтабангүлді итмұрын (*Rosa potentilliflora*), Виттрок рауғашы (*Rheum wittroicii*), тьянь – шань шырышы (*Eremurus tianschanicus*), кіші қожакендір (*Dipsacus azureus*) түзеді, биіктігі 150 – 180 см. Екінші ярусты Прескот әлпені (*Chaerophyllum prescottii*), ала-тау эспарцеті (*Onobricus alata*), шалғындық қоңырбас (*Poa pratensis*), нағыз қызылбояу (*Galium verum*), қылтанақсыз арпабас (*Bromus inermis*) биіктігі 100 – 135 см. Үшінші ярусты шетел жыланбасы (*Dracocephalum peregrinum*), қанатты сабынкөк (*Scrophularia alata*), ақсары

жоңышқа (*Medicago ochroleuca*) түзеді, биіктігі 60 – 90 см. Төртінші ярусты будан бозкілем (*Sedum hybridum*), қияқөлең (*Carex sp.*) биіктігі 10 – 15 см.

Бұл ценопопуляцияға размері 10 x 10 м<sup>2</sup> болатын екі трансекта салынды. Бірінші трансектадан 10 өскін, 12 ювинильдік, 11 имматурлық, 10 вергинильдік, 15 жас генеративтік, 3 толық жетілген генеративтік дарақ кездесті. Субсенильдік, сенильдік дарақтар кездеспеді. Екінші трансектадан өскіндерді кездестіре алмадық. 6 ювинильдік, 5 имматурлық, 9 виргинильдік, 5 жас генеративтік, 16 толық жетілген генеративтік дарақ кездестірдік. Субсенильдік және сенильдік дарақтар кездеспеді.



2-кесте – *R. potentilliflora* өсімдігінің үшінші ценопопуляциясының жастық спектрі

Кезең	Жастық жағдайлары	Ценопопуляция 2	
		Трансекта 1	Трансекта 2
Латентті (алғашқы тыныштық күйі) (Se)	Тұқым	-	-
Виргинильді	Өскіндер (P)	10	-
	Ювенильдік (J)	12	6
	Имматурлық (Im)	11	5
	Виргинильдік (V)	10	9
Репродуктивті	Жас генеративтік (G1)	15	5
	Толық жетілген генеративтік (G2)	3	16
	Қартайған генеративтік (G3)	-	-
Сенильді (қартайған, репродуктивті емес)	Субсенильдік (Ss)	-	-
	Сенильдік (Se)	-	-

*R. potentilliflora* өсімдігінің Іле Алатауының Түрген шатқалынан табылған популяциясына жүргізілген зерттеулердің нәтижесі мынаны көрсетті. *R. potentilliflora* өсімдігі қалыпты жағдайда өсіп дамуы үшін белгілі бір микроклимат қажет. Біріншіден ол жердің теңіз деңгейінен биіктігі 1680 – 1750 м абсолюттік биіктік аралығы болуы шарт. Екіншіден, шатқалдың ағаштар мүлдем өспейтін, күн жақсы түсетін, оңтүстік және оңтүстік шығыс экспозициясында, өсімдіктер жабыны тек бұталы және шөптесін қауымдастықтардан тұратын жерлерде ғана өседі. Популяция деңгейіндегі ценопопуляцияларға салынған трансекталардағы *R. potentilliflora* өсімдігінің жастық спекторына және олардың сандық көрсеткіштеріне жүргізілген талдаулардың нәтижелері мынаны көрсетеді.

Үш ценопопуляциядан да *R. potentilliflora* өсімдігінің барлық жастық күйін өскінен бастап, толық жетіліп қалыптасқан генеративтік дарақтарына дейін кездестірдік. Өсімдік жыл сайын гүлдеп, жеміс байлап тұр. Бұл дегеніміз *R. potentilliflora* өсімдігі үшін Іле Алатауының орманды белдеуінің күн жақсы түсетін, оңтүстік және оңтүстік шығыс экспозициясы, оның үстіне Түрген шатқалы аса қолайлы орта болып табылады. Әр трансектадағы өсімдіктің жастық спекторының сандық көрсеткіштеріндегі аздаған ауытқуларды мынамен түсіндіруге болады. Таудың жағдайында, қай экспозицияны алып қарама, жер бедері бірдей емес. Соған байланысты жер бедеріндегі аздаған ауытқушылықтардың өзі, ондағы *R.*

*potentilliflora* өсімдігінің жастық спекторының сандық көрсеткіштеріне елеулі әсер етеді. Себебі жер бедеріндегі ауытқушылыққа байланысты ол жердің топырағындағы ылғалдың мөлшері өзгеріп отырады. Соған байланысты өсімдіктер жабынында да және оның түрлік құрамында да азды – көпті өзгерістер орын алып отырады. Бұл популяцияға, ценопопуляциялардың барлығынан субсенильдік және сенильдік дарақтардың кездеспеуін *R. potentilliflora* өсімдігінің тамырсабақты өсімдік болуымен түсіндіруге болады. Тамырсабақты өсімдіктердің жерасты өскіндерінде жыл сайын көптеген өнім бүршіктері жетіледі. Олар келешегінде жаңа жербеті өркендерін береді. Осылайша бір түп аналық өсімдіктің өзі жыл сайын жаңа өркендер бере отырып үлкенді – кішілі клон түзеді. Келешегінде бұл клондар бір – бірімен жалғасып қалың қопаға айналады. Мұндай жылма жыл жаңарып отыратын клоннан субсенильдік және сенильдік дарақтарды кездестірудің мүмкіндігі бола бермейді.

### Қорытынды

Қорытындылай келгенде сирек кездесетін, таралу аймағы шектеулі, эндемдік *Rosa potentilliflora* Chrshan et M. Pop өсімдігінің үш ценопопуляциясына трансекта салу арқылы жүргізген зерттеу жұмыстарының нәтижелері Іле Алатауының Түрген шатқалы орманды белдеуіндегі бұл түрдің популяциясының дамуы қалыпты жағдайда екендігін көрсетеді. Үш ценопопуляцияның жағдайында да *R.*

*potentilliflora* өсімдігінің өскінінен бастап, толық жетілген генеративтік жастық күйіне дейінгі дарактарын кездестірдік. Өсімдік жыл сайын гүлдеп, жеміс беріп тұр. Ең бастысы бұл жерде *R. potentilliflora* өсімдігінің популяциясына тікелей төніп тұрған қауіп жоқ. Тек оның алып жатқан жер көлемінің ұзындығы 450 – 500 м – ден, ал ені 300 – 350 м аспайды. Сондықтан да жалғыз қауіп ол өрт. Егер өрт орын алып жатса мұндай азғантай жерде ғана кездесетін өсімдікті түгелімен жойып

жіберуі әбден мүмкін. Бірақ та Іле Алатауының Түрген, Батан, Бозкөл шатқалдары Түрген орман шаруашылығы мекемесіне қарайды. Сондықтан да бұл жер қатаң бақылауда. Бұл жерге мал жайуға тыйым салынған. Тек туристер ғана өте алады, онда да арнайы рұқсат қағаздары болуы шарт. Біздің зерттеуіміздің нәтижесі көрсеткендей, Түрген шатқалының орманды белдеуінің оңтүстік және оңтүстік – шығыс экспозициясы *R. potentilliflora* өсімдігі үшін ең қолайлы орта болып табылады.

### Әдебиеттер

1. Семенов П.П. Поездка из укрепления Верного через горный перевал у Суок-Тюбе и ущелье Буам к западной оконечности озера Иссык-Куль в 1856 году. // Зап. Русск. Географ. о-ва -1867.-Т.1 – С.152.
2. Павлов Н.В. Ботаническая география СССР. // Изд.во Акад.наук Каз ССР-Алма-Ата.- 1948.-С.205
3. И. И. Ролдугин Еловые леса Северного Тянь-Шаня. (Флора, классиф. и динамика) //АН КазССР, Ин-т ботаники. – Алма-Ата.- Наука КазССР.- 1989. –С.302.
4. Мухитдинов Н.М. и др. Численность и структура ценопопуляций редкого эндемичного и лекарственного растения *Iris alberti* Rgl. в условиях Заилийского Алатау //Вестник КазНУ. серия экол. – Алматы.- Казак Университеті. – 2015. – №3(45). – С.258-267.
5. Мухитдинов Н.М. Сирек және эндем-*Oxytropis almatensis* Bajt өсімдігі ценопопуляцияларының эколого-биологиялық ерекшеліктері//Вестник КазНУ. Сер. Экол.-Алматы.- Казак Университеті.-2017.- №2(51).-С.68-80.
6. Мухитдинов Н.М. Характеристика ценопопуляции редкого, узкоэндемичного вида *Oxytropis almatensis* Bajt. В Заилийском Алатау// Мат. меж.науч.-прак.конф. Теоретические и практические аспекты интродукции растений, сохранения биоразнообразия и рационального использования биоресурсов в аридных условиях, посвященной 45-летию МЭБС (28-30 июня 2017 года, Актау).- Актау.- 2017. -С.21-26.
7. Аметов А. Характеристика растительных сообществ с участием редкого, эндемичного и лекарственного растения *Iris alberti* Rgl.. (Большое Алматинское ущелье Заилийского Алатау) // Вест. КазНУ. Сер.Экол. –Алматы.- Казак Университеті.- 2015.- №3(45).-С.226-231.
8. Кокорева И.И. Растений разных жизненных форм в условиях Заилийского Алатау// Автореферат.- Алматы.- 2007-С.46.
9. Кокорева И.И. Антропогенные влияние на природные популяции резких эндемичных видов Северного Тянь-Шаня: Монография // И.И.Кокарева, И.Г.Отрадных, И.А.Съедина. –Алматы.- 2017.-С.152.
10. Горячев А.А. Могильник раннего железного века археологического комплекса в верховьях ущелья Тургень // Известия НАН РК. Серия общественных наук.- Алматы.-2007.-№21.- С.3-14.
11. Иващенко А.А. Особенности развития и состояния популяций редких видов растений Иле – Алатауского национального парка // Биологическое разнообразие и устойчивое развитие природы и общества // Международная научн.-практ. конф., посв. 75-летию КазНУ им. аль-Фараби. Алматы, 2009. – С.48-51.
12. М.С. Курманбаева, Н.М. Мухитдинов. «Популяциялық биология және экология» Оқу құралы. Алматы.-Казак университеті.-2023. – Б.2.
13. А.С. Кашин, Т.А. Крицкая, Н.А. Петрова, И. В. Шилова Методы изучения ценопопуляций цветковых растений // Саратов.- 2015-С.105.
14. Скворцов А.К. Гербарий Пособие по методике и технике //М.: Наука.- 1977.- С.199
15. Флора Казахстана: в 9 т. //Под. ред. Н.В.Павлова. -Алма-Ата.- издво. АН КазССР.-1956-1966. С.156.
16. Иллюстрированный определитель растений Казахстана // Алма-Ата.-Наука.- КазССР.- Т.2.-1972. С.125
17. Арыстанғалиев С.А., Рамазанов Е.Р. Қазақстан өсімдіктері.- Алматы. – Ғылым баспасы. – 1977. – С.288.
18. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений // Казань Изд-во Казанск. гос.университета. – 1989. – С.196.
19. Голубев В.Н., Молчанов Е.Ф. Методические указания к популяционно-количественному и эколого-биологическому изучению редких, исчезающих и эндемичных растений Крыма// Ялта: Изд-во Никитского ботанического сада. – 1978. – С.41.
20. Работнов Т.А. Структура и методы изучения ценопопуляций многолетних травянистых растений//Экология.- 1978. – № 2 – С. 5-13.
21. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций// Экология.-2001. – №1. – С.3-7.

22. Полевая геоботаника. // М. Л.: Изд-во АН СССР.1959. – Т.1.С.24.-1964.- Т. 3.С.17- 1972. – Т. 4.-С.141.- 1976. – Т. 5.- С.62.
23. Работнов Т.А. Методы изучения семенного возобновления травянистых растений в сообществах. // Полевая геоботаника. М.Л.-1960. -Т.2. – С.20-40.
24. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. – М., -1967. – С. 1-12.
25. Уранов А.А. Большой жизненный цикл и возрастной спектр ценопопуляций цветковых растений. // Тез.докл. 5 делегат. съезда ВБО. Киев. -1973. – С.74-76.
26. El Hadidi M.N. (2000) Flora Aegyptiaca // The Palm Press & Cairo University.-Herbarium.- Cairo.- – Vol.1.Pp.-187
27. El Hadidi, M.N. & Hosni H. (2000) Conservation and threats. In: El Hadidi, M.N.(Ed.).Flora Aegyptiaca. // Vol. 1. Part 1. ThePalm Press & Cairo University Herbarium.-Cairo. -pp.105-151.
28. Mustafa, A. A., Zaghoul, M.S., El-Wahab,R.A. & Shaker, M. (2001) Evaluation of plantdiversity and endemism in Saint Catherineprotectorate // South Sinai, Egypt. Egypt. J. Bot. – - Vol.41.-pp.121-139.
29. Omar, K.A. (2014) Evaluating theeffectiveness of in situ conservation on someendemic plant species in south Sinai Egypt // American Journal of Life Science.- Vol.2(3).-pp.164-175.
30. Hosni H., Hosny A., Shams E. & Hamdy R. (2013) Endemic and near endemic taxa in theflora of Egypt. // Egyptian Journal of Botany.-Vol.53.-pp.357-383.
31. Boulos L. Flora of Egypt (1999) // AlHadara publishing.Cairo. Egypt.-Vol. -pp.1419.
32. Bruneau A., Starr J.R. & Joly S. (2007) Phylogenetic relationships in the genus Rosa:new evidence from chloroplast DNAsequences and an appraisal of currentknowledge. Systematic Botany.-Vol.32(2).-pp.366–378.
33. El Ghamery A.A., Hosni H.A. & Sadek A.M. (2018) Pollen and Seed Morphology of someEndemic Taxa in SaintCatherine. Taeckholmia.-Vol.38.-pp.40-60.
34. Assel Childibayeva, Abibulla Ametov, Natalia Vladimirovna Kurbatova, Aigul Akhmetova, Bekzat Makulbayevich Tynybekov, Gulzhanat Amangeldykyzy Mukanova (2022) Structural Characteristics of *Rosa Iliensis Chrshan.* under Conditions of the Floodplains of the Rivers Ili and Sharyn // Journal of Ecological Engineering (JEE) J. Ecol. Eng.Vol. 23(1).pp.296–304.
35. Gulmira Özek, Assel Childibayeva, Abybulla Ametov, Akmaral Nurmahanova, Temel Özek. (2022) Chemical composition of flower volatiles and seed fatty acids of *Rosa iliensis* Chrshan, an endemic species from Kazakhstan. Records of Natural Products Vol.16.-pp. 225-235.

## References

1. Ametov A. Kharakteristika rastitel'ny'kh soobshhestv s uchastiem redkogo, e'ndemichnogo i lekarstvennogo rasteniya Iris alberti Rgl. (Bol'shoe Almatinskoe ushhel'e Zailijskogo Alatau) -Vest. KazNU. Ser.E'kol. – Almaty': Kazakh Universiteti'-2015. -N3(45).- s.226-231. [Russian].
2. Ary'stangaliev S.A., Ramazanov E.R. Qazaqstan I si'mdi'kteri'. Almaty'. – G'y'ly'm baspasy'. – 1977. – b. 288 [Kazakh].
3. A.S. Kashin, T.A. Kriczkaya, N.A. Petrova, I. V. Shilova. Metody' izucheniya czenopopulyaczij czvetkovy'kh rastenij.-Saratov 2015.- 105s [Russian].
4. Assel Childibayeva, Abibulla Ametov, Natalia Vladimirovna Kurbatova, Aigul Akhmetova, Bekzat Makulbayevich Tynybekov, Gulzhanat Amangeldykyzy Mukanova (2022) Structural Characteristics of *Rosa Iliensis Chrshan.* under Conditions of the Floodplains of the Rivers Ili and Sharyn // Journal of Ecological Engineering (JEE) J. Ecol. Eng.-23(1).-pp.296–304
5. Boulos, L. Flora of Egypt. AlHadara publishing, Cairo, Egypt.(1999).- Vol.14.- pp.19
6. Bruneau, A., Starr, J.R. & Joly, S. (2007) Phylogenetic relationships in the genus Rosa:new evidence from chloroplast DNA-sequences and an appraisal of currentknowledge.Systematic Botany – Vol.32(2).- pp.366–378
7. El Ghamery A.A., Hosni H.A. & Sadek A.M. (2018) Pollen and Seed Morphology of someEndemic Taxa in SaintCatherine. Taeckholmia. -Vol.38.-pp.40-60
8. El Hadidi, M.N. (2000) Flora Aegyptiaca. The Palm Press & Cairo University, Herbarium.- Vol.1 – Part 1.Cairo.-pp.187
9. El Hadidi, M.N. & Hosni, H. (2000).Conservation and threats. In: El Hadidi, M.N.(Ed.).Flora Aegyptiaca. ThePalm Press & Cairo University Herbarium.- Vol. 1. Part 1.- pp.105 -151
10. Flora Kazakhstana: 9 t. Pod. red. N.V.Pavlova. Alma-Ata.izdvo AN KazSSR.-1966.-s.156 [Russian].
11. Golubev V.N., Molchanov E.F. Metodicheskie ukazaniya k populyaczionno-kolichestvennomu i e'kologo-biologicheskomu izucheniyu redkikh, ischezayushhikh i e'ndemichny'kh rastenij Kry'ma. Yalta: Izd-vo Nikitskogo botanicheskogo sada. – 1978. – s.41. 193. [Russian].
12. Goryachev A.A. Mogil'nik rannego zheleznoego veka arkheologicheskogo kompleksa v verkhov'yakh ushhel'ya Turgen' // Izvestiya NAN RK. Seriya obshhestvenny'kh nauk. Almaty', 2007.-N21. – S.3-14. [Russian].
13. Gulmira Özek, Assel Childibayeva, Abybulla Ametov, Akmaral Nurmahanova, Temel Özek. (2022) Chemical composition of flower volatiles and seed fatty acids of *Rosa iliensis* Chrshan, an endemic species from Kazakhstan. Records of Natural Products Vol.16.- pp.225-235
14. Hosni H., Hosny A., Shams E. & Hamdy R. (2013) Endemic and near endemic taxa in theflora of Egypt. Egyptian Journal of Botany.-Vol.53.-Pp.357-383
15. Illyustrirovanny'j opredelitel' rastenij Kazakhstana T.2. – Alma-Ata: «Nauka» KazSSR. -1972.-s.125 [Russian].

16. I.I. Roldugin Elovyy'e lesa Severnogo Tyan`-Shanya. (Flora, klassif. i dinamika) // AN KazSSR, In-t botaniki. – Alma-Ata. Nauka KazSSR, – 1989.- s.302 [Russian].
17. Ivashchenko A.A. Osobennosti razvitiya i sostoyaniya populyacij redkikh vidov rastenij Ile – Alatauskogo natsional'nogo parka // Biologicheskoe raznoobrazie i ustojchivoe razvitie prirody` i obshhestva // Mezhdunarodnaya nauchn.-prakt. konf., posv. 75-letiyu KazNU im. al'-Farabi. Almaty`, 2009. – s.48-51[Russian].
18. Kokoreva I.I. Antropogenny'e vliyanie na prirodny'e populyaczii rezkikh e`ndemichny`kh vidov Severnogo Tyan`-Shanya: Monografiya // I.I.Kokareva, I.G.Otradny`kh, I.A.S`edina. -Almaty`.-2017.-s.152 [Russian].
19. Kokoreva I.I. Rastenij razny`kh zhiznenny`kh form v usloviyakh Zailijskogo Alatau// Avtoreferat Almaty`, 2007.-s.46 [Russian].
20. M.S. Kurmanbaeva, N.M. Mukhitdinov Populyaczialy'a biologiya zhane e`kologiya.- Oqu qu` raly`. Almaty` //Qazaq universitet – 2023. –b.5 [Kazakh].
21. Mukhitdinov N.M. Chislennost` i struktura czenopopulyaczkiy redkogo e`ndemichkogo i lekarstvennogo rasteniya Iris alberti Rgl. v usloviyakh Zailijskogo Alatau // Vestnik KazNU. seriya e`kol. Almaty. Qazaq Universiteti`. – 2015.-3(45). -s.258-267. [Russian].
22. Mukhitdinov N.M. Kharakteristika Czenopopulyaczii redkogo, uzko e`ndemichnogo vida Oxytropis almatensis Bajt. V Zailijskom Alatau // Mat. mezh.nauch.-prak.konf. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty` introdukcii rastenij, sokhraneniya bioraznobraziya i racional'nogo ispol'zovaniya bioresursov v aridny`kh usloviyakh, posvyashhennoj 45-letiyu ME`BS (28-30 iyunya 2017 goda, Aktau). -Aktau, -2017. -s.21-26. [Russian].
23. Mukhitdinov N.M. Sirek zhane e`ndem – Oxytropis almatensis Bajt oši'mdi'gi` czenopopulyaczialary`ny`n e`kologo – biologiyaly`q ereksheli`kteri`. Vestnik KazNU. Ser. E`kol.-Almaty`: Qazaq Universiteti`. -2017-N2(51).-s.68-80. [Kazakh].
24. Mustafa, A. A., Zaghloul, M.S., El-Wahab,R.A. & Shaker M. (2001) Evaluation of plantdiversity and endemism in Saint Catherineprotectorate, South Sinai, Egypt. Egypt. J. Bot.. N41.-pp.121-139
25. Omar, K.A. (2014) Evaluating theeffectiveness of in situ conservation on someendemic plant species in south Sinai,Egypt. American Journal of Life Science.-Vol.2(3).-pp.164-175
26. Pavlov N.V. Botanicheskaya geografiya SSSR. Izd.vo Akad.nauk Kaz SSR, Alma-Ata.- 1948.-s.205 [Russian].
27. Poleyaya geobotanika. M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – T.1.s.24.-1964.- T. 3.s.17- 1972. – T. 4.-s.141.- 1976. – T. 5.-s.62. [Russian].
28. Rabotnov T.A. Metody` izucheniya semennogo vozobnovleniya travyanisty`kh rastenij v soobshhestvakh. // Poleyaya geobotanika. M.-L.-1960.- T.2. – s.20-40. [Russian].
29. Rabotnov T.A. Struktura i metody` izucheniya czenopopulyaczij mnogoletnikh travyanisty`kh rastenij//E`kologiya-1978.- N.2.-s. 5-13 [Russian].
30. Semenov P.P. Poezdka iz ukrepleniya Vernogo cherez gorny`j pereval u Suok-Tyube i ushhel'e Buam k zapadnoj okonechnosti ozera Issy`k-Kul` v 1856 godu // Zap. Russk. Geograf. 1867.-T.1 – s.152. [Russian].
31. Skvorcov A.K. Gerbarij Posobie po metodike i tekhnike//M.: Nauka, 1977.-s.199. [Russian].
32. Uranov A.A. Bol'shoj zhiznenny`j czikl i vozrastnoj spektr czenopopulyaczij czvetkovy`kh rastenij // Tez.dokl. 5 delegat. s`ezda VBO. Kiev. 1973. – s.74-76. [Russian].
33. Uranov A.A. Ontogenez i vozrastnoj sostav populyaczij // Ontogenez i vozrastnoj sostav populyaczij czvetkovy`kh rastenij. – M., 1967. – s. 1-12. [Russian].
34. Zhivotovskij L.A. Ontogeneticheskoe sostoyanie, e`ffektivnaya plotnost` i klassifikaczii populyaczij// E`kologiya. – 2001. – #1. – s.3-7. [Russian].
35. Zlobin Yu.A. Principy` i metody` izucheniya czenoticheskikh populyaczij rastenij / Kazan`: Izd-vo Kazansk. gos. universiteta. – 1989. – S.196. [Russian].

**Авторлар туралы мәлімет:**

*Алдасугурова Чинаргул Жақыпқызы (корреспондентный автор) – PhD-студент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: aldasugurova.chinar.77@gmail.com)*

*Аметов Абибулла – биология ғылымдарының кандидаты, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: Abibulla.Ametov@kaznu.kz)*

*Чилдибаева Асел Жумагуловна – PhD, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com)*

*Нурмаханова Акмарал Садыққызы – PhD, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: aktaral\_1976@mail.ru)*

*Рысқали Толғанай Бағдатқызы – PhD-студент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: tolganay\_0220@mail.ru)*

*Қажикенова Аяулым – 2 курс магистранты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан, e-mail: ayauka.kazhikenova@mail.ru)*

**Information about authors:**

*Aldassugurova Chinargul (corresponding author) – PhD-student, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aldasygyrova.chinar.77@gmail.com)*

*Ametov Abibulla – candidate of biological sciences, associate professor of the department of biodiversity and bioresources, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Abibulla.Ametov@kaznu.kz)*

*Childibayeva Assel – PhD, senior lecturer of the department of biodiversity and bioresources, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com)*

*Nurmahanova Akmaral – PhD, ass.professor of the department of biodiversity and bioresources, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: akmaral\_1976@mail.ru)*

*Ryskali Tolganay – PhD-student, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: tolganay\_0220@mail.ru)*

*Kazhikenova Ayaulym – 2nd year master’s student, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ayauka.kazhikenova@mail.ru)*

*Келін түсті 6 желтоқсан 2023 жыл*

*Қабылданды 20 ақпан 2024 жыл*



**D.S. Tokasheva<sup>1\*</sup>** , **R.T. Omarov<sup>2</sup>** 

<sup>1</sup>Karaganda Buketov University, Kazakhstan, Karaganda

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

\*e-mail: [dana041193@mail.ru](mailto:dana041193@mail.ru)

## EVALUATION OF EFFECT OF EXOGENOUS MOLYBDENUM AND TUNGSTEN ON SEED GERMINABILITY AND ON SYMPTOMS OF VIRUS INFECTION IN PLANTS

Crop production is the basis of agriculture in Kazakhstan. Soils in Kazakhstan suffer from molybdenum deficiency. Molybdenum deficiency in plants is characterized by the stunted growth, poor seed setting, fruit deformation and reduced plant resistance to diseases. Molybdenum catalyzes key steps in the metabolism of nitrogen, carbon and sulfur. It promotes the biosynthesis of the phytohormones of abscisic acid and indole-3-butyric acid. An increase in molybdenum concentration leads to an increase in aldehyde oxidase activity. Aldehyde oxidase generates hydrogen peroxide during viral infection; hydrogen peroxide triggers a hypersensitive response, strengthens cell walls and prevents the spread of viral infection. Molybdenum is biologically inactive until a special complex called molybdenum cofactor is formed. For the formation of the latter it is necessary for molybdenum to be in the state of molybdate anion. There are five known plant molybdoenzymes: aldehyde oxidase, sulfite oxidase, nitrate reductase, xanthine dehydrogenase and mitochondrial amidoxime reductase. The aim of this work is to find the optimal concentration of molybdenum for aldehyde oxidase activation. The objectives of the conducted experiment are: – to apply an efficient and cost-effective method to replenish molybdenum deficiency in the experimental plant; – to demonstrate the effect of molybdenum on the development of virus infection of the infected plant. As a result, it was proved that with the increase of concentration from 0.1 mM to 1 mM, the activity of aldehyde oxidase increases, which contributes to the increase of seed germination. The optimal concentration for seed germination is 1 mM molybdenum concentration. As the concentration of molybdenum increases, the resistance of adult plants to virus infection also increases. Thus, 1 mM molybdenum concentration is optimal for seed germination and resistance to virus infection.

**Key words:** molybdenum; tungsten; *N. benthamiana*; spraying; aldehyde oxidase.

Д.С. Тоқашева<sup>1\*</sup>, Р.Т. Омаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қазақстан, Қарағанды қ.

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

\*e-mail: [dana041193@mail.ru](mailto:dana041193@mail.ru)

### Тұқымдардың өңгіштігіне вольфрам мен молибденнің әсерін анықтау және осы металдардың өсімдіктерінде вирустық жұқпа белгілері дамуына экзогендік әсерінің нәтижесі

Өсімдік шаруашылығы Қазақстан ауыл шаруашылығының негізі болып табылады. Қазақстан аумағындағы топырақ молибден тапшылығынан зардап шегіп отыр. Өсімдіктердегі молибден тапшылығы өсудің тежелуінен, нашар тұқым салуынан, жемістердің деформациясы мен өсімдіктердің ауруларға төзімділігінің төмендеуінен байқалады. Молибден азот, көміртек және күкірт алмасуының негізгі қадамдарын катализдейді. Ол абсциз қышқылы мен индол-3-май қышқылы фитогормондарының биосинтезіне ықпал етеді. Молибден концентрациясының жоғарылауы альдегидоксидаза белсенділігінің жоғарылауына әкеледі. Альдегидоксидаза вирустық инфекцияға ұшыраған кезде сутегі асқын тотығын тудырады, сутегі асқын тотығы жоғары сезімталдық реакциясын тудырады, жасуша қабырғаларын нығайтады және вирустық инфекцияның таралуын болдырмайды. Молибден кофакторы деп атау берілген арнайы кешен пайда болғанға дейін молибден биологиялық белсенді емес. Молибден кофакторы қалыптасу үшін молибден анион молибдаты күйінде болуы керек. Өсімдік молибдоферменттерінің бесеуі белгілі – альдегидоксидаза, сульфитоксидаза, нитрат редуктаза, ксантиндегидрогеназа және митохондриялық amidоксимарезуктаза. Бұл жұмыста біз альдегидоксидазаның екі негізгі қызметін қарастырдық: тұқымның өңгіштігі мен вирустық инфекцияға төзімділігіне әсері. Бұл

жұмыстың мақсаты АО белсендіру үшін молибденнің оңтайлы концентрациясын іздеу болып табылады.

Өткізілген эксперименттің міндеттері: – эксперименттік өсімдіктегі молибден тапшылығын толтыру үшін тиімді және экономикалық ұтымды әдісті қолдану; – жұқтырылған өсімдіктің вирустық инфекциясының дамуына молибденнің әсерін көрсету болып табылады. Нәтижесінде концентрацияның 0,1 мМ-ден 1 мМ-ге дейін жоғарылауы нәтижесінде АО белсенділігі де жоғарылайтыны дәлелденді, бұл тұқымның өнгіштігінің жоғарылауына ықпал етеді. Тұқымның өнуі үшін оңтайлы концентрация – 1 мМ молибден концентрациясы. Молибден концентрациясы жоғарыласа, ересек өсімдіктердің вирустық инфекцияға төзімділігі де артады. Осылайша, 1 мМ молибден концентрациясы тұқымның өнуі және вирустық инфекцияға төзімділігі үшін оңтайлы болып табылады.

**Түйін сөздер:** Молибден, вольфрам, *N. benthamiana*, су бүрку, альдегид оксидаза.

Д.С. Токашева<sup>1\*</sup>, Р.Т. Омаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Казахстан, г. Караганда

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева Казахстан, г. Астана

\*e-mail: dana041193@mail.ru

### **Определение влияния вольфрама и молибдена на всхожесть семян и эффект экзогенного воздействия данных металлов на развитие вирусного инфицирования в растениях**

Растениеводство является основой сельского хозяйства Казахстана. Почвы на территории Казахстана страдают дефицитом молибдена. Дефицит молибдена у растений характеризуется задержкой роста, плохой закладкой семян, деформацией плодов и снижением устойчивости растений к заболеваниям. Молибден катализирует ключевые этапы метаболизма азота, углерода и серы. Он способствует биосинтезу фитогормонов абсцизовой кислоты и индол-3-масляной кислоты. Увеличение концентрации молибдена приводит к увеличению активности альдегидоксидазы. Альдегидоксидаза при воздействии вирусной инфекции генерирует перекись водорода, перекись водорода запускает гиперчувствительный ответ, укрепляет клеточные стенки и предотвращает распространение вирусной инфекции. Молибден катализирует ключевые этапы метаболизма азота, углерода и серы. Он способствует биосинтезу фитогормонов абсцизовой кислоты и индол-3-масляной кислоты. Увеличение концентрации молибдена приводит к увеличению активности альдегидоксидазы. Альдегидоксидаза при воздействии вирусной инфекции генерирует перекись водорода, перекись водорода запускает гиперчувствительный ответ, укрепляет клеточные стенки и предотвращает распространение вирусной инфекции. Молибден биологически неактивен до тех пор, пока не сформируется специальный комплекс, названный кофактор молибдена. Для формирования последнего необходимо, чтобы молибден находился в состоянии молибдат аниона. Известно пять растительных молибдоферментов – альдегидоксидаза, сульфитоксидаза, нитратредуктаза, ксантиндегидрогеназа и митохондриальная амидоксимарезуктаза. В данной работе мы рассмотрели две главные функции альдегидоксидазы: влияние на всхожесть семян и устойчивость к вирусной инфекции. Цель данной работы является поиск оптимальной концентраций молибдена для активации АО. Задачами проведенного эксперимента является: – применение эффективного и экономически выгодного метода для восполнения дефицита молибдена в экспериментальном растении; – продемонстрировать влияние молибдена на развитие вирусной инфекции зараженного растения. В результате было доказано, что с повышением концентрации от 0,1 мМ к 1 мМ повышается активность АО, что способствует повышению всхожести семян. Оптимальной концентрацией для всхожести семян является 1 мМ концентрация молибдена. С повышением концентрации молибдена повышается и устойчивость взрослых растений к вирусной инфекции. Таким образом, 1 мМ концентрация молибдена является оптимальной для прорастания семян и устойчивости к вирусной инфекции.

**Ключевые слова:** Молибден, вольфрам, *N. benthamiana*, опрыскивание, альдегид оксидаза.

## Introduction

It has long been known that molybdenum is important for the nutrition of higher plants [1]. Molybdenum in small quantities improves the growth of barley, lettuce, asparagus, tomato and other agriculturally important plants [2].

Free molybdenum ions are inactive. Molybdenum in plants occurs in the form of MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup> anion [3]. In all organisms, molybdenum binds to pterin in a complex called molybdenum cofactor (MoCo) [4]. MoCo is identical in all molybdoenzymes (except for nitrogenase) [5]. The main function of MoCo is catalytic [6, 7].

The antagonist of molybdenum is tungsten (W) [8]. Despite its similarity to molybdenum, tungsten has a toxic effect on plants [9]. It leads to the stunted growth of seedlings, reduced biomass of roots and shoots and dysregulation of gene expression associated with the planned cell death (apoptosis) [10]. Tungsten and molybdenum bind to the same ligand in enzymes. Tungsten as a chemical analogue of molybdenum can substitute molybdenum in the active center of molybdoenzymes, making them inactive. This function of tungsten is used to study the structure and properties of molybdoenzymes [11].

Molybdenum deficiency in young plants is characterized by chlorosis, leaf deformation, grayish discoloration, leaf rot and stunted growth [12]. Deficiency also leads to seed deformation in oats and wheat, undergrowth of berries in grape clusters, undergrowth of pollen grains in corn, and poor pollen germination [13].

Molybdenum is a vital trace element as it is required for the normal plant growth and development [14]. The results of many years of research at the Institute of Soil Science of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan confirmed that the molybdenum content in our soils is three times less than the necessary critical concentration (0.1 mg Mo/kg for temperate zone soils) for the normal plant development [15]. Molybdenum is necessary for the work of five plant enzymes – sulfite oxidase, mitochondrial amidoxime reducing component, xanthine dehydrogenase, nitrate reductase and aldehyde oxidase [16, 17].

In this work, functions of aldehyde oxidase were considered.

Aldehyde oxidase (AO) is an enzyme containing flavin adenine dinucleotide (FAD), a cofactor of iron and molybdenum, as prosthetic groups [18]. It belongs to the family of molybdenum-containing hy-

droxylases [19]. Aldehyde oxidase plays an important role in plant life as it is involved in the defense response to *TBSV* (*tomato bushy stunt virus*) attack. The mechanism of reduction of viral infection by aldehyde oxidase is associated with the generation of hydrogen peroxide, which initiates intense oxidative stress that causes damage and cell death at the site of virus entry [20]. H2O<sub>2</sub> promotes cell wall strengthening: papillae are formed, lignification process is activated, and hydroxyproline/proline-rich proteins are cross-linked. These processes limit the spread of viral infection [21].

It has been previously proven that an increase in molybdenum concentration leads to an increase in aldehyde oxidase activity and, consequently, positive growth and development of barley is observed [22].

The object of study of our work is a plant of the nightshade family (*Solanaceae*) – *Nicotiana benthamiana*.

The aim of this work is to find the optimal concentration for aldehyde oxidase activation.

Main objectives are:

- to apply an efficient and cost-effective method to replenish molybdenum deficiency in the experimental plant;
- to demonstrate the exogenous effect of molybdenum on aldehyde oxidase activity against virus infection.

## Materials and methods

### *Seed priming and planting.*

Priming of *Nicotiana benthamiana* seeds in 0.1; 0.5 and 1 mM concentration of sodium molybdate dihydrate (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O), sodium tungstate dihydrate (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O) and molybdate with sodium tungstate dihydrate was performed. Distilled water was used as a control [23]. Since the seeds are small, priming was carried out for 1.5 hours.

After the seeding process, the seeds were dried, thirteen seeds were selected from each group and sown in pre-moistened soil in a specially equipped growth chamber. Universal soil (“Terravita”, Russia) for sowing seeds was sterilized in an autoclave for 30 minutes at a pressure of 1 atmosphere. Optimal conditions for seed germination were maintained in the growth chamber: air humidity of about 78% and air temperature of 28 °C. All pots were sealed with parafilm and covered with foil to create the best conditions for seed germination: darkness and humidity. After seven days, the germinated seeds were counted.

*Performing native gel electrophoresis of seeds.*

The remaining seeds were homogenized in pre-cooled porcelain mortars with the addition of the extraction buffer at 1:3 ratio to perform native gel electrophoresis under the non-denaturing conditions. The extraction buffer included 250 mM sucrose, EDTA, L-cysteine, DTT and TRIS-HCl, pH 8.5 [24]. The separation and loading gels were used for electrophoresis.

The separation gel consisted of acrylamide, bisacrylamide, TRIS-HCl pH 8.5, TEMED, APS, and distilled water. The loading gel also consisted of acrylamide, bisacrylamide, TRIS Base pH 6.8, TEMED, APS and distilled water. Samples were loaded into these gels at 4:1 ratio using the loading buffer, and the process itself was performed in the electrode buffer containing TRIS-HCl, TRIS-base and glycine solution with pH 8.89 [25]. Before the main electrophoresis, “pre-phoresis” was performed on an idle gel for 30 minutes under the same conditions as the main electrophoresis (110 V and 50 mA). “Pre-phoresis” was necessary to clear the gel of residual unpolymerized reagents. Electrophoresis was performed at 110 V and 50 mA current for 3.5 hours.

*Determination of aldehyde oxidase activity of seeds.*

To determine the aldehyde oxidase activity of seeds in gel that had undergone the seeding process in the previously mentioned solutions, a reaction mixture was prepared. This mixture included 2.5 ml of 50 mM TRIS-HCl (pH 7.4); 15 mg vanillin, 10 mg indole-3-carboxaldehyde, 6 mg thiazolyl blue tetrazolium bromide (MTT), and 1 mg phenazine methosulfate (PMS). The total volume was brought to 25 ml with distilled water. The gel was incubated in the prepared substrate in a thermal shaker for 30 minutes at 37°C in the dark until violet bands appeared. These bands characterized the activity of aldehyde oxidase [22].

*Cultivation of *Nicotiana benthamiana* plants in soil.*

After counting the germinated seeds, twelve seedlings were replanted into individual pots with soil mixed with vermiculite. Plants were grown in the same specially equipped growth chamber under conditions simulating a 17-hour day and a 7-hour night. Artificial lighting was provided by Klaus LED lamps with a spectrum of 6400 K. Watering was carried out every 3 days with 40 ml of distilled water for each plant [26].

*Cultivation of *Nicotiana benthamiana* plants on a hydroponic unit.*

Twelve seedlings were placed on small pieces of mineral wool and put in plastic boxes with pre-prepared solution for “Tripart/Flora Series” hydroponic unit made in France.

The “Tripart/Flora Series” solution contains total nitrogen, potassium oxide, calcium oxide, iron chelate 6% EDDA – 11% DPTA, copper chelate EDTA, zinc chelate EDTA, boron and manganese chelate EDTA.

*Treatment of plants with tungsten, molybdenum and tungsten-molybdenum solutions and inoculation of wild-type *Tomato bushy stunt virus* (TBSV).*

Month-old *N. benthamiana* plants with initially similar morphological characteristics such as height, lamina development and total vegetative mass were selected for infection.

Ten month-old *N. benthamiana* plants with similar morphological features were sprayed with three pre-prepared concentrations of molybdate dihydrate, tungstate dihydrate and a combined concentration of 14 ml per plant. Distilled water was used as a control. Spraying was performed one day before infection. Infection of wild-type *Tomato bushy stunt virus* (TBSV) plants was carried out through the mechanical damage to the mid-tier leaves.

Infected plants were grown under identical conditions until symptoms appeared. Morphological changes were observed on the third and seventh day after infection.

*Homogenization of samples for horizontal gel electrophoresis.*

300 mg of each of the leaves of control and inoculated *N. benthamiana* plants with wild-type TBSV were homogenized in TE buffer consisting of TRIS pH 7.4 and EDTA pH 8 at 1:2 ratio (mg/μl buffer sample) on ice in sterile porcelain mortars. After homogenization, the samples were centrifuged [20].

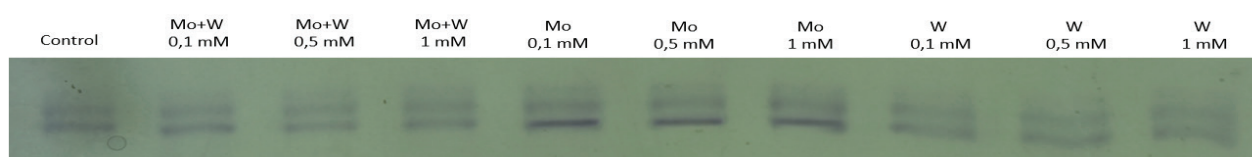
## Results and discussion

*Determination of aldehyde oxidase activity in native gel after seeding at 0.1; 0.5 and 1 mm concentrations*

As a result of enzymatic staining, three isoforms of aldehyde oxidase (AO1, AO2 and AO3) were detected in the seeds. Figure 1 shows that all three concentrations of tungsten decreased the activity of AO1 isoform.

The effect of aldehyde oxidase activity enhancement was more intense in samples incubated in molybdenum solutions compared to combined concentrations and concentrations with tungsten.





**Figure 1** – Determination of aldehyde oxidase activity in gel after electrophoresis in non-denaturant conditions in *N. benthamiana* seeds

Previously, three AO isoforms in pea plants (PAO1, PAO2 and PAO3) were identified by a number of scientists. PAO1 was most active in the leaves of seedlings and young leaves of adult plants. In roots, PAO1 was found only in seedlings. As pea plants aged, this isoform disappeared. PAO1 plays an important role in the germination and development of pea plants [27]. The above-mentioned article supports our findings, since with increasing tungsten concentrations, the intensity of staining of AO1 isoform decreases, and after planting, the germination of seeds incubated in tungsten concentration decreases (Fig. 2).

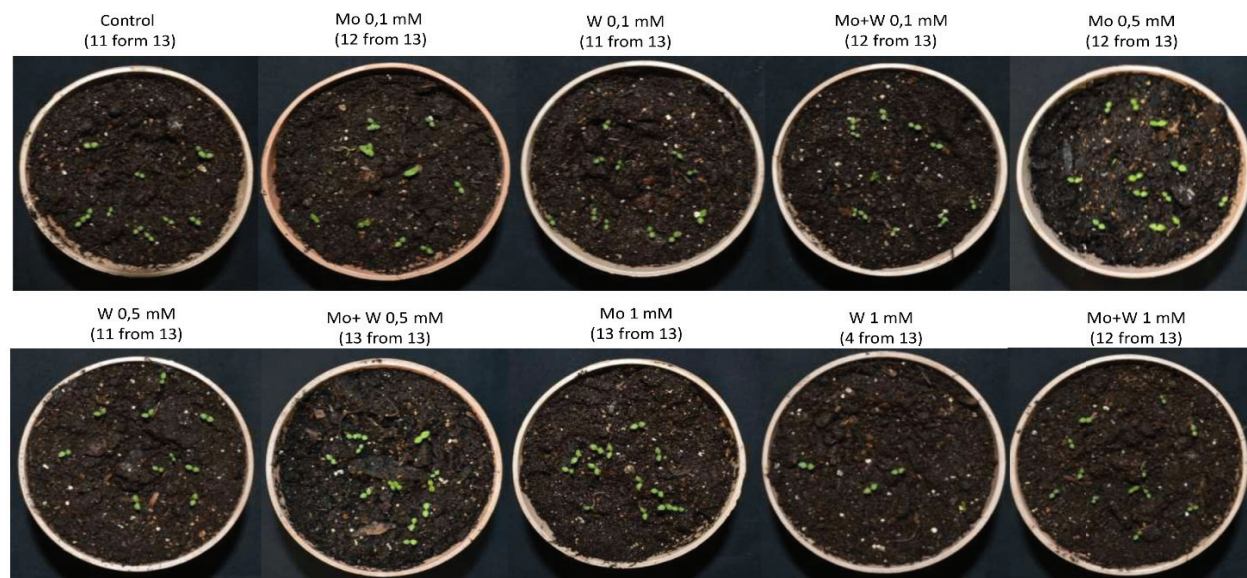
The opposite result was obtained when seeds were incubated in molybdenum solutions. Increasing the molybdenum concentration increased

the activity of aldehyde oxidase. Also, molybdenum had a positive effect on seed germination (Fig. 2). The data obtained by us are consistent with earlier studies [28, 29], according to which molybdenum is vital for the normal growth and development of plants.

#### *Seed germination results*

Priming is a cost-effective way to replenish the lack of essential trace elements for the good plant growth and development [30]. Therefore, we applied this method to replenish trace element deficiency.

A week after sowing the seeds that had undergone the seeding process, the germinated seeds were counted in comparison with the control. Thirteen seeds were planted in each pot (Fig. 2).



**Figure 2** – The growth of *N. benthamiana* after priming with various concentrations of Mo, W and Mo+W on day 7 of cultivation

From the result obtained (Fig. 2) it follows that the most optimal concentration for seeding is 1 Mm concentration of sodium molybdate dihydrate

( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), i.e. at this concentration, absolute seed germination is observed (13 out of 13). Studies conducted on barley confirmed that molybdenum has

a beneficial effect on the growth and development of seedlings [22].

*Morphological signs of infection of plants with wild-type TBSV grown in soil*

Three days after inoculation, the first signs of infection appeared in the form of slight curling of the upper tier leaves. Symptoms were weakly manifested, the only exceptions being 0.5 and 1 mM concentrations of Mo and 1 mM concentration of W. Plants sprayed with the above mentioned concentrations showed

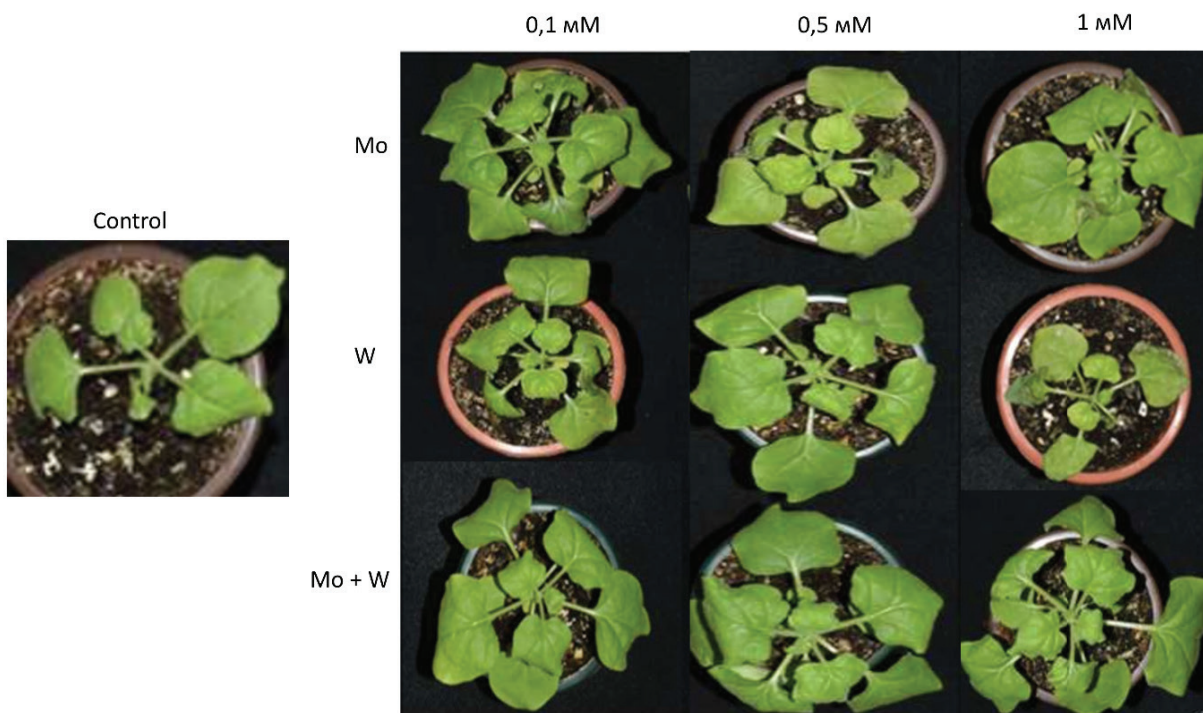
necrosis of the mid-tier leaves (Table 1, Fig. 2). It is difficult to predict the dynamics of virus infection spread based on the results of the third day.

Subsequent observation of the development of symptoms was performed on the day after inoculation.

On the seventh day, there was an increase in infection symptoms. Control plants showed standard infection symptoms characteristic of wild-type TBSV (Fig. 4, Table 2) [31].

**Table 1** – Symptoms of virus infection on the third day after inoculation of soil-grown plants

Metates / Concentrations	0.1 mM	0.5 mM	1 mM
Control	Curling of the upper tier leaves, chlorosis of the lower tier leaves		
Mo	Slight curling of the upper tier leaves	Necrosis of the mid-tier leaves	Necrosis of the mid-tier leaves
W	Slight curling of the upper tier leaves	Slight curling of the upper tier leaves	Necrosis of the mid-tier leaves
Mo + W	Slight curling of the upper tier leaves	Slight curling of the upper tier leaves	Curling of the upper tier leaves, chlorosis of the lower tier leaves



**Figure 3** – The morphological signs of plant infestation treated with 0.1, 0.5, 1 mM concentrations of Mo and Mo+W 3 dpi.

Plants sprayed with 1 mM tungsten concentration showed the most striking symptoms of infection: apical necrosis, death of the mid- and lower tier

leaves, curling and mosaic of the upper tier leaves. With the increase of tungsten concentration, plant resistance to virus infection decreases (Table 2, Fig.

4). The obtained result is supported by research data, according to which tungsten has a deleterious effect on plants: it causes deformation of cell components, disrupts the cell cycle and gene expression [32, 33].

An increase in molybdenum concentration from 0.1 to 1 mM increases plant resistance to virus infection. Plants sprayed with 1 mM concentration of molybdenum showed minimal symptoms of infection (Table 2, Fig. 4).

It has already been proven that molybdenum helps to increase yield and improve the quality of fruits [34], so it is often used as a fertilizer [35]. Batyrshina states that molybdenum increases the activity of AO in barley leaves [22]. According to Yergaliyev, virus infection also increases the activity of AO enzyme in *N. benthamiana* leaves, which leads to an increase in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production. This was the first demonstration of the participation of plant AO in defense mechanisms against virus infection [20].

Thus, molybdenum promotes aldehyde oxidase activation, increasing plant resistance to biotic stress (virus infection).

Plants sprayed with combined solutions showed a slight increase in symptoms toward increasing concentrations. In general, the symptoms of infection of the combined concentrations were similar to those of the control plant.

*Detection of virus infection in inoculated soil plants by agarose gel electrophoresis*

Virions are infectious virus particles. They consist of proteins, envelope (lipid membrane) and nucleic acid: DNA or RNA [36].

Virions were detected in infected plants by agarose gel electrophoresis (Fig. 5) [37].

Detection of genomic RNA virus in gel under UV light was performed using the Mego Bio-print-1100/20M gel documentation system and ECX Vilber Lourmat ECX transilluminator (France).

This gel analysis showed that all inoculated plants were infected. This method is particularly important for infected plants pretreated with three molybdenum concentrations, since wild-type TBSV causes mild symptoms of infection compared to tungsten-treated and control plants.

**Table 2** – Symptoms of virus infection on the seventh day after inoculation of soil-grown plants

Metattes / Concentrations	0.1 mM	0.5 mM	1 mM
Control	Curling of the upper and mid-tier leaves, death of the lower tier leaves		
Mo	Curling of the upper tier leaves and small areas of necrosis on the mid-tier leaves	Curling of the upper tier leaves and mosaic pattern on the mid-tier leaves	Slight curling of the upper tier leaves
W	Curling of the upper tier leaves, wilting of the lower tier leaves	Curling of the upper and mid-tier leaves, death of the lower tier leaves	Apical necrosis, death of the mid- and lower tier leaves, curling and mosaic of the upper tier leaves
Mo + W	Curling of the upper tier leaves and small areas of necrosis on the mid-tier leaves	Curling of the upper and mid-tier leaves, small areas of necrosis on the mid-tier leaves	Curling of leaves and mosaic pattern on the mid-tier leaves, necrosis of the lower tier leaves

*Morphological signs of infection of plants with wild-type Tomato bushy stunt virus (TBSV) grown on a hydroponic unit*

On the third day after infection, the main characteristic of virus infection spread is the appearance of numerous side shoots (Table 3, Fig. 4). This sign of virus infection spread is an indicator specifically for TBSV [38].

After spraying with three tungsten concentrations, plants were characterized by the stunted growth.

Plants sprayed with molybdenum and combined concentration continued to grow even

after inoculation. It has already been proven that molybdenum enhances the oxidative tolerance of plants by increasing the activity of antioxidant enzymes and the production of abscisic acid (ABA) [39]. Therefore, plants treated with molybdenum continued to grow. The stunted plant growth after spraying with tungsten is a toxic effect characteristic of this metal [40].

Subsequent observation of the development of symptoms was performed on the day after inoculation.



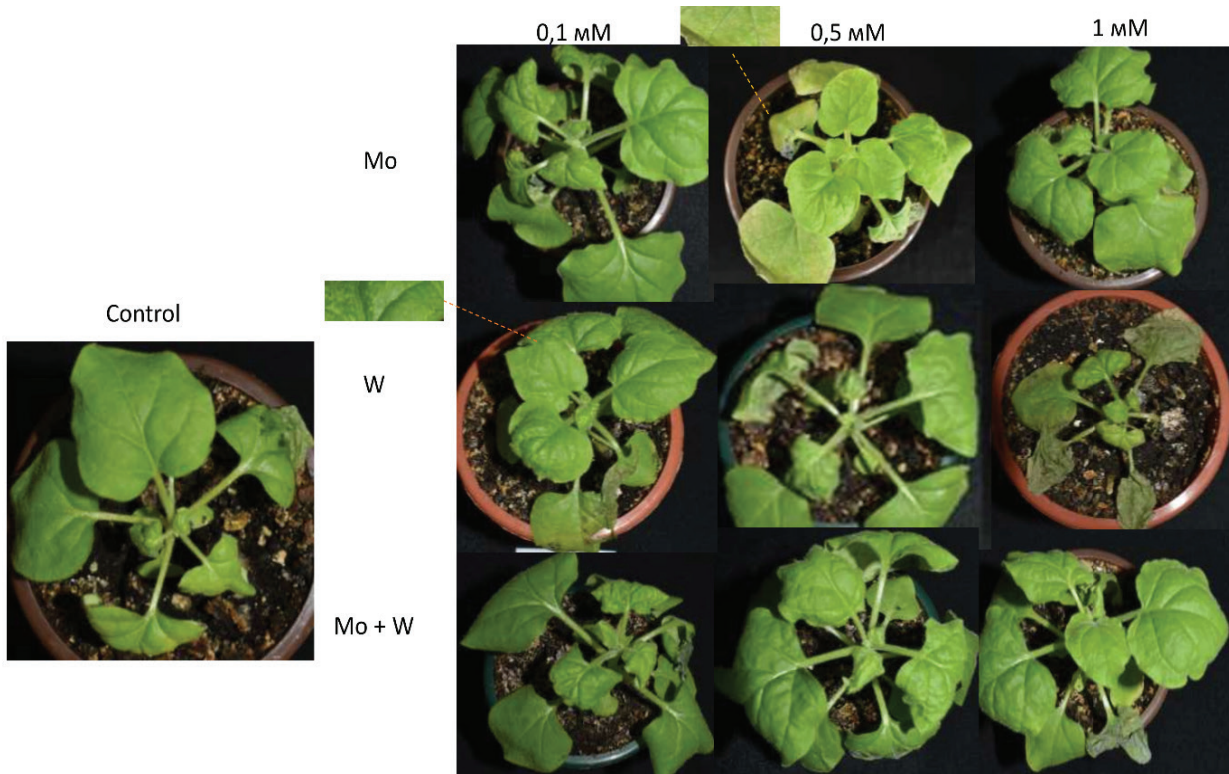


Figure 4 – The morphological signs of plant infestation treated with 0.1, 0.5, 1 mM concentrations of Mo , W and Mo+W 7dpi

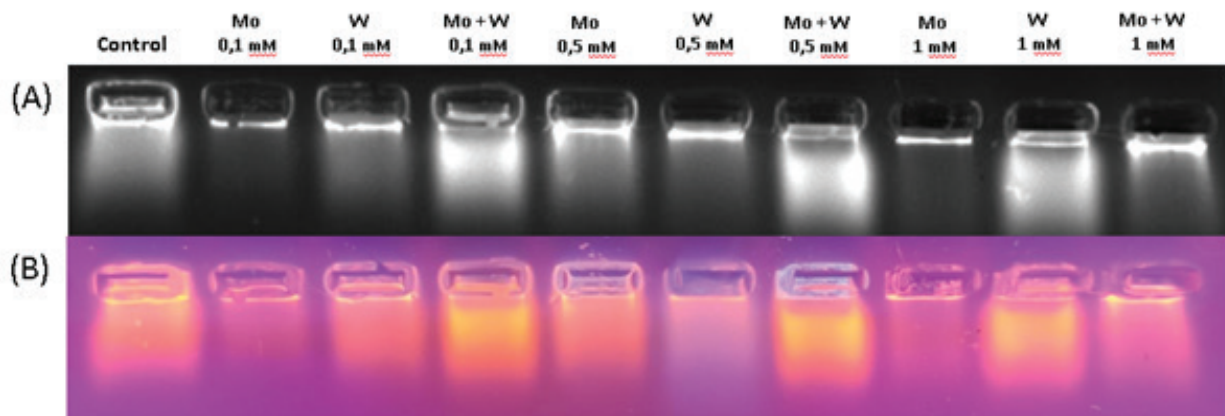


Figure 5 – Detection of RNA molecules in agarose gel from soil-grown plant samples: (A) using gel-documenting system Mego Bio-print-1100/20M, (B) using transilluminator ECX Vilber Lourmat (France)

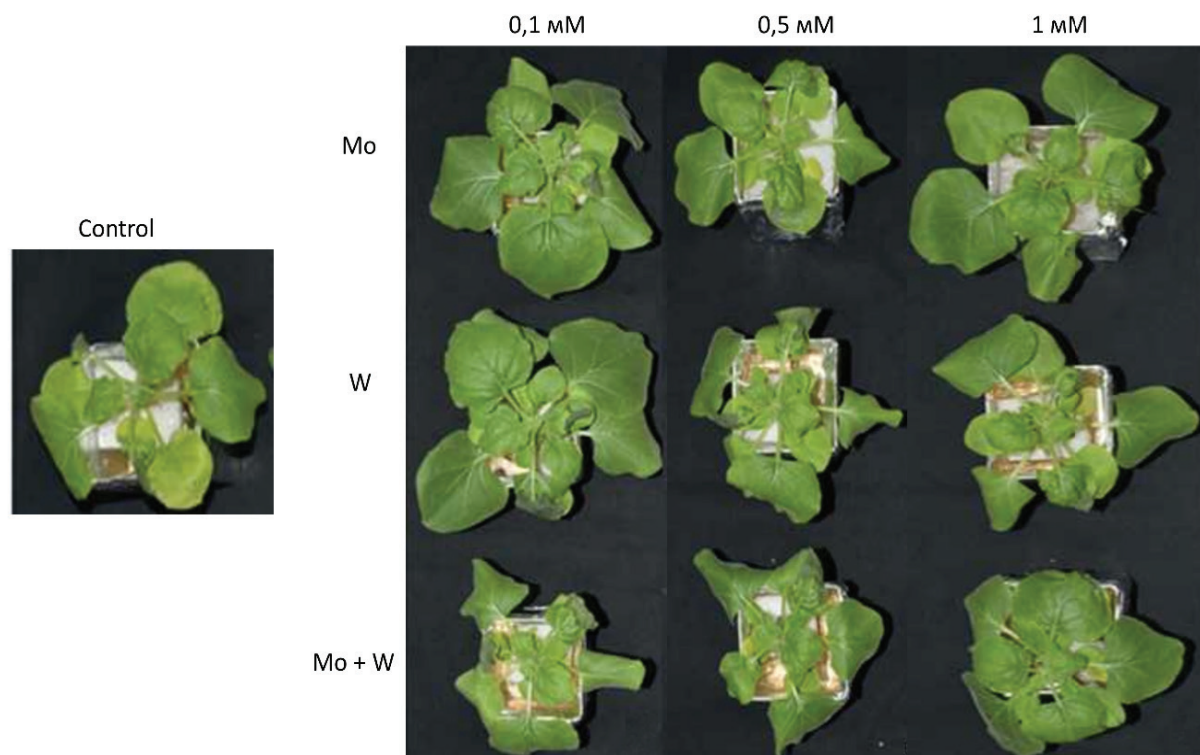
On the seventh day after inoculation, plants treated with 1 mM concentration of tungstate showed clear symptoms of infection. The lower tier leaves died. It has been documented that excess tungsten can cause programmed cell death (PCD) [41].

Tungsten is a heavy metal [42]. Heavy metals (such as lead and copper) stimulate virus infection and lead to the virus population doubling [43]. Perhaps tungsten has a similar effect on the plant defense system.



**Table 3** – Symptoms of virus infection on the third day after inoculation of hydroponically grown plants

Metates / Concentrations	0.1 mM	0.5 mM	1 mM
Control	Curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves		
Mo	Appearance of numerous side shoots (bushy appearance), curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves	Appearance of numerous side shoots (bushy appearance), curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves	Appearance of numerous side shoots (bushy appearance), curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves
W	Stunted growth, curling of the upper tier leaves and necrotic lesions on inoculated leaves	Stunted growth, curling of the upper tier leaves and necrotic lesions on inoculated leaves, appearance of numerous side shoots (bushy appearance)	Stunted growth, increased curling of the upper tier leaves, presence of necrotic areas on the upper tier leaves, appearance of numerous side shoots (bushy appearance)
Mo + W	Appearance of numerous side shoots (bushy appearance), curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves	Appearance of numerous side shoots (bushy appearance), curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves	Appearance of numerous side shoots (bushy appearance), curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated leaves

**Figure 6** – Morphological signs of infection in *N. benthamiana* plants grown on a hydroponic unit and treated with 0.1, 0.5, 1 mM concentration 3 dpi.

The symptoms of infection of plants sprayed with the combined concentration are similar to the symptoms of virus infection in the control plant. Chlorosis of the lower leaves in plants treated with 0.5 and 1 mM concentrations of Mo+W is a characteristic sign of heavy metal impact on plants [44].

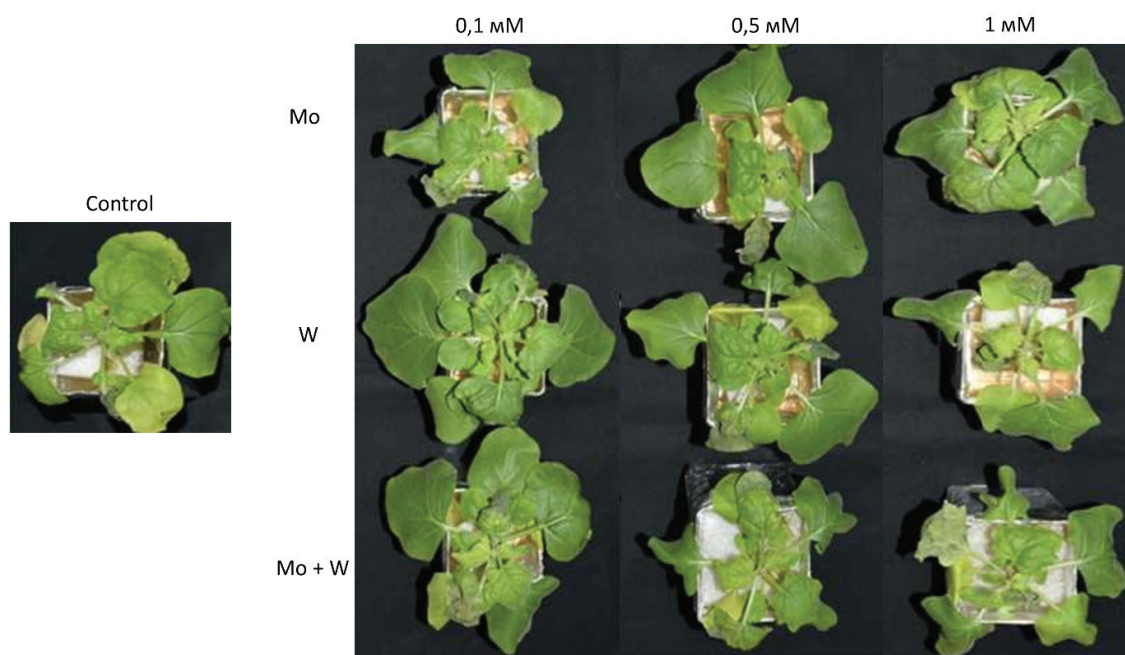
Plants sprayed with three concentrations of molybdenum also showed symptoms of infection. Despite this, we discovered a trend: the higher the concentration, the weaker the symptoms of infection. The weakest symptoms of infection were characteristic of 1 mM concentration of molybdenum.

It has already been proven that treatment of plants with non-toxic concentrations of the heavy metal cadmium can inhibit the spread of virus infection by blocking virus exit from the vascular tissue [45]. This experiment demonstrated that a 1 mM concentration of molybdenum is capable of delaying the spread of viral infection. This fact is explained by the activation of the aldehyde oxidase enzyme, which has a defense property against virus infection [46].

Necrosis of inoculated leaves of plants treated with 0.5 and 1 mM concentrations of molybdenum is a defense mechanism to block the spread of virus infection. According to Tapan K. and Yergaliyeva T., AO can serve as an important biological source of reactive oxygen species (ROS), which perform defense functions during the pathogen invasion by blocking the spread of virus infection [20].

**Table 4** – Symptoms of virus infection on the third day after inoculation of hydroponically grown plants

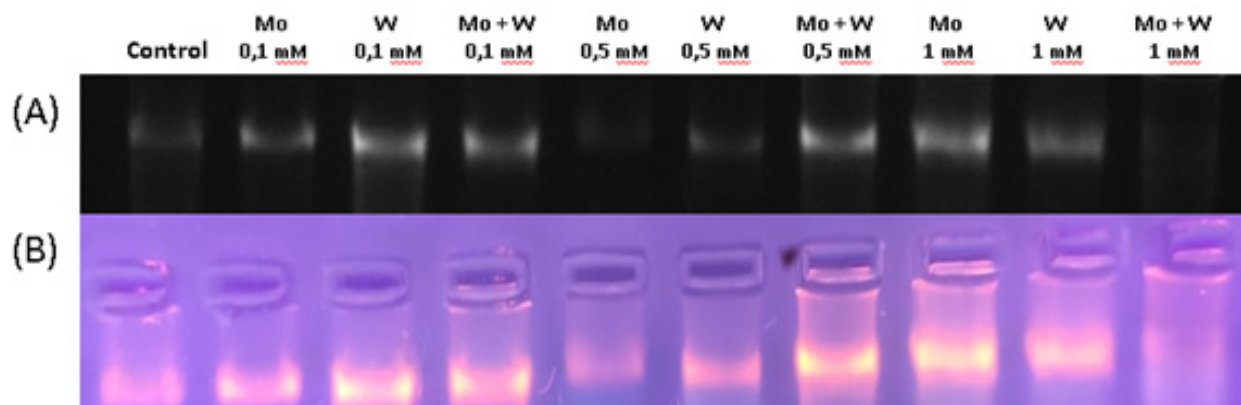
Metattes / Concentrations	0.1 mM	0.5 mM	1 mM
Control	Curling and mosaic of the upper tier leaves, complete necrosis of inoculated mid-tier leaves and wilting of the lower tier leaves		
Mo	Curling of the upper tier leaves, increased shoot growth, necrosis of shoot leaf tips, mosaic and increased curling of the upper tier leaves	Slight curling of the upper tier leaves and necrosis of inoculated leaves	Slight curling of the upper tier leaves and necrosis of inoculated leaves
W	Mosaic and increased curling of the upper tier leaves, increased shoot growth, necrosis of shoot leaf tips	Curling of the upper tier leaves, shoot leaves curling, necrosis of inoculated leaves. Intense chlorosis of the lower tier leaves.	Increased curling of the upper tier leaves, curling and necrotic lesions on the mid-tier leaves, dying off of the lower tier leaves
Mo + W	Mosaic and increased curling of the upper tier leaves, increased shoot growth, necrosis of shoot leaf tips	Curling of the upper tier leaves and necrosis of inoculated leaves. Intense chlorosis of the lower tier leaves.	Curling of the upper tier leaves, necrotic lesions on inoculated mid-tier leaves. Intense chlorosis of the lower tier leaves.



**Figure 7** – Morphological signs of infection in *N. benthamiana* plants grown on a hydroponic unit and treated with 0.1, 0.5, 1 mM concentration 7 dpi.

Detection of virus infection in inoculated plants grown on a hydroponic plant using agarose gel electrophoresis

Virus particles acids that glow under UV light. Wild-type TBSV can be seen as single bright bands on traces with samples isolated from leaves of infected *N. benthamiana* plants (Fig. 8).



**Figure 8** – Detection of RNA molecules in agarose gel from plant samples grown on a hydroponic unit: (A) using gel-documenting system Mego Bio-print-1100/20M, (B) using transilluminator ECX Vilber Lourmat (France)

## Conclusion

Molybdenum deficiency leads to deterioration in the quality of crop products, and the impact of such abiotic stress as virus infection damages the entire agriculture of the Republic of Kazakhstan. Exposure to one stress affects the response of plants during another stress. These two issues formed the basis of our article.

Molybdenum deficiency in plants was replenished by priming. The optimal concentration for seed saturation is 1 mM molybdenum concentration, since it is this concentration that promotes absolute seed germination.

Plants deficient in a vital trace element such as molybdenum become the most vulnerable to virus infection.

Our study confirmed that molybdenum application can enhance plant defense mechanisms against virus infection by activating the molybdoenzyme, aldehyde oxidase. Aldehyde oxidase promotes the production of hydrogen peroxide, which helps to inhibit the spread of virus infection in experimental plants.

Aldehyde oxidase produces H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> during the oxidation of aromatic and aliphatic aldehydes. Oxidation electrons are transferred to molecular oxygen in a two-electron transfer step, resulting in the reduction of molecular oxygen to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> performs several sequential functions: it initiates intense oxidative stress, accompanied by damage and cell death at the site of virus penetration, then peroxide acts as signaling molecules, induction of plant protective genes, glutathione S-transferase (GST) and glutathione peroxidase (GPx), which contribute to the formation of adaptive mechanisms and strengthen the cell wall: papillae are formed, lignification process is activated. As a result, the supply of nutrients to neighboring tissues is restricted, which leads to inhibition of the spread of viral infection.

In this case, even infected plants continue their growth and development. The optimal concentration for increasing plant resistance to virus infection is also 1 mM concentration of molybdenum. This study confirmed that 1 mM concentration is optimal for seed germination and resistance to virus infection.

## References

1. Evans Harold J. Role of molybdenum in plant nutrition // *Soil Sci.* – 1956. – Vol. 81, No 3. – P. 199-208.
2. Arnon D. I. and Stout P. R. Molybdenum as an essential element for higher plants // *Plant Physiol.* – 1939. – Vol. 14, No 3. – P. 599-602. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.14.3.599>
3. Burgmayer S. J. N. and Stiefel E. I. Molybdenum enzymes, cofactors, and systems: the chemical uniqueness of molybdenum // *J. Chem. Educ.* – 1985. – Vol. 62, No 11. – P. 943-953.
4. Schwarz G., Mendel R. R., and Ribbe M. W. Molybdenum cofactors, enzymes and pathways // *Nature.* – 2009. – Vol. 460, No 7257. – P. 839-847. <https://doi.org/10.1038/nature08302>
5. Walker-Simmons M., Kudrna D. A. and Warner, R. L. Reduced accumulation of ABA during water stress in a molybdenum cofactor mutant of barley // *Plant Physiol.* – 1989. – Vol. 90, No 2. – P. 728-733. <https://doi.org/10.1104/pp.90.2.728>
6. Zimmer W. and Mendel R. Molybdenum metabolism in plants // *Plant boil.* – 1999. – Vol.1, No 02. – P. 160-168. DOI: 10.1055/s-2007-978502
7. Mendel R. R. and Schwarz G. Molybdenum cofactor biosynthesis in plants and humans // *Coord. Chem. Rev.* – 2011. – Vol. 255, No 9-10. – P. 1145-1158. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2011.01.054>
8. Hille R. Molybdenum and tungsten in biology // *Trends Biochem. Sci.* – 2002. – Vol. 27, No 7. – P. 360-367.
9. Strigul N., Galdun C., Vaccari, et al. Influence of speciation on tungsten toxicity // *Desalination.* – 2009. – Vol. 248, No 1-3. – P. 869-879. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.01.016>
10. Adamakis I. S., Panteris. E and Eleftheriou E. P. Tungsten Toxicity in Plants // *Plants.* – 2012. – Vol. 1, No 2. – P. 82-99. doi:10.3390/plants1020082
11. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет. 2020.
12. Broadley M., Brown P., Cakmak I., Rengel Z., and Zhao F. Function of Nutrients. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press, 2012. doi:10.1016/b978-0-12-384905-2.00007-8
13. Прищепчик Ю.В., Аверина Н.Г. Влияние биопрайминга семян льна 5-аминолевулиновой кислотой на энергию прорастания и всхожесть. Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: материалы Международной научной конференции и Двенадцатого съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков. Минск. 2016: с. 76 – 79.
14. Prashar N., Bakshi M., Shilpa C., et al. Role of micro-nutrients in fruit production: A review // *Pharm. Innov. J.* – 2022. – Vol. 11, No 6. – P. 1158-1164.
15. Shalakhmetova G.A., Nayekova S., Sagi M., et al. The effect of pre-sowing saturation with molybdenum and presence of nitrate on the allantoin content in sprouted wheat grain // *Int. J. Biol. Chem.* – 2018. – Vol. 11, No 1. – P. 41-48. <https://doi.org/10.26577/ijbch-2018-1-312>
16. Chamizo-Ampudia A., Sanz-Luque E., Llamas A., et al. Nitrate reductase regulates plant nitric oxide homeostasis // *Trends Plant Sci.* – 2017. – Vol. 22, No 2. – P. 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.12.001>
17. Rana M.S., Bhandana P., Sun X., et al. Molybdenum as an Essential Element for Crops: An Overview // *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* – 2020. – Vol. 24, No 5. – P. 18535–18547. DOI: 10.26717/BJSTR.2020.24.004104
18. Tokasheva, D. S., Nurbekova, Z. A., et al. Molybdoenzyme Participation in Plant Biochemical Processes // *Eurasian J. Appl. Biotech.* – 2021. – Vol. 1.
19. Kundu, T. K., Velayutham, M. and Zweier, J. L. Aldehyde oxidase functions as a superoxide generating NADH oxidase: an important redox regulated pathway of cellular oxygen radical formation // *Biochemistry.* – 2012. – Vol. 51, No 13. – P. 2930-2939. <https://doi.org/10.1021/bi3000879>
20. Yergaliyev T.M., Nurbekova Z., Mukiyanova G., et al. The involvement of ROS producing aldehyde oxidase in plant response to Tombus virus infection // *Plant Physiol. Biochem.* – 2016. – Vol. 109. – P. 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.09.001>
21. Kuźniak E. and Urbanek H. The involvement of hydrogen peroxide in plant responses to stresses // *Acta Physiol. Plant.* – 2000. – Vol. 22, No 2. – P. 195-203. doi:10.1007/s11738-000-0076-4
22. Baturshina Z., Yergaliyev T. M., Nurbekova Zh., et al. Differential influence of molybdenum and tungsten on the growth of barley seedlings and the activity of aldehyde oxidase under salinity // *J. plant phys.* – 2018. – Vol. 228. – P. 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.009>
23. Dildabek A., Ilyasova B., Stangaliyeva Z., Kassenova S., Zhangazin S., Massalimov Z., & Akbassova A. Crosstolerant Effect of Salt Priming and Viral Infection on *Nicotiana benthamiana* // *Eurasian J. Appl. Biotech.* – 2020. – Vol. 1.
24. Sagi M., Omarov R.T., Lips S.H. The Mo-hydroxylases xanthine dehydrogenase and aldehyde oxidase in ryegrass as affected by nitrogen and salinity // *Plant Sci.* – 1998. – Vol. 135, No 2. – P. 125–135. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00075-2)
25. Arndt C., Koristka S., Bartsch H., Bachmann M. Native Polyacrylamide Gels. Protein Electrophoresis. Methods in Molecular Biology. Totowa, New Jersey: Humana Press, Volume 869. 2012. [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4_5)
26. Dildabek A. B., Stangaliyeva Z. B., Ilyasova B. B., et al. Superinoculation of *Nicotiana benthamiana* Promotes the Development of Immunity to *Tomato Bushy Stunt Virus* // *Russ. J. Pl. Phys.* – 2021. – Vol. 68. – P. 883-889.
27. Zdunek-Zastocka E., Omarov R. T., Koshiha T., & Lips H. S. Activity and protein level of AO isoforms in pea plants (*Pisum sativum L.*) during vegetative development and in response to stress conditions // *J. exper. Bot.* – 2004. – Vol. 55, No 401. – P. 1361-1369.



28. Babenko O. N., Brychkova G., Sagi M., and Alikulov Z. A. Molybdenum application enhances adaptation of crested wheatgrass to salinity stress // *Acta physiol. Plant.* – 2015. – Vol. 37. – P. 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1757-8>
29. Babenko O. and Alikulov Z. Effect of pre-sowing seed priming with molybdate tungstate on the seed germination and growth of crops plant // In Proc. Mod. Sci. Probl. Perspect. Intern. Conf., USA – 2013. – Vol. 4. – P. 48-51.
30. Aslam M. T., Chattha M. U., Khan I., et al. Scope of Seed Priming in Inducing Biofortification in Plants // In *Mineral Biofortification in Crop Plants for Ensuring Food Security*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023: pages 233-259. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-4090-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-99-4090-5_11)
31. Yamamura Y. and Scholthof H. B. *Tomato bushy stunt virus*: a resilient model system to study virus–plant interactions // *Mol. plant path.* – 2005. – Vol. 6, No 5. – P. 491-502. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00301.x>
32. Park J. H. and Han H. J. Effect of tungsten-resistant bacteria on uptake of tungsten by lettuce and tungsten speciation in plants // *J. hazard. Mat.* – 2019. – Vol. 379. – P. 120825.
33. Consentino B.B., Ciriello M., Sabatino L., et al. Current Acquaintance on Agronomic Biofortification to Modulate the Yield and Functional Value of Vegetable Crops: A Review // *Horticulturae* – 2023. – Vol. 9, No 2. – P. 219. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020219>
34. Zhou J., Sun X., Chen C. and Chen J. The Effect of Molybdenum Fertilizer on the Growth of Grass–Legume Mixtures Related to Symbiotic Rhizobium // *Agronomy* – 2023. – Vol. 13, No 2. – P. 495. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020495>
35. Modrow S., Falke D., Truyen U., and Schätzl H. Viruses: definition, structure, classification // *Mol. Vir.* – 2013. – Vol. 17. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20718-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20718-1_2)
36. Suleimenova Z. Z., Kutzhanova A. A., Yergaliyev T. M., Batyrshina Z. S., & Omarov, R. T. The development of express method for detection viral diseases in plants // *Bull. L.N. Gumilyov Eurasian Nat. Uni. Biosci. Ser.* – 2018. – Vol. 3, No 124. – P. 65-69. DOI: 10.32523/2616-7034-2018-124-3-65-69
37. Kirgizova, I. V., Zhangazin, S. B. and Yergaliyev, T. M. Tomato bushy dwarfism virus // *Plant Prot. Quarant.* – 2017. – Vol. 9. – P. 46-47.
38. Moussa M. G., Sun X., Ismael M. A., et al. Molybdenum-induced effects on grain yield, macro–micro-nutrient uptake, and allocation in Mo-inefficient winter wheat // *J. Plant Growth Regul.* – 2022. – Vol. 41, No 4. – P. 1516-1531. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10397-0>
39. Alsharif E. A., Hajjar D. and Abd Elgawad H. Future Climate CO2 Reduces the Tungsten Effect in Rye Plants: A Growth and Biochemical Study // *Plants.* – 2023. – Vol. 12, No 10. – P. 1924. <https://doi.org/10.3390/plants12101924>
40. Adamakis I. D. S. and Eleftheriou E. P. Structural evidence of programmed cell death induction by tungsten in root tip cells of *Pisum sativum* // *Plants.* – 2019. – Vol. 8, No 3. – P. 62. <https://doi.org/10.3390/plants8030062>
41. Hui W., Hao Z., Hongyan T., et al. Heavy metal pollution characteristics and health risk evaluation of soil around a tungsten-molybdenum mine in Luoyang, China // *Environ. Earth Sci.* – 2021. – Vol. 80. – P. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09539-0>
42. Shevchenko O.V., Kamzel O.A., Budzanivska I.G., et al. Heavy metal soil contamination delays the appearance of virus-induced symptoms on potato but favours virus accumulation // *Arch. Phytopath. Plant Prot.* – 2007. – Vol. 40, No 6. – P. 406-413. <https://doi.org/10.1080/0323540042000203967>
43. Jamal Q., Durani P., Khan K., et al. Heavy metals accumulation and their toxic effects // *J. Bio-Mol. Sci. (JBMS)* – 2013. – Vol. 1, No 1. – P. 27-36.
44. Ghoshroy S., Freedman K., Lartey R. and Citovsky, V. Inhibition of plant viral systemic infection by non-toxic concentrations of cadmium // *The Plant J.* – 1998. – Vol. 13, No 5. – P. 591-602. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1998.00061.x>
45. Zhou Z., He H., Ma L., et al. Overexpression of a GmCnx1 gene enhanced activity of nitrate reductase and aldehyde oxidase, and boosted mosaic virus resistance in soybean // *PLoS One* – 2015. – Vol. 10, No 4. – P. e0124273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124273>
46. Kundu T. K., Velayutham M. and Zweier J. L. Aldehyde oxidase functions as a superoxide generating NADH oxidase: an important redox regulated pathway of cellular oxygen radical formation // *Biochemistry* – 2012. – Vol. 51, No 13. – P. 2930-2939. <https://doi.org/10.1021/bi3000879>

## References

1. Adamakis I. D. S. and Eleftheriou E. P. (2019) Structural evidence of programmed cell death induction by tungsten in root tip cells of *Pisum sativum*. *Plants*, vol. 8, no 3, p. 62. <https://doi.org/10.3390/plants8030062>
2. Adamakis I. D. S., Panteris E. and Eleftheriou E. P. (2012) Tungsten toxicity in plants. *Plants*, vol. 1, no 2, pp. 82-99. <https://doi.org/10.3390/plants1020082>
3. Alsharif E. A., Hajjar D. and Abd Elgawad H. (2023) Future Climate CO2 Reduces the Tungsten Effect in Rye Plants: A Growth and Biochemical Study. *Plants*, vol. 12, no 10, p. 1924. <https://doi.org/10.3390/plants12101924>
4. Arndt C., Koristka S., Bartsch H., Bachmann M. (2012) Native Polyacrylamide Gels. *Protein Electrophoresis. Methods in Molecular Biology*. Totowa, New Jersey: Humana Press, vol. 869. [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4_5)
5. Arnon D. I. and Stout P. R. (1939) Molybdenum as an essential element for higher plants. *Plant Physiol.*, vol. 14, no 3, pp. 599-602. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.14.3.599>
6. Aslam M. T., Chattha M. U., Khan I., et al. (2023) Scope of Seed Priming in Inducing Biofortification in Plants. In *Mineral Biofortification in Crop Plants for Ensuring Food Security*. Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 233-259. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-4090-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-99-4090-5_11)

7. Babenko O. and Alikulov Z. (2013) Effect of pre-sowing seed priming with molybdate tungstate on the seed germination and growth of crops plant. In Proc of Modern Science: Problems and Perspectives international conference, USA, vol. 4, pp. 48-51.
8. Babenko O. N., Brychkova G., Sagi M., and Alikulov Z. A. (2015) Molybdenum application enhances adaptation of crested wheatgrass to salinity stress. *Acta physiol. Plant*, vol. 37, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1757-8>
9. Batyrshina Z., Yergaliyev T. M., Nurbekova Zh., et al. (2018) Differential influence of molybdenum and tungsten on the growth of barley seedlings and the activity of aldehyde oxidase under salinity. *J.plant physiol.*, vol. 228, pp. 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.009>
10. Bityuckij N.P. (2020) Mikroelementy vysshih rastenij. [Planta superior microelements]. Foresight-Russia, Sankt-Peterburg, pp. 368.
11. Broadley M., Brown P., Cakmak I., Rengel Z., and Zhao F. (2012) Function of Nutrients. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Academic Press. doi:10.1016/b978-0-12-384905-2.00007-8
12. Burgmayer S. J. N. and Stiefel E. I. (1985) Molybdenum enzymes, cofactors, and systems: the chemical uniqueness of molybdenum. *J.Chem. Educ.*, vol. 62, no 11, pp. 943-953.
13. Chamizo-Ampudia A., Sanz-Luque E., Llamas A., et al. (2017) Nitrate reductase regulates plant nitric oxide homeostasis. *Trends Plant Sci.*, vol. 22, no 2, pp. 163-174. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.12.001>
14. Consentino B.B., Ciriello M., Sabatino L., et al. (2023) Current Acquaintance on Agronomic Biofortification to Modulate the Yield and Functional Value of Vegetable Crops: A Review. *Horticulturae*, vol. 9, no 2, p. 219. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020219>
15. Dildabek A. B., Stangaliyeva Z. B., Ilyasova B. B., et al. (2021) Superinoculation of *Nicotiana benthamiana* Promotes the Development of Immunity to *Tomato Bushy Stunt Virus*. *Russ. J. Plant Phys.*, vol. 68, pp. 883-889.
16. Dildabek A., Ilyasova B., Stangaliyeva Z., Kassenova S., Zhangazin S., Massalimov Z., & Akbassova A. (2020) Crosstolerant Effect of Salt Priming and Viral Infection on *Nicotiana benthamiana*. *Eurasian J. Appl. Biotech.*, vol.1.
17. Evans Harold J. (1956) Role of molybdenum in plant nutrition. *Soil Sci.*, vol. 81, no 3, pp. 199-208.
18. Ghoshroy S., Freedman K., Lartey R. and Citovsky, V. (1998) Inhibition of plant viral systemic infection by non-toxic concentrations of cadmium. *The Plant J.*, vol. 13, no 5, pp. 591-602. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1998.00061.x>.
19. Hille R. (2002) Molybdenum and tungsten in biology. *Trends biochem. Sci.*, vol. 27, no 7, pp. 360-367.
20. Hui W., Hao Z., Hongyan T., et al. (2021) Heavy metal pollution characteristics and health risk evaluation of soil around a tungsten-molybdenum mine in Luoyang, China. *Environ. Earth Sci.*, vol. 80, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09539-0>
21. Jamal Q., Durani P., Khan K., et al. (2013) Heavy metals accumulation and their toxic effects. *J. Bio-Molec. Sci. (JBMS)*, vol.1, no 1, pp. 27-36.
22. Kirgizova I. V., Zhangazin S. B. and Yergaliyev T. M. (2017) Tomato bushy dwarfism virus. *Plant Protect. Quarant.*, vol. 9, pp. 46-47.
23. Kundu T. K., Velayutham M. and Zweier J. L. (2012) Aldehyde oxidase functions as a superoxide generating NADH oxidase: an important redox regulated pathway of cellular oxygen radical formation. *Biochemistry*, vol. 51, no 13, pp. 2930-2939. <https://doi.org/10.1021/bi3000879>
24. Kundu, T. K., Velayutham, M. and Zweier, J. L. (2012) Aldehyde oxidase functions as a superoxide generating NADH oxidase: an important redox regulated pathway of cellular oxygen radical formation. *Biochemistry*, vol. 51, no 13, pp. 2930-2939. <https://doi.org/10.1021/bi3000879>
25. Kuźniak E. and Urbanek H. (2000) The involvement of hydrogen peroxide in plant responses to stresses. *Acta Phys. Plant.*, vol. 22, no 2, pp. 195-203. doi:10.1007/s11738-000-0076-4
26. Mendel R. R. and Schwarz G. (2011) Molybdenum cofactor biosynthesis in plants and humans. *Coord. Chem. rev.*, vol. 255, no 9-10, pp. 1145-1158. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2011.01.054>
27. Modrow S., Falke D., Truyen U., and Schätzl H. (2013) Viruses: definition, structure, classification. *Mol.Vir.*, vol. 17. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20718-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20718-1_2)
28. Moussa M. G., Sun X., Ismael M. A., et al. (2022) Molybdenum-induced effects on grain yield, macro-micro-nutrient uptake, and allocation in Mo-inefficient winter wheat. *J.Plant Growth Regul.*, vol. 41, no 4, pp. 1516-1531. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10397-0>
29. Park J. H. and Han H. J. (2019) Effect of tungsten-resistant bacteria on uptake of tungsten by lettuce and tungsten speciation in plants. *J. hazard. Mater.*, vol. 379, pp. 120825.
30. Prashar N., Bakshi M., Shilpa C., et al. (2022) Role of micro-nutrients in fruit production: A review. *The Pharma Innov. J.*, vol. 11, no 6, pp.1158-1164.
31. Prishchepchik Y.V., Averina N.G. (2016) Vliyanie bioprajminga semyan l'na 5-aminolevulinovoj kislotoj na energiyu prorastaniya i vskhozhest, [ The influence of flax seeds bioprimering with 5-aminolevulinic acid to the germinating force and germinative ability] *Molekulyarnye, membrannye i kletochnye osnovy funkcionirovaniya biosistem* [Molecular, membrane, and cell foundations of biosystem functioning]: materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii i Dvenadcatogo s'ezda Belorusskogo obshchestvennogo ob'edineniya fotobiologov i biofizikov [International scientific conference and the 12 th forum of the Belarus non-governmental organization of photobiologists and biophysicist materials]. Foresight-Russia, Minsk, pp. 76 – 79.
32. Rana M.S., Bhandana P., Sun X., et al. (2020) Molybdenum as an Essential Element for Crops: An Overview. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.*, vol. 24, no 5, pp. 18535–18547. DOI: 10.26717/BJSTR.2020.24.004104
33. Sagi M., Omarov R.T., Lips S.H. (1998) The Mo-hydroxylases xanthine dehydrogenase and aldehyde oxidase in ryegrass as affected by nitrogen and salinity. *Plant Sci.*, vol. 135, no 2, pp. 125–135. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00075-2)

34. Schwarz G., Mendel R. R., and Ribbe M. W. (2009) Molybdenum cofactors, enzymes and pathways. *Nature*, vol. 460, no 7257, pp. 839-847. <https://doi.org/10.1038/nature08302>
35. Shalakhmetova G.A., Nayekova S., Sagi M., et al. (2018) The effect of pre-sowing saturation with molybdenum and presence of nitrate on the allantoin content in sprouted wheat grain. *Intern. J. Biol. Chem.*, vol. 11, no 1, pp. 41-48. <https://doi.org/10.26577/ijbch-2018-1-312>
36. Shevchenko O.V., Kamzel O.A., Budzaniyska I.G., et al. (2007) Heavy metal soil contamination delays the appearance of virus-induced symptoms on potato but favours virus accumulation. *Arch. Phytopath. Plant Protect.*, vol. 40, no 6, pp. 406-413. <https://doi.org/10.1080/0323540042000203967>
37. Strigul N., Galdun C., Vaccari, et al. (2009) Influence of speciation on tungsten toxicity. *Desalination*, vol. 248, no 1-3, pp. 869-879. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.01.016>
38. Suleimenova Z. Z., Kutzhanova A. A., Yergaliyev T. M., Batyrshina Z. S., & Omarov, R. T. (2018) The development of express method for detection viral diseases in plants. *Bull. L.N. Gumilyov Eurasian Nat. Uni. Biosci. Ser.*, vol. 3, no 124, pp. 65-69. DOI: 10.32523/2616-7034-2018-124-3-65-69
39. Tokasheva, D. S., Nurbekova, Z. A., et al. (2021) Molybdoenzyme Participation in Plant Biochemical Processes. *Eurasian J. Appl. Biotech.*, vol. 1.
40. Walker-Simmons M., Kudrna D. A. and Warner, R. L. (1989) Reduced accumulation of ABA during water stress in a molybdenum cofactor mutant of barley. *Plant Phys.*, vol. 90, no 2, pp. 728-733. <https://doi.org/10.1104/pp.90.2.728>
41. Yamamura Y. and Scholthof H. B. (2005) *Tomato bushy stunt virus*: a resilient model system to study virus-plant interactions. *Molec. plant path.*, vol. 6, no 5, pp. 491-502. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00301.x>
42. Yergaliyev T.M., Nurbekova Z., Mukiyanova G., et al. (2016) The involvement of ROS producing aldehyde oxidase in plant response to Tombus virus infection. *Plant Phys. Biochem.*, vol. 109, pp. 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.09.001>
43. Zdunek-Zastocka E., Omarov R. T., Koshiha T., & Lips H. S. (2004) Activity and protein level of AO isoforms in pea plants (*Pisum sativum L.*) during vegetative development and in response to stress conditions. *J. exper. Bot.*, vol. 55, no 401, pp. 1361-1369.
44. Zhou J., Sun X., Chen C. and Chen J. (2023) The Effect of Molybdenum Fertilizer on the Growth of Grass-Legume Mixtures Related to Symbiotic Rhizobium. *Agronomy*, vol. 13, no 2, pp. 495. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020495>
45. Zhou Z., He H., Ma L., et al. (2015) Overexpression of a GmCnx1 gene enhanced activity of nitrate reductase and aldehyde oxidase, and boosted mosaic virus resistance in soybean. *PLoS One*, vol. 10, no 4, p. e0124273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124273>
46. Zimmer W. and Mendel R. (1999) Molybdenum metabolism in plants. *Plant Biol.*, vol. 1, no 02, pp. 160-168. DOI: 10.1055/s-2007-978502

#### **Information about authors:**

*Tokasheva Dana Serikovna (corresponding author) — PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, email: dana041193@mail.ru)*

*Omarov Rustem Tukenovich (scientific supervisor) — Head of department, L.N. Gumilyov Eurasian National University. (Astana, Kazakhstan)*

#### **Авторлар туралы мәлімет:**

*Токашева Дана Серікқызы (корреспондентный автор) — PhD студент, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан, email: dana041193@mail.ru)*

*Омаров Рустем Төкенұлы (ғылыми жетекші) — Биотехнология және микробиология кафедрасының меңгерушісі, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан)*

*Received February 6, 2023*

*Accepted February 20, 2024*

А.Д. Дукенбаева\* , М.Д. Альжанова 

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

\*e-mail: asiya\_b@mail.ru

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ ФЛОРЫ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА АСТАНА

Видовое разнообразие растительного мира, представленного деревьями и кустарниками в урбанизированной среде, имеет немаловажное значение в поддержании экологического баланса. Посредством древесных и кустарниковых насаждений на улицах города решается ряд экологических вопросов, таких как снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха от загрязнителей и пылевых частиц, обусловленное газо- и пылеустойчивостью растений; смягчение шумового загрязнения благодаря шумоизолирующей способности древесно-кустарниковых растений.

В данной статье приведены актуальные сведения современного состояния древесно-кустарниковой флоры отдельных районов города Астана, разбитых на 5 основных участков.

В ходе инвентаризации зеленых насаждений на исследуемых участках нами был выявлен видовой состав дендрофлоры, представленный 36 видами, из них 21 вид древесных пород и 15 видов кустарников. На всех участках проведен анализ вклада зеленых насаждений в формирование экологически комфортных условий для населения. В связи с этим проведена функциональная оценка применения древесно-кустарниковых растений в различных типах озеленительных структур, таких как групповые посадки, аллеи, живые изгороди, одиночные посадки и другие комбинации. В результате было установлено: групповые насаждения представлены 25 видами из которых 64 % составляют древесные породы и 36 % кустарники; аллеи характеризуются 11 видами из которых 81,8 % деревья и 18,2 % кустарники; в виде одиночных посадок (солитеры) выявлено 10 видов, из них 90 % деревья и 10 % кустарники; в виде живых изгородей применяются 7 видов – 14,28 % деревья и 85,72 % кустарники.

**Ключевые слова:** видовой состав, дендрофлора, древесные и кустарниковые растения, зеленые насаждения.

A.D. Dukenbayeva\*, M.D. Alzhanova

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

\*e-mail: asiya\_b@mail.ru

### Assessment of the current state of the tree and shrub flora of some districts of the city of Astana

The species diversity of the plant world represented by trees and shrubs in an urbanized environment is not unimportant in maintaining ecological balance. By means of tree and shrub plantings on the streets of the city, a number of environmental issues are being solved, such as reducing the level of atmospheric air pollution from pollutants and dust particles caused by the gas and dust resistance of plants; mitigating noise pollution due to the noise-insulating ability of woody and shrubby plants.

This article provides up-to-date information on the current state of the tree and shrub flora of certain districts of the city of Astana, divided into 5 main sections. During the inventory of green spaces, in the studied areas, we identified the species composition of the dendroflora and compiled an assortment of plants represented by 36 species, represented by 21 species of tree species and 15 species of shrubs. The analysis of the contribution of green spaces to the formation of environmentally comfortable conditions for the population was carried out at all sites. In this regard, a functional assessment of the use of woody and shrubby plants in various types of landscaping structures, such as group plantings, alleys, hedges, single plantings and other combinations, was carried out. As a result, it was found: group plantings are represented by 25 species of which 64 % are tree species and 36 % are shrubs; alleys are characterized by 11 species of which 81,8 % are trees and 18,2 % are shrubs; in the form of single plantings (tapeworms) 10 species, of which 90 % are trees and 10 % are shrubs; in the form of hedges there are 7 species, 14, 28 % trees and 85,72 % shrubs.

**Key words:** species composition, dendroflora, woody and shrubby plants, green spaces.



А.Д. Дукенбаева\*, М.Д. Альжанова

А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

\*e-mail: asiya\_b@mail.ru

### Астана қаласының кейбір аудандарының ағаш-бұта флорасының қазіргі жай-күйін бағалау

Урбанизацияланған ортада ағаштар мен бұталар ұсынатын өсімдіктер әлемінің түрлік әртүрлілігі экологиялық тепе-теңдікті сақтауда маңызды рөл атқарады. Қала көшелеріндегі ағаш және бұта екпелері арқылы бірқатар экологиялық мәселелер шешіледі, мысалы, өсімдіктердің газ бен шаңға төзімділігіне байланысты поллютанттар мен шаң бөлшектерінен атмосфералық ауаның ластану деңгейін төмендету; ағаш – бұта өсімдіктерінің шу оқшаулау қабілетінің арқасында шудың ластануын азайту.

Бұл мақалада 5 негізгі учаскеге бөлінген Астана қаласының жекелеген аудандарының ағаш-бұта флорасының қазіргі жай-күйінің өзекті мәліметтері келтірілген. Жасыл желектерді түгендеу барысында, зерттелетін учаскелерде біз дендрофлораның түрлік құрамын анықтадық және 36 түрден тұратын өсімдіктердің ассортиментін жасадық, 21 ағаш түрі мен 15 бұта түрімен ұсынылған. Барлық учаскелерде жасыл екпелердің халық үшін экологиялық қолайлы жағдайларды қалыптастыруға қосқан үлесіне талдау жүргізілді. Осыған байланысты топтық екпелер, аллеялар, қоршаулар, жалғыз екпелер және басқа да комбинациялар сияқты көгалдандыру құрылымдарының әртүрлі түрлерінде ағаш-бұта өсімдіктерін қолдануды функционалдық бағалау жүргізілді. Нәтижесінде мыналар анықталды: топтық екпелер 25 түрден тұрады, олардың 64 % ағаш түрлері және 36 % бұталар; аллеялар 11 түрімен сипатталады, олардың 81,8 % ағаштар және 18,2 % бұталар; жалғыз екпелер түрінде 10 түрі, оның 90 % ағаштар және 10 % бұталар; ағаштар мен бұталардан қоршау (хеджирлеу) 7 түрі бар – 14,28 % ағаштар және 85,72 % бұталар.

**Түйін сөздер:** түр құрамы, дендрофлора, ағаш және бұта өсімдіктері, жасыл кеңістіктер.

#### Введение

Зеленый массив города, представленный парками, скверами, аллеями, бульварами, живыми изгородями и придорожными посадками находятся в сложных экологических условиях среды, постоянно испытывает на себе воздействие высоких концентраций выхлопных газов, пыли, сажи от транспорта, повышенную рекреационную нагрузку и резкое колебание температуры воздуха. Однако, древесные и кустарниковые растения играют важную роль в жизни города и обладают полифункциональными способностями. Они являются основным составляющим элементом зеленых территорий в урбанизированной среде. Древесные и кустарниковые растения способны улавливать и аккумулировать поллютанты, создавая благоприятные экологические условия. Растения выполняют несколько функций. Во-первых, они служат естественным фильтром, поглощая вредные вещества из воздуха и снижая уровень загрязнения. Это особенно важно для городских жителей, которые подвергаются воздействию выхлопных газов и других токсичных веществ [1, 2].

В настоящее время происходит увеличение количества городов и мегаполисов, что приводит к нарушению экологического баланса и уменьшению зеленых зон. В этой связи прово-

дится мониторинг древесно-кустарниковой флоры некоторых районов города Астана. Основная цель мониторинга – оценить состояние растительности и наличие экологических проблем в районах города.

В ходе исследования было выявлено, что в северной части города имеется высокий уровень загрязнения воздуха, что отрицательно сказывается на растительности. В то же время было выявлено, что в центральной части Астаны древесно-кустарниковая флора находится в более благоприятных условиях (парковая зона). Мониторинг состояния древесно-кустарниковой флоры Астаны поможет внести регулирующие меры для защиты окружающей среды и сделать город более экологически безопасным.

Деревья и кустарники играют важную роль в регуляции влаги в атмосфере, способствуя конденсации влаги на своих листьях при повышенной влажности и выделяя влагу обратно в воздух в условиях его засушливости [3, 4]. Важность изучения разнообразия видов деревьев и кустарников в городских условиях, особенно в контексте влияния на создание благоприятной экологической ситуации, актуализируется в свете этих функций. Так, анализ видового состава и морфологии листьев древесных и кустарниковых насаждений в Астане представляет собой новаторский подход к оценке их вклада в город-

скую экологию, что делает данное исследование уникальным.

В связи с вышеуказанной целью нашего исследования являлось определение разнообразия древесно-кустарниковой растительности в отдельных районах Астаны, с целью выявления их видового состава.

Классификация городских зеленых насаждений основывается на их функциональном назначении, которое влияет на плотность распределения деревьев и кустарников. Городские зеленые пространства классифицируются на общественные, ограниченного доступа и специализированные типы. К общественным относят парки, сады, скверы, бульвары, а также зеленые зоны вдоль улиц. Пространства ограниченного доступа включают в себя зеленые зоны у образовательных, медицинских и других учреждений, а также на территориях предприятий и частных домовладений. К специализированным насаждениям относятся санитарно-защитные зоны, ботанические и зоологические сады, а также коммунальные хозяйства [5 – 7].

Функции и задачи, выполняемые зелеными насаждениями в городе

Древесные и кустарниковые жизненные формы обладают широким спектром свойств и качеств и выполняют следующие функции:

I. Социальные: 1) оздоровление населения, 2) рекреация, 3) воспитание подрастающего поколения, 4) познание природы родного края.

II. Экологические: 1) биопродуктивные, 2) почвозащитные, 3) климаторегулирующие, 4) водоохранные и водорегулирующие.

III. Культурные: 1) декоративное значение, оживляет город, 2) озеленение местности.

IV. Санитарно-гигиенические: 1) поглощение углекислого газа, 2) выделение кислорода, 3) очистка воздуха от вредных примесей, 4) выделение фитонцидов, 5) защита от шума и радиации, 6) ионизация воздуха.

Зеленные насаждения на основных улицах в городском ландшафте, несут весомый вклад в снижение экологической нагрузки. Озеленительные структуры в старой части города Астана были высажены 25-30 лет назад. В этой части города необходимо проводить обновление озеленительных структур [8-10].

### Материалы и методы исследования

Исследование охватывало древесные и кустарниковые насаждения, произрастающие на улицах города Астаны в пяти исследуемых районах.

Исследуемые участки включают:

1) улицу Жирентаева в 4 микрорайоне, район средней школы № 22, которая является участком ограниченного пользования № 1;

2) городской парк Жерұйық на юго-востоке города, который является участком общего пользования № 2;

3) улицу Саркан, параллельную проспекту М. Жумабаева, расположенную на юго-востоке, которая является внутриквартальным участком № 3;

4) улицу Ак жол – участком общего пользования № 4, данная улица относится к транзитной территории с повышенной загруженностью;

5) промышленную зону в районе улицы Досмухамедулы, которая является участком специального назначения № 5.



а



б

**Рисунок 1** – Расположение изучаемых участков на карте города:

- а) 1 – улица Жирентаева 4 микрорайон, район средней школы № 22; 2 – городской парк Жерұйық; 3 – улица Саркан;  
б) 4 – улица Ак жол, транзитная зона, оживленная трасса; 5 – промышленная зона в районе улицы Досмухамедулы.



В ходе исследований использовался метод маршрутной рекогносцировки для изучения территории, включающий в себя документирование мест нахождения древесных и кустарниковых растений, их сбор и идентификацию. Наблюдения за зелеными насаждениями осуществлялись в период с весны по осень 2021-2022 гг. Предварительную идентификацию растений проводили на месте, образцы растений собирались для создания гербария и дальнейшего определения их видовой принадлежности [11,12]. Для сбора данных о ландшафте применялся картографический анализ, делали фотоснимки деревьев и кустарников [13].

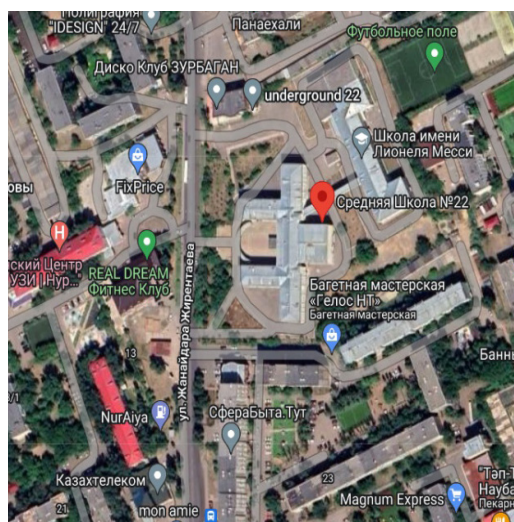
### Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время в городе для отдыха населения имеются 12 парков и один Ботанический сад. В районе «Алматы» – «Президентский», «Студенческий», «Защитников Отечества», «Жерұйық», «Жерұйық-2», «Парк им. Бауыржана Момышулы», «Жетісу». В районе «Есиль» – парк «Арай», «Влюбленных», «Столичный парк культуры и отдыха», «Триатлон парк Астана», Парк вдоль р. Есиль (левый берег). Из них Триатлон, Президентский парк и парк на набережной реки Есиль объединены в одну парковую зону и общей площадью 250 га.

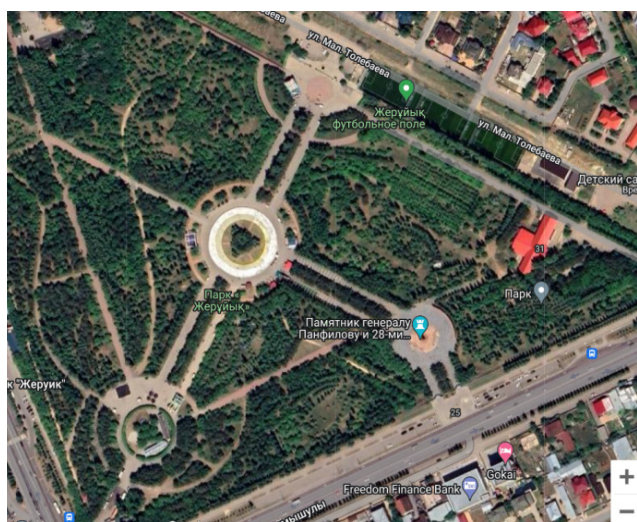
Общее количество скверов в городе 117, в городе шесть бульваров, самый большой из них – Водно-зеленый бульвар в районе «Есиль» – 13 га, бульвар по ул. Кунаева – 4,5 га. В районе «Алматы» можно насладиться бульваром, пролегающим по проспекту Аблайхана, его площадь составляет 2 га, а также бульваром на улице Пушкина-Кравцова, который занимает 2,3 га. В районе Сарыарка мы встречаем Сиреневый бульвар площадью 0,93 га и бульвар на улице Абая-Кенесары площадью 1,43 га. Ежегодно будет благоустраиваться около 200-250 местности как скверы, бульвары, парки с описанием ключевых факторов, влияющих на растительные сообщества, включая температуру, осадки и концентрацию углекислого газа, прежде чем выделить типы видов и экосистем, которые в наибольшей степени подвержены риску изменения климата [14, 15].

### *Видовой состав дендрофлоры исследуемых участков*

Первоначальным этапом наших исследований являлось определение видовой разнообразия древесных и кустарниковых растений на выбранных участках. Все участки характеризуются широкой вариабельностью видового состава, что связано с разными типами ландшафтов, неоднородностью антропогенной нагрузки на зеленые насаждения.



а



б

Рисунок 2 – Изучаемые участки: а- район 22 школы ул. Жирентаева; б-парк отдыха Жеруык

На всех исследованных участках отмечены основные, часто встречающиеся древесные породы, такие как: *Populus nigra*, *Populus balsamifera*, *Acer negundo* L., *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* и др. Для кустарниковых растений необходимо отметить следующие доминирующие виды: *Ulmus minor*, *Lonicera tatarica*, *Malus sibirica* (кустарничковая форма), *Syringa josikaea* и т.д.

Сплошные древесно-кустарниковые насаждения, занимающие большие участки, образуют массивы. Они образуют основное ядро парка и помогают улучшить микроклимат и санитарные условия во всем регионе. Проведя анализ расчетных данных о состоянии зеленых насаждений в городе Астана, можно сделать вывод, что ситуация улучшилась [16, 17, 18].

На каждом исследуемом участке были собраны гербарные образцы для определения видового разнообразия древесных и кустарниковых насаждений. В лабораторных условиях определяли растения до вида, оформляли гербарии.

Современное состояние древесно-кустарниковой флоры характеризуется сильным влиянием человеческой деятельности и изменением климатических условий. Многие виды растений столкнулись с угрозой вымирания из-за деградации природных экосистем, промышленного загрязнения и нехватки воды. Однако некоторые виды обрели новые жизненные возможности благодаря адаптации к новым условиям. Программы охраны природы и восстановления экосистем играют важную роль в сохранении древесно-кустарниковой флоры, но остается много работ для предотвращения дальнейших угроз и поддержания биологического разнообразия [19, 20, 21, 22]. Сохранение лесных заповедников и

создание коридоров для соединения фрагментированных лесов в качестве способа улучшения сохранения разнообразия древесных растений в тропических ландшафтах [23, 24, 25].

Видовой состав участка №1 представлен 12 видами деревьев и кустарников. В целом дендрофлора составлена следующим образом: 75% (9 видов) составляют деревья и 25 % (3 вида) кустарники. Основная доля приходится на не большие групповые посадки древесных пород, таких как *Acer negundo* L., *Populus nigra*, *Populus pyramidalis*. Кустарниковые растения представлены живой изгородью из *Lonicera tatarica*, *Malus baccata* (низкорослая форма – дичка) и *Rosa spinosissima* в форме шарообразных придорожных насаждений.

Максимальным разнообразием видов древесных и кустарниковых растений представлен исследуемый участок № 2 – городской парк Жерұйық (Юго-Восток). Парк «Жерұйық» самый крупный парк, площадь которого составляет 88 га. Видовой состав участка составляет 36 видов древесно-кустарниковых растений местной и инорайонированой флоры. Все виды отражены в таблице 1.

На участке № 3 – ул. Саркан, расположенная параллельно с проспектом М. Жумабаева (Юго-Восток) отмечены придорожные живые изгороди, представленные кустарниковой формой яблони ягодной и шиповника колючейшего. Древесные породы расположены хаотично в большей части в жилом массиве, произрастающие спорадично. Были отмечены следующие виды: *Thuja occidentalis*, *Picea pungens*, *Betula pendula* и другие виды. Всего 9 видов деревьев и кустарников.

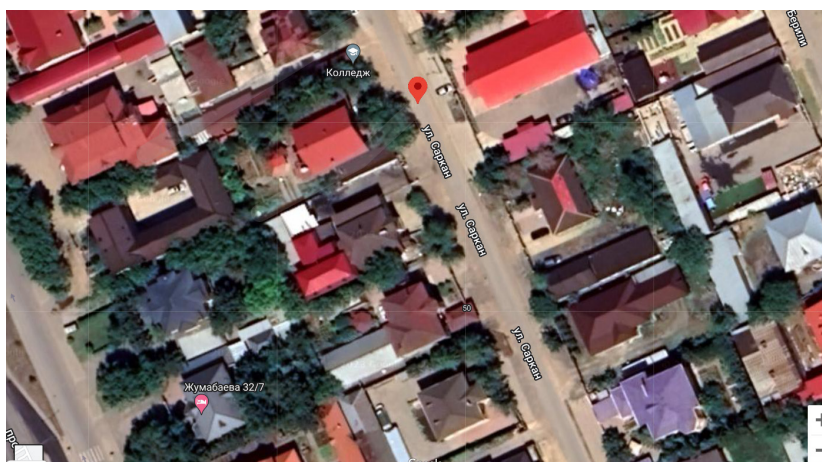


Рисунок 3 – Схема участка №3 ул. Саркан

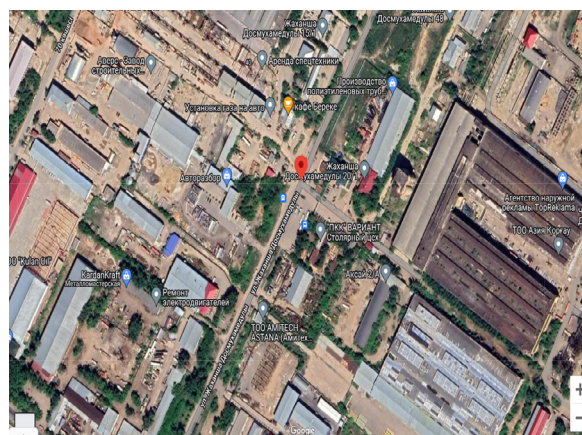


Участок № 4 – придорожная территория по ул Ак жол протяженностью 35-40 метров и частично жилой массив. Начальная точка от-

счета предприятие АО «КазАгроинновация» до следующего крупного предприятия АО «Цесна Астык». Всего произрастает 7 видов.



а



б

Рисунок 4 – участок № 4 ул. Ак жол, б – участок № 5 промышленная зона ул. Досмухамедулы

Данный участок характеризуется высоким потоком автомобилей и грузовых машин, что несомненно сказывается на содержании загрязняющих веществ в атмосфере и состоянии зеленых насаждений в целом. Ассортимент древесных и кустарниковых растений на улице Ак жол представлен 7 видами растений, характеризующимися высокой устойчивостью к пылевому загрязнению воздуха.

Групповыми посадками представлены *Populus nigra* высаженный вдоль дорожной магистрали. В рядовых посадках высажена *Caragana frutex*, *Lonicera tatarica* и *Ribes aureum* в виде живой изгороди. На данном участке встречаются одиночные растения *Pinus sylvestris* и *Acer negundo* L. Видовой состав зеленых насаждений на участке № 5 не отличается большим разнообразием. На данном участке произрастают 7 видов растений в виде групповых рядовых посадок *Populus nigra*, *Acer negundo* L. и *Pinus sylvestris* и живых изгородей *Lonicera tatarica*, чередуется с *Ribes aureum*.

Из анализа данных, представленных в таблице 1, становится очевидным, что дендрофлора

исследуемых улиц Астаны и городского парка Жеруык преимущественно состоит из древесных растений. При этом деревья формируют 59% (21 вид) от всего разнообразия видов, тогда как кустарниковые – 41% (15 видов).

Вдоль дорог преобладают групповые посадки деревьев таких видов, как *Populus nigra*, *Populus balsamifera*, *Populus alba*, *Acer negundo* L., *Pinus sylvestris*, в то время как *Crataegus sanguinea*, *Betula pendula* и *Picea pungens* встречаются менее часто. Кустарниковые растения, включая *Lonicera tatarica*, различные виды *Rosa* и *Ribes aureum*, высажены линиями вдоль дорог на территориях №1, №4, №5, а также образуют небольшие группы (*Mallus baccata*, *Juniperus sabina*, *Syringe Vulgaris*).

В парковой зоне древесные виды также преимущественно представлены групповыми насаждениями и аллеями, включая *Flaxinus pennsylvanica*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* и другие. Среди них спорадически встречаются *Pinus sylvestris*, *Tilia cordata*, *Thuja occidentalis*, *Betula verrucosa* и дополнительные виды.

Таблица 1 – Ассортимент дендрофлоры изученных участков

№ п/п	Название растения		Жизненная форма	Применение в зеленых насаждениях	Встречаемость вида на участках
	(на русском)	(на латинском)			
1	Клен ясенелистный	<i>Acer negundo</i>	Д	Группы	1,2,3,4,5
2	Тополь черный	<i>Populus nigra</i>	Д	Группы	1,2,4,5
3	Тополь бальзамический	<i>Populus balsamifera</i>	Д	Аллеи, группы	1,2,3,4
4	Тополь пирамидальный	<i>Populus pyramidalis</i>	Д	Аллеи, группы	2,3,4,5
5	Вяз шершавый	<i>Ulmus glabra</i>	Д	Солитеры, группы	2,4
6	Вяз карликовый	<i>Ulmus pumilla</i>	К	Солитеры, группы	1,2,3,4,5
7	Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i>	Д	Солитеры, группы	2,3,5
8	Ель колючая	<i>Picea pungens</i>	Д	Аллеи, солитеры	2,3
9	Боярышник кроваво-красный	<i>Crataegus sanguinea</i>	Д	Группы	1,2,3
10	Береза повислая	<i>Betula pendula</i>	Д	Солитеры, группы	1,2,3,5
11	Береза бородавчатая	<i>Betula verrucosa</i>	Д	Солитеры	2,3
12	Ясень пенсильванский	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Д	Аллеи, группы	1,2,4
13	Яблоня сибирская	<i>Malus sibirica</i>	К	Живые изгороди	1,2,3,4
14	Яблоня ягодная	<i>Malus baccata</i>	Д	Живые изгороди	1,2,3,4
15	Шиповник колючейший	<i>Rosa spinosissima</i>	К	Живые изгороди	1,2,3,4
16	Шиповник собачий	<i>Rosa canina</i>	К	Живые изгороди	1,4,5
17	Жимолость татарская	<i>Lonicera tatarica</i>	К	Группы, изгороди	1,4,5
18	Карагана кустарниковая	<i>Caragana frutescens</i>	К	Живые изгороди	1,2,3
19	Карагана древовидная	<i>Caragana arborescens</i>	Д	Аллеи, группы	2,3
20	Лох остроплодный	<i>Elaeagnus oxycapra</i>	Д	Группы, солитеры	1,2,3,5
21	Лох узколистный	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Д	Группы, солитеры	2,4,5
22	Смородина золотистая	<i>Ribes aureum</i>	К	Живые изгороди	1,2,3,4,5
23	Смородина черная	<i>Ribes nigrum</i>	К	Живые изгороди	2,3
24	Таволга городчатая	<i>Spiraea crenata</i>	К	Небольшие группы	2,5
25	Тополь белый	<i>Populus alba</i>	Д	Аллеи, группы	2,3
26	Черемуха обыкновенная	<i>Prunus padus</i>	Д	Аллеи, группы	1,2,3
27	Вишня кустарниковая	<i>Prunus fruticosae</i>	К	Небольшие группы	2,3
28	Облепиха крушиновидная	<i>Hippophae rhamnoides</i>	К	Небольшие группы	2,3
29	Сирень виргинская	<i>Syringe vulgaris</i>	К	Аллеи, группы	1,2,3,5
30	Липа сердцевидная	<i>Tilia cordata</i>	Д	Солитеры	2,3
31	Лиственница сибирская	<i>Larix sibirica</i>	Д	Аллеи, группы	2,3
32	Акация желтая	<i>Caragana arborescens</i>	К	Аллеи, группы	1,2,3
33	Можжевельник казацкий	<i>Juniperus Sabina</i>	К	Небольшие группы	2,3
34	Туя западная	<i>Thuja occidentalis</i>	Д	Солитеры	2,3
35	Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i>	Д	Аллеи, группы	2
36	Снежнягодник обыкновенный	<i>Symphoricarpos orbiculatus</i>	К	Небольшие группы	2,4

Наряду с инвентаризацией видового состава древесно-кустарниковых растений города нами изучалось функциональное значение и применение каждого вида в озеленительных структурах

города. Таким образом, растения, обследованные на предмет использования в ландшафтных конструкциях, распределились следующим образом:

- в виде групповых посадок применяется 25 видов деревьев и кустарников, из них 16 деревьев и 9 кустарников;

- в качестве аллеи используется 11 видов, из них 9 видов древесных пород, 2 вида кустарников;

- солитерные посадки в городе представлены 10 видами дендрофлоры, из них 9 видов деревьев и 1 вид кустарников;

- на исследованных участках живые изгороди представлены 7 видами, из них деревьев 1 вид и 6 видов кустарников;



**Рисунок 5** – Применение деревьев и кустарников в озеленительных структурах г. Астана

### Заключение

Таким образом, проведено комплексное изучение современного состояния дендрофлоры некоторых улиц г. Астана на примере 5 исследованных участков:

1. Была проведена инвентаризация видового разнообразия на пяти исследуемых участках в Астане. Составлен ассортимент древесно-кустарниковой флоры, представленный 36 видами, из них деревьев 21 вид (59%) и 15 видов (41%) кустарников.

2. Определено функциональное значение растений на исследуемой территории: групповые насаждения представлены 25 видами из ко-

торых 64% составляет древесные породы и 36% кустарников; аллеи характеризуются 11 видами из которых 81,81% деревья и 18,2% кустарники; в виде одиночных посадок (солитеры) 10 видов, из них 90% деревья и 10% кустарники; в виде живых изгородей встречаются 7 видов, 14,28% деревья и 85,72 % кустарники.

3/ Наибольшая частота встречаемости видов перечисленных растений в таблице 1 выявлено на участке 2, расположенном в городском парке Жерұйық, Юго-Восток. Часто используемые древесные породы, такие как: *Populus nigra*, *Populus balsamifera*, *Acer negundo* L., *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* встречались на 1, 2 и 4 участках.

### Литература

1. Моисеенкова Т.А., Халеев А.Е. Анализ структуры состояния и функций городских лесов Тольяти, Тольяти. -1988. -22 с.
2. Моисеенко Т.А., Щитников В.К. Методические рекомендации к разработке экологического паспорта промышленного предприятия. Брошюра Куйбышев, Тольяти 1988, 14 с.
3. Моисеенкова Т.А., Шитиков В.К. Методологические вопросы, связанные с обоснованием размера экономических санкций за загрязнение окружающей среды химическими предприятиями. // Химическая промышленность. -1990. – № 7. – С. 444-447.
4. Флора Казахстана / ред. Н. В. Павлов. – Алма-Ата: Издательство «Наука» Казахской ССР, 1966. – Том 9. – 398-423 с.
5. Margaret M. C., Yong-Chang S., and Jianguo W.. "Ecology, Planning, and Management of Urban Forests" – P.17-25.
6. Jari N. "Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications"- P.129-132.
7. D.J. Nowak "The Urban Forest: Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment". -2017. –P.37-39
8. Henry W. L. "City Trees: A Historical Geography from the Renaissance through the Nineteenth Century" -2013.- P.21.
9. P.G. Rowe. "Urban Nature: Conservation, Recreation, and Wildlife"-2013.-P.39.
10. Анисимова Л. В., Городской ландшафт. Социально-экологические аспекты проектирования: учеб. пособие / Л. В. Анисимова. Вологда: ВоГТУ, -2002. – 146 с.
11. В каких районах Астаны появятся новые скверы в 2023 году (bes.media)
12. Зайтова И.Л., Мочалов И. В., Сапелин А.Ю., Филиппова Н.А. Декоративные древесные группы. Альбом для садового дизайнера, Москва, -2006. – 49 с.
13. URL: Earth 3D Map – Travel around the world
14. S. Brown «A review of methods for assessing current and future impacts of climate change on plant communities» -2018. –P.36.
15. R. Franklin «Current state of forest inventory approaches for monitoring woody plants» -2017.-P.43.
16. Королева, М.А. «Состояние древесных насаждений города Астана и их значимость в улучшении экологической обстановки» // Инновации в науке и технологиях. – Астана, 2016. -С.34-36.
17. Тупая, А.А. «Древесно-кустарниковая флора придорожных насаждений города Астана» // Экологические проблемы мегаполиса. – Астана, 2015. – С.19-20.
18. Сакенов, К.Ж. «Изучение флоры и фитомассы древесно-кустарниковых насаждений города Астана» // Вестник городской экологии. – Астана, 2014. – С.41.
19. K. Johnson The importance of community-based monitoring for assessing the current state of woody plant diversity in urban areas". -2019. – P.47-51.
20. J. Lee "Assessing the current status of woody plant diversity in a subalpine forest using DNA barcoding". -2017. – C.51-62.
21. L. Wang "The role of remote sensing in assessing current and future changes in woody plant distribution and productivity". -2018. – P.121-154
22. H. Zhao "Current state and future challenges of woody plant conservation in a changing environment".-2019. – P.121-154
23. M. Chen et "Assessing the current state of forest fragmentation and its impact on woody plant diversity in a tropical landscape"- 2016. –P.13.
24. T. Nguyen "Evaluating the effectiveness of restoration methods for improving the current state of woody plant diversity in degraded ecosystems". -2018, 16p.
25. G. Wu "Assessing the current state of woody plant diversity in a coastal forest using different survey methods". -2017. – P.87-93

### References

1. Anisimova L. V., Gorodskoj landshaft. Social'no-jekologicheskie aspekty proektirovanija: ucheb. posobie / L. V. Anisimova. Vologda: VoGTU, -2002. – 146 s.
2. D.J. Nowak "The Urban Forest: Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment". -2017. –P.37-39
3. Flora Kazahstana / red. N. V. Pavlov. – Alma-Ata: Izdatel'stvo "Nauka" Kazahskoj SSR, 1966. – Том 9. – 398-423 s.
4. G. Wu "Assessing the current state of woody plant diversity in a coastal forest using different survey methods". -2017. – P.87-93
5. H. Zhao "Current state and future challenges of woody plant conservation in a changing environment".-2019. – P.121-154
6. Henry W. L. "City Trees: A Historical Geography from the Renaissance through the Nineteenth Century" -2013.- P.21.
7. J. Lee "Assessing the current status of woody plant diversity in a subalpine forest using DNA barcoding". -2017. – C.51-62.
8. Jari N. "Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications"- P.129-132.
9. K. Johnson The importance of community-based monitoring for assessing the current state of woody plant diversity in urban areas". -2019. – P.47-51.
10. Koroleva, M.A. "Sostojanie drevesnyh nasazhdenij goroda Astana i ih znachimost' v uluchshenii jekologicheskoj obstanovki" // Innovacii v nauke i tehnologijah. – Astana, 2016. -С.34-36.



11. L. Wang “The role of remote sensing in assessing current and future changes in woody plant distribution and productivity”. -2018. – P.121-154
12. M. Chen et “Assessing the current state of forest fragmentation and its impact on woody plant diversity in a tropical landscape”- 2016. –P.13.
13. Margaret M. C., Yong-Chang S., and Jianguo W..”Ecology, Planning, and Management of Urban Forests” – P.17-25.
14. Moiseenko T.A., Shhitnikov V.K. Metodicheskie rekomendacii k razrabotke jekologicheskogo pasporta promyshlennogo predpriyatija. Broshjura Kujbyshev, Tol’jati 1988, 14 s.
15. Moiseenkova T.A., Haleev A.E. Analiz struktury sostojanija i funkcij gorodskih lesov Tol’jati, Tol’jati. -1988. -22 s.
16. Moiseenkova T.A., Shitikov V.K. Metodologicheskie voprosy, svjazannye s obosnovaniem razmera jekonomicheskikh sankcij za zagraznenie okruzhajushhej sredy himicheskimi predpriyatijami. // Himicheskaja promyshlennost’. -1990. – № 7. – S. 444-447.
17. P.G. Rowe.”Urban Nature: Conservation, Recreation, and Wildlife”-2013.-P.39.
18. R. Franklin «Current state of forest inventory approaches for monitoring woody plants” -2017.-P.43.
19. S. Brown «A review of methods for assessing current and future impacts of climate change on plant communities» -2018. – P.36.
20. Sakenov, K.Zh. “Izuchenie flory i fitomassy drevesno-kustarnikovyh nasazhdenij goroda Astana” // Vestnik gorodskoj jekologii. – Astana, 2014. – C.41.
21. T. Nguyen “Evaluating the effectiveness of restoration methods for improving the current state of woody plant diversity in degraded ecosystems”. -2018, 16p.
22. Tupaja, A.A. “Drevesno-kustarnikovaja flora pridorozhnyh nasazhdenij goroda Astana” // Jekologicheskie problemy megapolisa. – Astana, 2015. – C.19-20.
23. URL: Earth 3D Map – Travel around the world
24. V kakih rajonah Astany pojavjatsja novye skvery v 2023 godu (bes.media)
25. Zaitova I.L., Mochalov I. V., Sapelin A.Ju., Filippova N.A. Dekorativnye drevesnye grupy. Al’bom dlja sadovogo dizaina, Moskva, -2006. – 49 s.

**Information about authors:**

*Dukenbayeva Assiya Darbayevna (corresponding author) – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of General Biology of Genomics of the L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: asiya\_b@mail.ru).*

*Alzhanova Malika Dosimovna – 1st year Master’s student of the Department of General Biology of Genomics of the L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, e-mail: malika.alzhanova.00@mail.ru).*

**Сведения об авторах:**

*Дукенбаева Асия Дарбаевна (корреспондентный автор) – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии геномики Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: e-mail: asiya\_b@mail.ru)*

*Альжанова Малика Досимовна – магистрант 1 курса кафедры общей биологии геномики Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан, e-mail: malika.alzhanova.00@mail.ru)*

*Поступила 22 мая 2023 года  
Принята 20 февраля 2024 года*



2-бөлім  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

---

Section 2  
**MICROBIOLOGY**

---

Раздел 2  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

Е.А. Бекешев<sup>1,2\*</sup>, А.М. Бапышев<sup>2</sup>, Е.Ю. Степанова<sup>2</sup>,  
А.Б. Джумагазиева<sup>3</sup>, Қ.Б. Бекешева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Филиал РГП «Инфракос» в г. Алматы, Казахстан, г. Алматы

<sup>3</sup>НАО «Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова»,  
Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: Chemist\_e@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА МИКРОБНУЮ ФЛОРУ ПОЧВЫ

Исследование посвящено оценке влиянию различных концентраций углеводородных ракетных топлив в почве, выраженное в количественном и качественном составе основных представителей почвенного биоценоза и активности ферментов. Для этого проведены микробиологические исследования качественного и количественного состава почвенной микрофлоры в 11-ти образцах почвы, обработанных ракетным углеводородным топливом марки Т-1 и РГ-1, с шифрами К1, Т-1-1, Т-1-2, Т-1-3, Т-1-4, Т-1-5, РГ-1-1, РГ-1-2, РГ-1-3, РГ-1-4, РГ-1-5. Оценка микробиологической активности почвы производилась на основе показателей численности микроорганизмов, выраженных в колониеобразующих единицах (КОЕ) на 1 грамм почвы. Определение численности микроорганизмов проводилось путем ряда последовательных 10-ти кратных разведений в стерильном 0,9 %-ном физиологическом растворе и посева их в агаризованные питательные среды с последующим подсчетом выросших колоний. Для определения общего микробного числа (ОМЧ), растущих на органическом азоте, производилась количественный посев из разведений почв в стерильном 0,9 %-ном физиологическом растворе на коммерческой стандартизированной среде питательный агар (M001) компании Himedia (Индия). В результате проведенных научных исследований, в большинстве экспериментальных групп наблюдалось снижение численности основных почвенных представителей микроорганизмов, что может являться следствием воздействия углеводородов.

**Ключевые слова:** ракетное топливо, углеводород, почва, грибы, микроорганизмы, бактерия.

E.A. Bekeshev<sup>1,2\*</sup>, A.M. Bapyshev<sup>2</sup>, E.Yu. Stepanova<sup>2</sup>,  
A.B. Dzhumagazieva<sup>3</sup>, K.B. Bekesheva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Branch of RSE "Infracos" in Almaty, Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup>NJSC «Asfendiyarov Kazakh National Medical University», Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: Chemist\_e@mail.ru

## Study of the impact of petroleum products on soil microbial flora

The study is devoted to assessing the influence of various concentrations of hydrocarbon rocket fuels in the soil, expressed in the quantitative and qualitative composition of the main representatives of the soil biocenosis and enzyme activity. For this purpose, microbiological studies of the qualitative and quantitative composition of soil microflora were carried out in 11 soil samples treated with rocket hydrocarbon fuel grades T-1 and RG-1, with codes K1, T-1-1, T-1-2, T-1-3, T-1-4, T-1-5, RG-1-1, RG-1-2, RG-1-3, RG-1-4, RG-1-5. The assessment of the microbiological activity of the soil was based on the indicators of the number of microorganisms expressed in colony-forming units (CFU) per 1 gram of soil. The determination of the number of microorganisms was carried out by a series of consecutive 10-fold dilutions in sterile 0.9% saline solution and seeding them into agarized nutrient media, followed by counting the grown colonies. To determine the total microbial number (TMN) growing on organic nitrogen, quantitative seeding was performed from soil dilutions in sterile 0.9% saline solution on a commercial standardized medium nutrient agar (M001) from Himedia (India). As a result of scientific research, in most experimental groups there was a decrease in the number of the main soil representatives of microorganisms, which may be a consequence of exposure to hydrocarbons.

**Key words:** rocket fuel, hydrocarbon, soil, fungi, microorganisms, bacteria.



Е.А. Бекешев<sup>1,2\*</sup>, А.М. Бапышев<sup>2</sup>, Е.Ю. Степанова<sup>2</sup>,  
А.Б. Джумагазиева<sup>3</sup>, Қ.Б. Бекешева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Алматы қ. «Инфракос» РМК филиалы, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup>«С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАК, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: Chemist\_e@mail.ru

### Топырақтың микробтық флорасына мұнай өнімдерінің әсерін зерттеу

Зерттеу топырақ биоценозының негізгі өкілдерінің сандық және сапалық құрамымен және ферменттердің белсенділігімен көрсетілген топырақтағы көмірсутекті зымыран отындарының әртүрлі концентрациясының әсерін бағалауға арналған. Ол үшін К1, Т-1-1, Т-1-2, Т-1-3, Т-1-4, Т-1-5, РГ-1-1, РГ-1-2, РГ-1-3, РГ-1-4, РГ-1-5 шифрларымен Т-1 және РГ-1 маркалы зымырандық көмірсутекті отынмен өңделген топырақтың 11 үлгісінде топырақ микрофлорасының сапалық және сандық құрамына микробиологиялық зерттеулер жүргізілді. Топырақтың микробиологиялық белсенділігін бағалау 1 грамм топырақтағы колония түзуші бірліктердегі (КТБ) микроорганизмдер санының көрсеткіштері негізінде жүргізілді. Микроорганизмдердің санын анықтау стерильді 0,9% физиологиялық ерітіндіде дәйекті 10 есе еріту және оларды агарды қоректік ортаға себу, содан кейін өскен колонияларды санау арқылы жүргізілді. Органикалық азотта өсетін жалпы микробтық санды (ЖМС) анықтау үшін Himedia (Үндістан) компаниясының коммерциялық стандартталған қоректік агары (M001) ортасында стерильді 0,9% физиологиялық ерітіндіде топырақ езінділерінен сандық себу жүргізілді. Жүргізілген ғылыми зерттеулердің нәтижесінде эксперименттік топтардың көпшілігінде микроорганизмдердің негізгі топырақ өкілдерінің санының төмендеуі байқалды, бұл көмірсутектердің әсерінен болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** зымыран отыны, көмірсутек, топырақ, саңырауқұлақтар, микроорганизмдер, бактериялар.

### Введение

В последнее время потенциал углеводородных загрязнителей привлекает все большее внимание, вызывая особую озабоченность в водной, морской и наземной среде. Исследования показали, что углеводороды могут оказывать существенное негативное воздействие на экосистемы [1]. Углеводородное загрязнение приводит к ухудшению функционирования экосистемы, ее живых (фауны) и неживых компонентов [2]. Кроме того, когда углеводороды попадают в почву, они могут препятствовать снабжению водой, питательными веществами, кислородом, светом и другими веществами биологических процессов. Это может повлиять на плодородие почвы (рост растений и всхожесть семян) и, следовательно, на продуктивность сельского хозяйства [3, 4, 14]. Углеводородные загрязнения вызывают немедленные или скрытые эффекты, такие как генетические мутации, иммунотоксичность, тератогенность, канцерогенез, высокий потенциал биоаккумуляции, а также ухудшение функционирования экосистемы и нарушения жизни животных и растений [5]. Ксенобиотическая форма углеводородов также может сорбироваться в богатых органикой почвах и отложениях, накапливаться в организмах (рыбах,

растениях и других организмах), передаваться в пищевую цепь и сильно нарушать воздействие подвергшихся воздействию организмов [3]. Кроме того, углеводородное загрязнение и его токсичность уменьшают видовое богатство, однородность и филогенетическое разнообразие, в результате чего сообщество оказывается в загрязненной почвенной среде [6].

Бактериальный метаболический потенциал с разнообразными и соответствующими метаболическими путями является ключевым фактором деградации, трансформации и минерализации различных углеводородных загрязнителей в почве [7]. Виды микробов, способные утилизировать токсичные загрязнения, становятся доминирующими на загрязненных территориях [8, 15-18]. Они также развивают эффективную катаболическую активность путем синтеза внутриклеточных или внеклеточных ферментов, специфичных для широкого спектра субстратов: каталаз, оксигеназ (монооксигеназ и диоксигеназ), дегидрогеназ, целлюлаз, гидролаз, протеаз и др. [9, 10, 19]. Эти ферменты были идентифицированы в различных родах бактерий, таких, как *Pseudomonas spp.*, *Sphingomonas spp.*, *Comamonas spp.*, *Alcaligenes spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Burkholderia spp.*, *Rhodococcus spp.*, *Nocardioidees spp.*, *Mycobacterium spp.*, *Klebsiella pneumoniae*.

*Enterobacter cloacae*, *Bacillus spp.* и *Burkholderia spp.* [11, 20-22].

Биологическая активность почвы, включая почвенную микробную биомассу и ферментативную активность, находится под влиянием ряда физико-химических, экологических параметров [12, 23-25]. Поэтому микробная активность почвы обычно используется для оценки ее загрязненности.

Основной целью данного исследования является оценка влияния различных концентраций углеводов в почве, выраженная в количественном и качественном составе основных представителей почвенного биоценоза и активности ферментов.

Для этого проведены микробиологические исследования качественного и количественного состава почвенной микрофлоры в 11-ти образцах почвы, обработанных ракетными углеводородными топливами, с шифрами К1, Т-1-1, Т-1-2, Т-1-3, Т-1-4, Т-1-5, РГ-1-1, РГ-1-2, РГ-1-3, РГ-1-4, РГ-1-5.

### Материалы и методы исследования

Для микробиологических исследований было доставлено 11 образцов почв. Все 11 образцов были обработаны различными концентрациями углеводов:

Т-1-1 (108,5 мг/кг), Т-1-2 (587,5 мг/кг), Т-1-3 (1087,5 мг/кг), Т-1-4 (4625,0 мг/кг), Т-1-5 (14925,0 мг/кг), РГ-1-1 (84,75), РГ-1-1 (600,0), РГ-1-1 (895,0), РГ-1-1 (4325,0), РГ-1-1 (5800,0), Контроль (1,08).

Работа с образцами была начата сразу после доставки образцов в лабораторию.

Оценку микробиологической активности почвы производились на основе показателей численности микроорганизмов, выраженных в колониюобразующих единицах (КОЕ) на 1 грамм почвы:

- общее микробное число (ОМЧ), включало: число микроорганизмов, выросших на среде общего назначения (МПА), число аммонизирующих бактерий, выросших на среде (пептон – 10 г/л;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 2 г/л;  $\text{NaCl}$  – 3 г/л;  $\text{pH} = 7,8$ ), числа нитрифицирующих бактерий, выросших на среде ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 2,0 г/л;  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 1,0 г/л;  $\text{MgSO}_4$  – 0,5 г/л;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,01 г/л;  $\text{NaCl}$  – 2,0 г/л;  $\text{CaCO}_3$  – 1,0 г/л;  $\text{pH} = 7,5$ ).

- число актиномицетов, выросших на крахмально-казеиновой среде;

- микроскопических грибов, выросших на среде Сабуро с хлорамфениколом;

- споровых микроорганизмов, число микроорганизмов, выросших на среде CHROMagar Orientation, после предварительного нагрева на водяной бане при 80°C в течение 20 минут.

Взвешивание почвенных образцов проводили на аналитических весах ALC-210.4 (Sartorius, Германия).

Определение численности микроорганизмов проводилось путем ряда последовательных 10-ти кратных разведений в стерильном 0,9 %-ном физиологическом растворе и высева их в агаризованные питательные среды с последующим подсчетом выросших колоний.

Для определения общего микробного числа (ОМЧ), растущих на органическом азоте, производились количественный высева из разведений почв в стерильном 0,9 %-ном физиологическом растворе на коммерческой стандартизированной среде питательный агар (M001) компании Himedia (Индия).

Для выявления количества спорообразующих микроорганизмов высева почв проводились после их предварительного прогрева на водяной бане в течение 20 мин при температуре  $80 \pm 1$  °C.

Для определения численности актиномицетов использовались крахмально-казеиновую среду, имеющую следующий состав: крахмал растворимый – 10,0 г/л, казеин – 0,3 г/л,  $\text{KNO}_3$  – 2,0 г/л,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,05 г/л,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 2,0 г/л,  $\text{NaCl}$  – 2,00 г/л,  $\text{CaCO}_3$  – 0,02 г/л,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,01 г/л, Агар бактериологический – 18,0 г/л.

Для определения численности микроскопических грибов на стандартизированной коммерческой среде использовались агар Сабуро с хлорамфениколом (M1067) компании Himedia (Индия).

Культивирование микроорганизмов проводились в термостате (Binder, Германия) при температуре  $-37 \pm 1$  °C в течение 3 суток для бактерий, при  $22 \pm 1$  °C в течение 7 суток для выявления актиномицетов и микроскопических грибов.

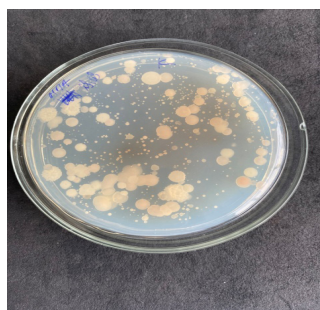
По окончании времени культивирования проводились прямой подсчет выросших колоний на счетчике колоний Scan100 (Interscience, Франция).

### Результаты исследования и их обсуждение

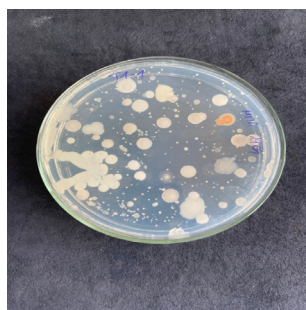
Во всех исследуемых образцах почв, выявлено разнообразие микроорганизмов в том числе микроскопических грибов, актиномицетов и споровых форм бактерий. Результаты исследований представлены в таблицах 1-2 и на рисунках 1-4.

В контрольном образце почвы (Контроль) средний показатель ОМЧ (включая аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии) соответствует значению 206,25 тыс. КОЕ/г, акти-

номицеты составляют 87,750 тыс. КОЕ/г. Кроме того обнаружены микроскопические грибы в количестве 12,360 тыс. КОЕ/г и споровые бактерии – 119,50 тыс. КОЕ/г.



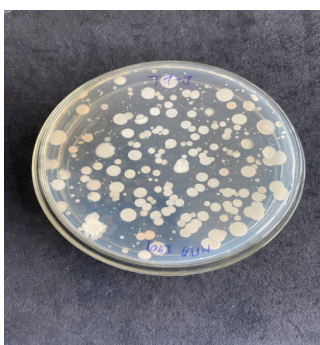
а) Контроль



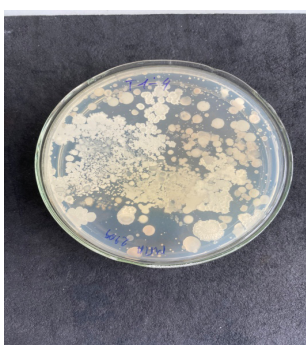
б) Т-1-1



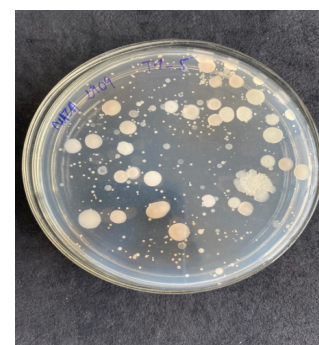
в) Т-1-2



г) Т-1-3



д) Т-1-4



е) Т-1-5



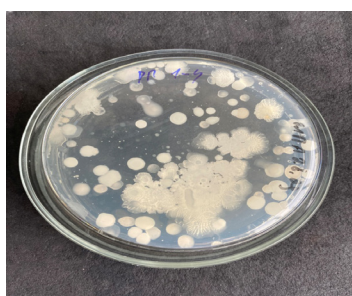
ж) РГ-1-1



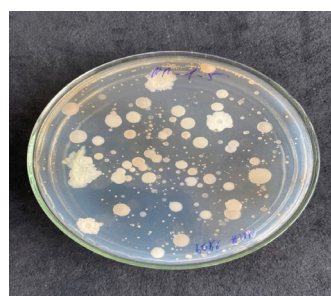
з) РГ-1-2



и) РГ-1-3



к) РГ-1-4



л) РГ-1-5

Рисунок 1 – Показатели ОМЧ (на МПА) в исследуемых образцах почв



Отмечено, что при внесении в образцы почвы различных концентраций углеводородов наблюдается тенденция снижения общей численности микроскопических грибов и общего числа бактерий во всех экспериментальных образцах. Количество актиномицетов и микроскопических грибов также снижаются в отдельных группах, однако не наблюдается дозозависимого эффекта.

Показатель ОМЧ (включая аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии), в образце Т-1-1 снижается на 42 %, в образце Т-1-2 на

28 %, образцах Т-1-3, Т-1-4 и Т-1-5 – на 40 %, 3% и 41 %, соответственно.

В образцах РГ-1-1, РГ-1-2, РГ-1-3 и РГ-1-4 процент снижения количества ОМЧ (включая аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии) варьирует от 40 % до 58 %. В образце РГ-1-5 отмечается наименьшее снижение данного показателя – 15 %.

Результаты определения показателя общего числа микроскопических грибов представлены на рисунке 2 (а-л).

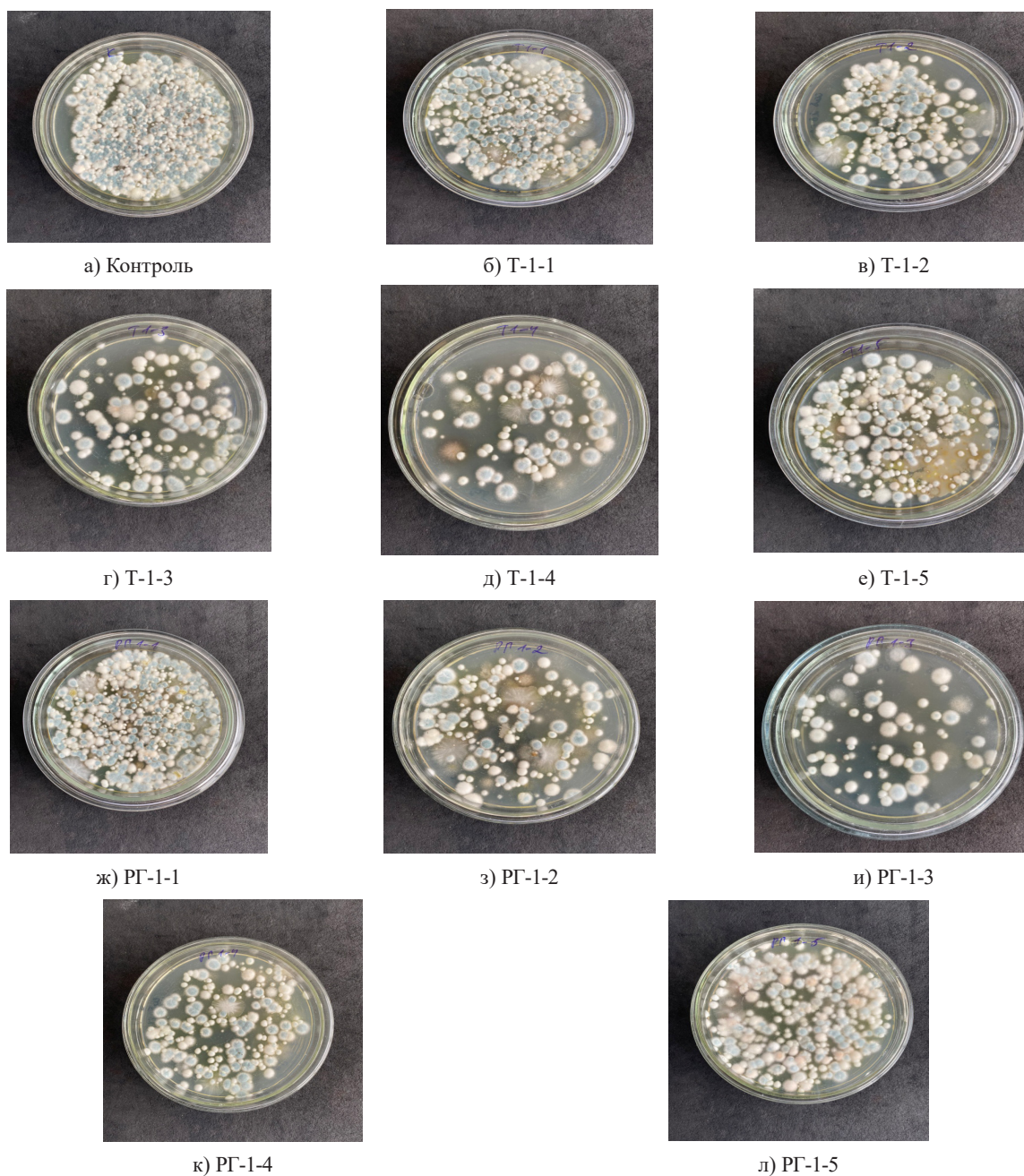


Рисунок 2 – Показатель общего числа микроскопических грибов в исследуемых образцах почв



По результатам проведенных исследований установлено, что во всех образцах почвы (контрольного и экспериментальных) обнаруживаются микроскопические грибы, представленные родами *Penicillium*, *Aspergillum*, *Mucor*, *Trichoderma* и др. Однако, по сравнению с количеством выросших грибов из контрольного образца почвы, данный показатель значительно снижен (от 43 % до 75 %) во всех экспериментальных образцах.

В количественном выражении наименьшее число микроскопических грибов выявлено в об-

разцах Т-1-3 (4,37 тыс. КОЕ/г), Т-1-4 (4,08 тыс. КОЕ/г), РГ-1-2 (3,51 тыс. КОЕ/г) и РГ-1-4 (4,58 тыс. КОЕ/г). Наибольшая численность грибных КОЕ была выявлена в образцах почв РГ-1-1 и РГ-1-5 и составила 7,05 тыс. КОЕ/г и 6,08 тыс. КОЕ/г, соответственно. В образцах почвы Т-1-1, Т-1-2, Т-1-5 и РГ-1-3 число микроскопических грибов находилось в пределах – 5,0-5,85 тыс. КОЕ/г.

На рисунке 3 (а-л) представлены результаты определения числа актиномицетов в образцах контрольной и экспериментальных почв.

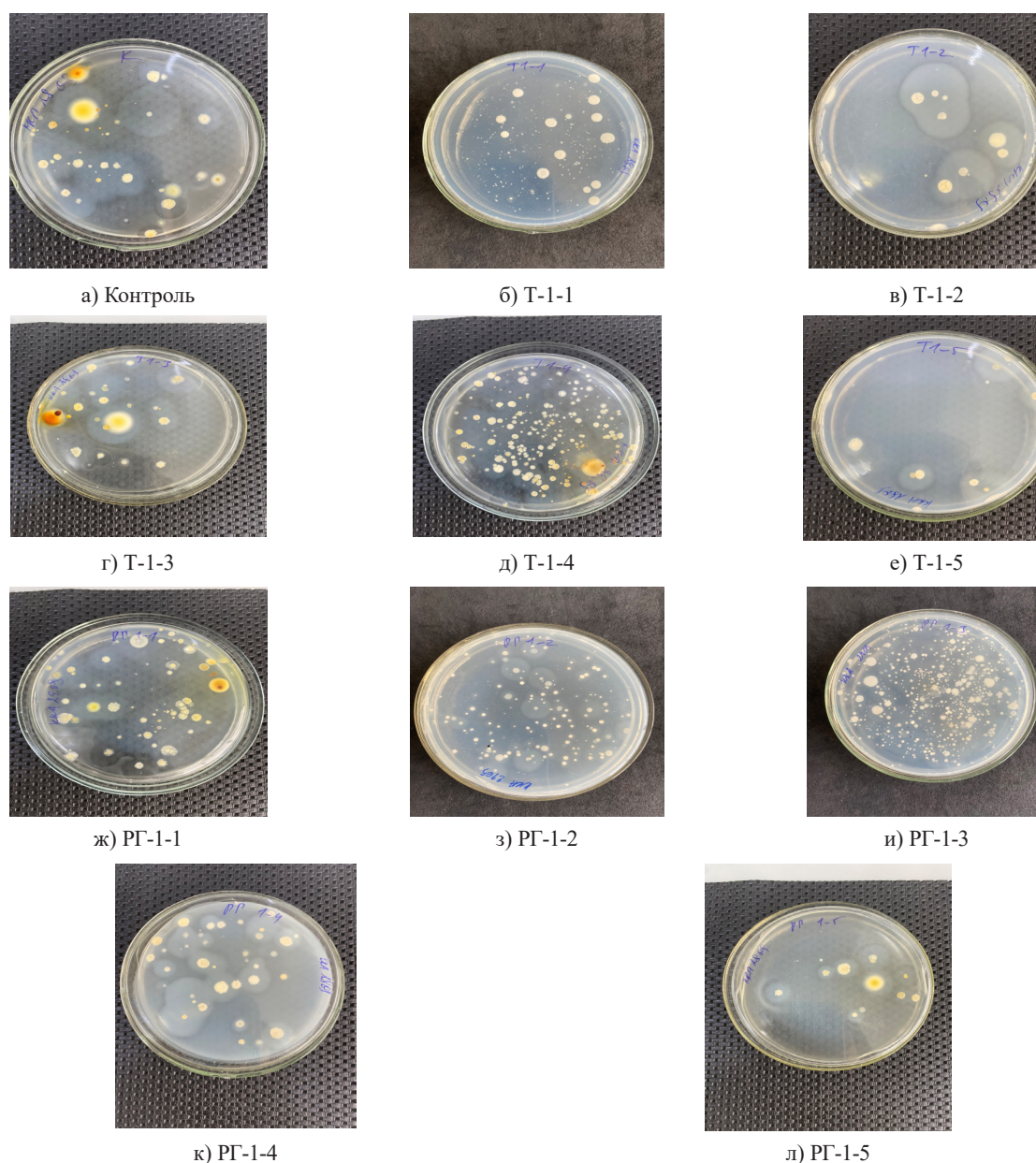


Рисунок 3 – Общее количество актиномицетов в исследуемых образцах почвы

Во всех мониторинговых и контрольном образце почв обнаружены актиномицеты. В 6 из 10 образцов почв, подвергнутых воздействию различных концентраций углеводородов, наблюдается снижение содержания актиномицетов, однако дозозависимой корреляции не наблюдается.

Так, количество актиномицетов в образце Т-1-1 снижается на 14 %, в образце Т-1-2 на 11 %, образцах Т-1-3 и Т-1-5 – на 5 % и 10 %, соответственно. Обратный эффект – увеличение количественного содержания актиномицетов на-

блюдается в образце Т-1-4 и составляет 41 %, по отношению к контролю.

В образцах РГ-1-1, РГ-1-2 и РГ-1-3 наблюдается увеличение количества актиномицетов. Данный показатель варьирует от 7 % до 62 %. В образцах РГ-1-4 и РГ-1-5 отмечается наименьшее снижение данного показателя на 3 % и 2 %.

На рисунке 4 (а-л) представлены результаты определения числа споровых бактерий в образцах контрольной и мониторинговых участках почвы.

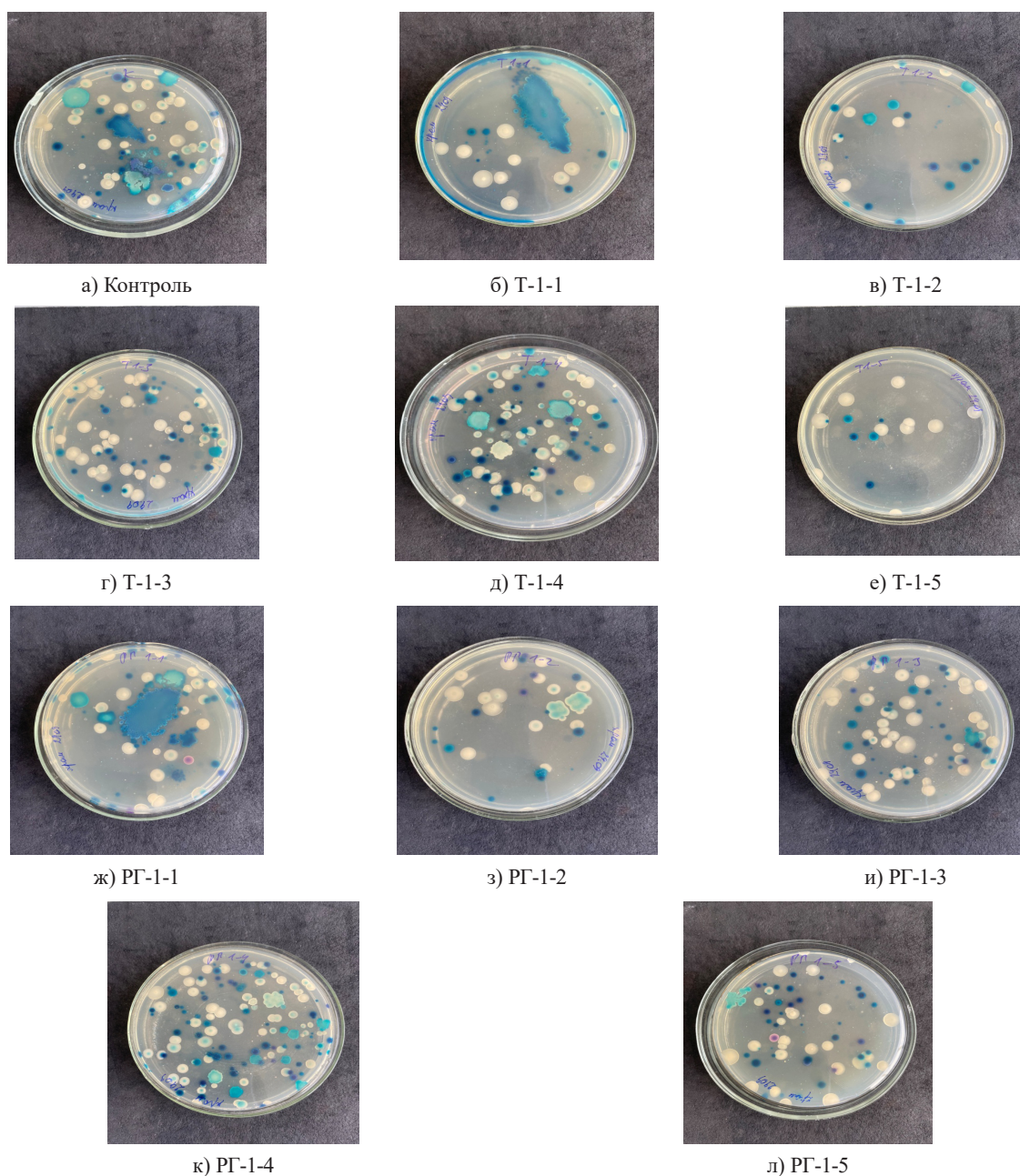


Рисунок 4 – Общее количество споровых бактерий в исследуемых образцах почвы

Результаты исследования показали, что наибольшее количество спорных бактерий обнаружено в образцах почв Т-1-3, Т-1-4 и РГ-1-4 – 123,50 тыс. КОЕ/г, 122,25 тыс. КОЕ/г и 127,0 тыс. КОЕ/г что на 3%, 2% и 6% больше, чем в контроле. Необходимо отметить, что увеличение доли спорных микроорганизмов в данных образцах, может указывать на ухудшение условий жизни в почве. В образцах Т-1-1, Т-1-2, Т-1-5, РГ-1-2 и РГ-1-5 зафиксировано наименьшее количество спорных бактерий – 39,250 тыс. КОЕ/г, 84,00тыс. КОЕ/г, 86,00 тыс. КОЕ/г, 89,50 тыс. КОЕ/г и 91,50 тыс. КОЕ/г, соответственно.

В контрольном образце почвы количество спорных бактерий соответствовало значению 119,50 тыс. КОЕ/г. Увеличение доли спорных микроорганизмов в данных образцах указывает на ухудшение условий жизни в почве. Это указывает на то что в экспериментальных группах наблюдается снижение численности основных почвенных представителей микроорганизмов, что может являться следствием воздействия углеводов.

В таблице 2 указан процент (увеличения/уменьшения) микроорганизмов экспериментальных образцов по сравнению с контрольным (Контроль) значением численности микроорганизмов.

**Таблица 1** – Количественный и качественный состав почвенных микроорганизмов в образцах мониторинговых и контрольных участков

Шифр образца почвы	ОМЧ (включая аммонифици-рующие и нитрифицирующие бактерии), тыс. КОЕ/г	Микроскопические грибы, тыс. КОЕ/г	Актиномицеты, тыс. КОЕ/г	Спорные бактерии, тыс. КОЕ/г	Целлюлозолитические бактерии, тыс. КОЕ/г	
Контрольная почва						
Контроль	206,25±0,057	12,360±0,240	87,750±0,003	119,50±0,017	23,75±8,13	
Экспериментальные образцы почвы						
1	Т-1-1	119,75±0,210	5,620±0,035	75,50±0,011	39,250±0,042	3,75±1,8
2	Т-1-2	147,75±0,023	5,110±0,017	78,50±0,005	84,00±0,014	4,25±1,8
3	Т-1-3	124,75±0,166	4,370±0,009	83,50±0,204	123,50±0,048	15,75±9,5
4	Т-1-4	201,50±0,044	4,080±0,011	147,75±0,297	122,25±0,007	9,50±2,8
5	Т-1-5	123,50±0,199	5,250±0,009	79,750±0,002	86,00±0,005	3,25±2,8
6	РГ-1-1	124,25±0,180	7,050±0,003	94,00±0,325	101,25±0,019	4,25±1,8
7	РГ-1-2	115,50±0,039	3,510±0,008	118,25±0,081	89,50±0,015	4,50±3,2
8	РГ-1-3	87,500±0,071	5,850±0,146	229,25±0,006	109,25±0,026	4,75±2,1
9	РГ-1-4	105,75±0,028	4,580±0,026	85,50±0,028	127,00±0,018	11,00±7,1
10	РГ-1-5		6,080±0,240	86,50±0,005	91,50±0,024	5,250±1,8

**Таблица 2** – Процент увеличения/уменьшения микроорганизмов экспериментальных образцов почвы по отношению к контрольному образцу

Показатель	Исследуемые образцы почвы									
	Т-1-1	Т-1-2	Т-1-3	Т-1-4	Т-1-5	РГ-1-1	РГ-1-2	РГ-1-3	РГ-1-4	РГ-1-5
ОМЧ (в том числе нитрифицирующие и аммонифицирующие), тыс. КОЕ/г										
Процент увеличения (↑)/снижения (↓) показателя по отношению к контрольному образцу почвы, %	42↓	28↓	40↓	3↓	41↓	40↓	44↓	58↓	49↓	15↓
Актиномицеты, тыс. КОЕ/г										
Процент увеличения (↑)/снижения (↓) показателя по отношению к контрольному образцу почвы, %	14↓	11↓	5↓	41↑	10↓	7↑	26↑	62↑	3↓	2↓



Продолжение таблицы

Показатель	Исследуемые образцы почвы									
	T-1-1	T-1-2	T-1-3	T-1-4	T-1-5	РГ-1-1	РГ-1-2	РГ-1-3	РГ-1-4	РГ-1-5
Микроскопические грибы, тыс. КОЕ/г										
Процент увеличения (↑)/снижения (↓) показателя по отношению к контрольному образцу почвы, %	55↓	59↓	75↓	67↓	58↓	43↓	72↓	53↓	63↓	51↓
Целлюлозолитические бактерии, тыс. КОЕ/г										
Процент увеличения (↑)/снижения (↓) показателя по отношению к контрольному образцу почвы, %	85↓	82↓	34↓	60↓	86↓	82↓	81↓	80↓	54↓	78↓
Споровые бактерии, тыс. КОЕ/г										
Процент увеличения (↑)/снижения (↓) показателя по отношению к контрольному образцу почвы, %	67↓	30↓	3↑	2↑	28↓	15↓	25↓	9↓	6↑	23↓

Из данных, представленных в таблице 2 видно, что в большинстве экспериментальных групп наблюдается снижение численности основных почвенных представителей микроорганизмов, что может являться следствием воздействия углеводов. Следует также учитывать, что в сообществах почвенных микроорганизмов, особенно при воздействии ксенобиотиков, происходят сукцессии, занимающие по времени от десятков часов до первых десятков суток, в ходе которых может существенно меняться и суммарная численность микроорганизмов, и соотношение представителей различных эколого-трофических групп. В исследованиях Т.Р. Кабирова также установлено, что нефть при внесении в почву оказывает на микроорганизмы угнетающее действие, пропорциональное концентрации загрязнителя. Наиболее быстро гетеротрофная часть микробного комплекса восстанавливается при малой концентрации загрязнителя (1%). Углеводы нефти, попавшие в почву, могут, вероятно, использоваться как свежий органический материал, что и обуславливает экологическую сукцессию. При средних и высоких концентрациях нефти такого эффекта не наблюдается, так как токсический пресс большого количества поллютанта перекрывает возможную выгоду от утилизации его компонентов, и восстановление численности гетеротрофов происходит медленно [13].

### Заключение

При внесении в образцы почвы различных концентраций углеводов наблюдается тенденция снижения общей численности ОМЧ (в том числе аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий), целлюлозолитических бактерий и микроскопических грибов во всех экспериментальных образцах. Количество актиномицетов и микроскопических грибов также снижаются в отдельных группах, однако не наблюдается дозозависимого эффекта.

Эти данные могут быть использованы при экологическом нормировании содержания нефтепродуктов в почве и проведении оценки экологического ущерба, наносимого окружающей среде при нефтяном загрязнении.

### Благодарность

*Исследования проведены при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта № AP19679969 «Исследование процессов идентификации ракетного углеводородного топлива в почвах районов эксплуатации ракетносителей и разработка их гигиенического норматива», послужат основой разработки нормативной методической базы.*



## Литература

1. H. Ben Ayed, N. Jemil, H. Maalej, A. Bayouh, N. Hmidet, and M. Nasri. Enhancement of solubilization and biodegradation of diesel oil by biosurfactant from *Bacillus amyloliquefaciens* An6 // *International Biodeterioration and Biodegradation*. – 2015. – Vol. 99. – P. 8-14.
2. A. M. A. Essabri, N. P. Aydinlik, and N. E. Willia. Bioaugmentation and biostimulation of total petroleum hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil with fungi isolated from olive oil effluent // *Water, Air, and Soil Pollution*. – 2019. – Vol. 230, No. 76. – P. 1–16.
3. S. K. Singh and A. K. Haritash. Polycyclic aromatic hydrocarbons: soil pollution and remediation // *International journal of Environmental Science and Technology*. – 2019. – Vol. 16, No. 10. – P. 6489-6512.
4. S. Varjani and V. N. Upasani. Influence of abiotic factors, natural attenuation, bioaugmentation and nutrient supplementation on bioremediation of petroleum crude contaminated agricultural soil // *Journal of Environmental Management*. – 2019. – Vol. 245. – P. 358-366.
5. K. Prathyusha, Y. S. Y. V. Jagan Mohan, S. Sridevi, and B. V. Sandeep. Isolation and characterization of petroleum hydrocarbon degrading indigenous bacteria from contaminated sites of Visakhapatnam // *International Journal of Advanced Research*. – 2016. – Vol. 4. – No. 3. – P. 357-362.
6. X. Xu, W. Liu, S. Tian et al. Petroleum hydrocarbon-degrading bacteria for the remediation of oil pollution under aerobic conditions: a perspective analysis // *Frontiers in Microbiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 1-11.
7. H. Rhabal, S. Souabi, M. Safi et al. Soils bioremediation of hydrocarbons and green waste elimination through composting process // *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*. – 2014. – Vol. 2. – No. 6. – P. 13–22.
8. M. Chen, P. Xu, G. Zeng, C. Yang, D. Huang, and J. Zhang. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: applications, microbes and future research needs // *Biotechnology Advances*. – 2015. – Vol. 33. – No. 6. – P. 745–755.
9. D. K. Chaudhary and J. Kim. New insights into bioremediation strategies for oil-contaminated soil in cold environments // *International Biodeterioration and Biodegradation*. – 2019. – Vol. 142. – P. 58–72.
10. S. Sihag, H. Pathak, and D. P. Jaroli. Factors affecting the rate of biodegradation of polyaromatic hydrocarbons // *International Journal of Pure and Applied Bioscience*. – 2014. – Vol. 2. – No. 3. – P. 185–202.
11. G. Zafra, R. Regino, B. Agualimpia, and F. Aguilar. Molecular characterization and evaluation of oil degrading native bacteria isolated from automotive service station oil contaminated soils // *Chemical Engineering Transactions*. – 2016. – Vol. 49. – P. 511–516.
12. Labud, C. Garcia, T. Hernandez. Effect of hydrocarbon pollution on the microbial properties of a sandy and a clay soil // *Chemosphere*. – 2007. – Vol. 66. – P. 1863-1871.
13. Киреева Н.А., Галимзянова А.М., Мифтахова А.М. Микромицеты почв, загрязненных нефтью, и их фитотоксичность // *Микология и фитопатология*. – 2000. – Т. 34. – №. 1. – С. 36–41.
14. B. M. Macaulay. Understanding the behavior of oil degrading microorganisms to enhance the microbial remediation of spilled Petroleum // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2014. – Vol. 13. – No. 1. – P. 247–262.
15. S. J. Varjani. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons // *Bioresource Technology*. – 2017. – Vol. 223. – P. 277–286.
16. Alamri S.A. Development and application of a microbiologically based tool kit to predict and monitor petroleum hydrocarbon bioremediation (Ph.D. thesis) // University of Aberdeen. – 2006.
17. M.T. Balba, N. Al-Awadhi, R. Al-Daher. Bioremediation of oil-contaminated soil: microbiological methods for feasibility assessment and field evaluation // *J. Microbiol. Methods*. – 1998. – Vol. 32. – P. 155-164.
18. O.C. Turgay, E.E. Erdogan, A. Karaca. Effect of humic deposit (leonardite) on degradation of semi-volatile and heavy hydrocarbon and soil quality in crude-oil contaminated soil // *Environ. Monit. Assess.* – 2010. Vol. 170. – P. 45-58.
19. A. Serrano, M. Tejada, M. Gallego, J.L. Gonzalez. Evaluation of soil biological activity after a diesel fuel spill // *Sci. Total Environ.* – 2009. – Vol. 407. – P. 4056-4061.
20. J.J.C. Dawson, E.J. Godsiffe, I.P. Thompson, T.K. Ralebitso-Senior, K.S. Killham, G.I. Paton. Application of biological indicators to assess recovery of hydrocarbon impacted soils // *Soil Biol. Biochem.* – 2007. – Vol. 39. – P. 164-177.
21. F. Camiña, C. Trasar-Cepeda, F. Gil-Sotres, C. Leirós. Measurement of dehydrogenase activity in acid soils rich in organic matter // *Soil Biol. Biochem.* – 1998. – Vol. 30. – P. 1005-1011.
22. L.J. Shaw, R. Burns. Enzyme activity profiles and soil quality // *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, SABI Publishing, Cambridge, MA. – 2006. – Vol. 21. P. 158-182.
23. Хазиев Ф.Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах // *Вестник Академии наук Республики Башкортостан*. 2015. №2 (78). – С. 14-24.
24. Безуглова О.С., Наими О.И., Полиенко Е.А., Лыхман В.А., Дубинина М.Н., Поволоцкая Ю.С., Патрикеев Е.С. Ферментативная активность чернозема обыкновенного при разложении соломы в почве // *Успехи современного естествознания*. – 2019. – № 12-2. – С. 199-204.
25. Куликова А.Х., Антонова С.А., Козлов А.В. Ферментативная активность почвы в зависимости от системы удобрения // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. № 4 (40). С. 36–43.

## References

1. A. M. A. Essabri, N. P. Aydinlik, and N. E. Willia. (2019) Bioaugmentation and biostimulation of total petroleum hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil with fungi isolated from olive oil effluent. *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol. 230, No. 76, pp. 1–16.
2. Alamri S.A. (2006) Development and application of a microbiologically based tool kit to predict and monitor petroleum hydrocarbon bioremediation, (*Ph.D. thesis*) University of Aberdeen.
3. A. Serrano, M. Tejada, M. Gallego, J.L. Gonzalez (2009) Evaluation of soil biological activity after a diesel fuel spill. *Sci. Total Environ*, Vol. 407, pp. 4056-4061.
4. Bezuglova O.S., Naimi O.I., Poliyenko Ye.A., Lykhman V.A., Dubinina M.N., Povolotskaya YU.S., Patrikeyev Ye.S. (2019) Fermentativnaya aktivnost chernozema obyknovennogo pri razlozhenii solomy v pochve. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, № 12-2, pp. 199-204.
5. B. M. Macaulay. (2014) Understanding the behavior of oil degrading microorganisms to enhance the microbial remediation of spilled Petroleum. *Applied Ecology and Environmental Research*, Vol. 13, No. 1, pp. 247–262.
6. D. K. Chaudhary and J. Kim. (2019) New insights into bioremediation strategies for oil-contaminated soil in cold environments. *International Biodeterioration and Biodegradation*, Vol. 142, pp. 58–72.
7. F. Camiña, C. Trasar-Cepeda, F. Gil-Sotres, C. Leirós. (1998) Measurement of dehydrogenase activity in acid soils rich in organic matter. *Soil Biol. Biochem*, Vol. 30, pp. 1005-1011.
8. G. Zafra, R. Regino, B. Agualimpia, and F. Aguilar. (2016) Molecular characterization and evaluation of oil degrading native bacteria isolated from automotive service station oil contaminated soils. *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 49, pp. 511–516.
9. H. Ben Ayed, N. Jemil, H. Maalej, A. Bayouhd, N. Hmidet, and M. Nasri. (2015) Enhancement of solubilization and biodegradation of diesel oil by biosurfactant from *Bacillus amyloliquefaciens* An6 // *International Biodeterioration and Biodegradation*. – Vol. 99. – P. 8-14.
10. H. Rhal, S. Souabi, M. Safi et al. (2014) Soils bioremediation of hydrocarbons and green waste elimination through composting process. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, Vol. 2, No. 6, pp. 13–22.
11. J.J.C. Dawson, E.J. Godsiffe, I.P. Thompson, T.K. Ralebitso-Senior, K.S. Killham, G.I. Paton. (2007) Application of biological indicators to assess recovery of hydrocarbon impacted soils. *Soil Biol. Biochem*, Vol. 39, pp. 164-177.
12. K. Prathyusha, Y. S. Y. V. Jagan Mohan, S. Sridevi, and B. V. Sandeep. (2016) Isolation and characterization of petroleum hydrocarbon degrading indigenous bacteria from contaminated sites of Visakhapatnam // *International Journal of Advanced Research*, Vol. 4, No. 3, pp. 357-362.
13. Kireeva N.A., Galimzyanova A.M., Miftaxova A.M. (2000) Mikromitsety pochv, zagryaznennykh neftyu, i ikh fitotoksinost. *Mikologiya i fitopatologiya*. Vol. 1, pp. 36–41.
14. Khaziev F.X. (2015) Funktsional'naya rol' fermentov v pochvennykh protsessakh // *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan*. №2 (78), pp. 14-24.
15. Kulikova A.KH., Antonova S.A., Kozlov A.V. (2017) Fermentativnaya aktivnost' pochvy v zavisimosti ot sistemy udobreniya // *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. № 4 (40). pp. 36–43.
16. Labud, C. Garcia, T. Hernandez. (2007) Effect of hydrocarbon pollution on the microbial properties of a sandy and a clay soil. *Chemosphere*, Vol. 66, pp. 1863-1871.
17. L.J. Shaw, R. Burns. (2006) Enzyme activity profiles and soil quality. *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, CABI Publishing, Cambridge, MA, Vol. 21, pp. 158-182.
18. M. Chen, P. Xu, G. Zeng, C. Yang, D. Huang, and J. Zhang. (2015) Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: applications, microbes and future research needs. *Biotechnology Advances*, Vol. 33, No. 6, pp. 745–755.
19. M.T. Balba, N. Al-Awadhi, R. Al-Daher. (1998) Bioremediation of oil-contaminated soil: microbiological methods for feasibility assessment and field evaluation. *J. Microbiol. Methods*, Vol. 32, pp. 155-164.
20. O.C. Turgay, E.E. Erdogan, A. Karaca. (2010) Effect of humic deposit (leonardite) on degradation of semi-volatile and heavy hydrocarbon and soil quality in crude-oil contaminated soil. *Environ. Monit. Assess*, Vol. 170, pp. 45-58.
21. S. K. Singh and A. K. Haritash. (2019) Polycyclic aromatic hydrocarbons: soil pollution and remediation. *International journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 16, No. 10, pp. 6489-6512.
22. S. Varjani and V. N. Upasani. (2019) Influence of abiotic factors, natural attenuation, bioaugmentation and nutrient supplementation on bioremediation of petroleum crude contaminated agricultural soil. *Journal of Environmental Management*, Vol. 245, pp. 358-366.
23. S. Sihag, H. Pathak, and D. P. Jaroli. (2014) Factors affecting the rate of biodegradation of polyaromatic hydrocarbons. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, Vol. 2, No. 3, pp. 185–202.
24. S. J. Varjani. (2017) Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresource Technology*, Vol. 223, pp. 277–286.
25. X. Xu, W. Liu, S. Tian et al. (2018) Petroleum hydrocarbon-degrading bacteria for the remediation of oil pollution under aerobic conditions: a perspective analysis. *Frontiers in Microbiology*, Vol. 9, pp. 1-11.

**Сведения об авторах:**

Ерлан Бекешев<sup>1,2</sup> (автор корреспондент) – Докторант Алматинского университета энергетики и связи им. Г. Даукеева (г. Алматы, Казахстан); 2Директор Филиала РГП «Инфракос» в г. Алматы (г. Алматы, Казахстан, e-mail: Chemist\_e@mail.ru).

Ақылбек Бапышев – начальник отдела Филиала РГП «Инфракос» в г.Алматы (г.Алматы, Казахстан, e-mail: ako-bapyshev@mail.ru).

Елена Степанова – заместитель начальника отдела Филиала РГП «Инфракос» в г.Алматы (г. Алматы, Казахстан, e-mail: s.ell@mail.ru).

Ардак Джумагазиева – PhD НАО Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова (г. Алматы, Казахстан, e-mail: r\_dawa@mail.ru).

Құралай Бекешева – PhD НАО Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова (г. Алматы, Казахстан, e-mail: kuralayaryn02@gmail.com).

**Information about authors:**

Yerlan Bekeshev<sup>1,2</sup> (corresponding author) — Doctoral student of Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G.Daukeev (Almaty, Kazakhstan); 2Head of the Almaty branch of RSE «Infracos» (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Chemist\_e@mail.ru).

Akylbek Bapyshev – head of the Department Almaty branch of RSE «Infracos» (Almaty, Kazakhstan, e-mail: ako-bapyshev@mail.ru).

Yelena Stepanova – deputy head of the Department Almaty branch of RSE «Infracos» (Almaty, Kazakhstan, e-mail: s.ell@mail.ru).

Ardak Jumagazyeva – PhD NJSC Asfendiyarov Kazakh National Medical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: r\_dawa@mail.ru).

Bekesheva Kuralay – PhD NJSC Asfendiyarov Kazakh National Medical University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: kuralayaryn02@gmail.com).

Поступила 30 ноября 2023 г.

Принята 20 февраля 2024 г.





3-бөлім  
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ  
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

---

Section 3  
**MOLECULAR  
BIOLOGY AND GENETICS**

---

Раздел 3  
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

О.Г. Чередниченко\* , С.К. Нуралиев ,

А.Л. Пилюгина , Д.Э. Азизбекова 

Институт генетики и физиологии, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: cherogen70@mail.ru

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ ТЕСТ-СИСТЕМЫ *ALLIUM CEPA* ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Анализ радиационного воздействия включает биологическую индикацию и биологическую дозиметрию. Проведение таких исследований с использованием клеток человека и животных в условиях *in vivo* и *in vitro* не всегда возможно и безопасно. Использование высших растений в качестве тест-систем для оценки воздействия мутагенных факторов в окружающей среде имеет многочисленные преимущества и первичная биоиндикация радиационного воздействия с их использованием может быть весьма востребована. Поэтому проведено сравнительное цитогенетическое исследование радиочувствительности двух тест-систем – растительной *Allium cepa* и традиционной – культура лимфоцитов периферической крови человека. Проведена оценка цитогенетических повреждений, вызванных кратковременным внешним облучением в диапазоне малых доз 0,01–0,7 Гр. Представленная работа показала высокую чувствительность *Allium*-тест по индукции цитогенетических эффектов в меристематических клетках корней лука. Наиболее эффективно ответ на ионизирующее облучение демонстрирует индукция микроядер в интерфазных клетках. Показана достоверная положительная корреляция между частотой хромосомных нарушений в лимфоцитах и микроядрами в интерфазных клетках (+0,87), а также частотой хромосомных нарушений в метафазах лимфоцитов и корнях лука (+0,93). Полученные результаты подтверждают возможность использования тест-системы *Allium cepa* в качестве подходящего индикатора для первичной биологической оценки генотоксичности, возникающей при внешнем воздействии  $\gamma$ -излучения.

**Ключевые слова:** хромосомные аберрации, микроядра, *Allium-test*, интерфазные клетки, ионизирующее излучение.

O.G. Cherednichenko\*, S.K. Nuraliev, A.L. Pilyugina, D.E. Azizbekova

Institute of Genetics and Physiology, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: cherogen70@mail.ru

### Comparative analysis of the effectiveness of *Allium cepa* plant test system for the detection of cytogenetic disorders in radiation exposure

Radiation exposure analysis includes biological indication and biological dosimetry. Conducting such studies using human and animal cells under *in vivo* and *in vitro* conditions is not always possible or safe. The use of higher plants as test systems for assessing the impact of mutagenic factors in the environment has numerous advantages and primary bioindication of radiation exposure using them may be in great demand. Therefore, a comparative cytogenetic study of the radiosensitivity of two test systems was carried out – the plant *Allium cepa* and the conventional – a culture of human peripheral blood lymphocytes. An assessment was made of cytogenetic damage caused by short-term external irradiation in the range of low doses of 0.01–0.7 Gy. The presented work showed the high sensitivity of the *Allium* test for the induction of cytogenetic effects in the meristematic cells of onion roots. The most effective response to ionizing radiation is demonstrated by the induction of micronuclei in interphase cells. A significant positive correlation was shown between the frequency of chromosomal abnormalities in lymphocytes and micronuclei in interphase cells (+0.87), as well as the frequency of chromosomal abnormalities in metaphases of lymphocytes and onion roots (+0.93). The results obtained confirm the possibility of using the *Allium cepa* test system as a suitable indicator for the primary biological assessment of genotoxicity arising from external exposure to  $\gamma$ -radiation.

**Key words:** chromosomal aberrations, micronuclei, *Allium-test*, interphase cells, ionizing radiation.

О.Г. Чередниченко\*, С.К. Нұралиев, А.А. Пилюгина, Д.Э. Азизбекова

Генетика және физиология институты, Қазақстан, г. Алматы

\*e-mail: chero70@mail.ru

### Сәулелену кезіндегі цитогенетикалық бұзылыстарды анықтау үшін *Allium* сера өсімдік тест жүйесін қолдану тиімділігін салыстырмалы талдау

Радиациялық әсерді талдау биологиялық индикацияны және дозиметрияны қамтиды. In vivo және in vitro жағдайында адам мен жануарлар клеткаларын қолданып зерттеулер жүргізу көпшілік жағдайда мүмкін емес және қауіпсіз болмайды. Қоршаған ортаның мутагендік факторларының әсерін бағалау үшін тест-жүйе ретінде жоғары сатыдағы өсімдіктерді пайдалану көптеген артықшылықтарға ие және оларды қолдану арқылы радиациялық әсердің бастапқы биоиндикациясы зерттеу үлкен сұранысқа ие болуы мүмкін. Осыған байланысты, екі тест-жүйе арқылы, яғни өсімдік негізіндегі *Allium* сера және дәстүрлі, адамның перифериялық қан лимфоциттері культурасының радиосезімталдылыққа салыстырмалы цитогенетикалық зерттеу жүргізілді. 0,01–0,7 Гр төмен дозалар диапазонында қысқа мерзімді сыртқы сәулеленуден туындаған цитогенетикалық бұзылыстарға баға берілді. Бұл жұмыста пияз тамырларының меристемалық клеткаларында цитогенетикалық әсерлерді индукциялауда *Allium* тест жоғары сезімталдылық көрсетті. Иондаушы сәулеленуге ең тиімді жауап интерфаза клеткаларында микроядролардың индукциясы арқылы көрсетіледі. Лимфоциттердегі хромосомалық ауытқулардың жиілігі мен интерфазалық клеткалардағы микроядролардың жиілігі (+0,87), сондай-ақ лимфоциттер мен пияз тамырының метафазасында хромосома ауытқуларының жиілігі (+0,93) арасында айтарлықтай оң корреляция көрсетілді. Алынған нәтижелер *Allium* сера тест жүйесін  $\gamma$ -сәулеленудің сыртқы әсерінен туындайтын генотоксикалық әсерді бастапқы биологиялық бағалау үшін қолайлы индикатор ретінде пайдалану мүмкіндігін растайды.

**Түйін сөздер:** хромосомалық аберрациялар, микроядролар, *Allium*-тест, фазааралық жасушалар, иондаушы сәулелер.

## Введение

На протяжении всей истории существования живых организмов на Земле они постоянно подвергаются воздействию естественного фона ионизирующего излучения. Однако технический прогресс и антропогенная деятельность человека (испытания ядерного оружия, добыча радиоактивных руд, эксплуатация атомных электростанций, аварийные ситуации с выбросом радиоактивных изотопов, использование источников ионизирующего излучения в промышленности и медицине) вызывают повышение искусственной радиоактивности. Это приводит к негативному воздействию ионизирующего излучения на людей, флору и фауну [1]. Для некоторых регионов Казахстана (территории бывшего СИП, районы добычи и залегания урановых руд и др.) данная проблема особенно актуальна.

Радиационно-индуцированные повреждения ДНК являются первичным проявлением нарушений биологических систем, приводящим к риску клеточной гибели, мутагенезу, канцерогенезу, возникновению генетической нестабильности и др. На клеточном уровне эти повреждения ДНК можно визуализировать в виде хромосомных аберраций на стадии метафазы во время деления клеток. Несколько опосредованным, но в то же

время более универсальным способом учета возникающих повреждений является регистрация микроядер. В основном они являются следствием хромосомных нарушений и преимущественно возникают из ацентрических фрагментов или поврежденных хромосом (мутагенный эффект) или отставших в анафазе хромосом (анеугенный эффект), но также могут быть результатом деструкции интерфазного хроматина [2]. Т.е., микроядра являясь результатом повреждения ДНК могут быть визуализированы в интерфазных клетках различного типа, деление в которых наблюдать (для анализа хромосомных аберраций) технически невозможно. Поэтому тесты на микроядра наряду с хромосомными аберрациями применяются как эффективные генетические системы биоанализа и биоиндикации.

Воздействие ионизирующего излучения на клетки человека изучено достаточно широко. Классической и обязательной тест-системой для оценки влияния радиационного воздействия в системах in vitro и in vivo являются лимфоциты периферической крови человека. Одним из достоинств этой тест-системы является то, что по наблюдаемым типам аберраций можно достаточно определенно идентифицировать тип мутагенного воздействия. Наличие в спектре повышенного уровня аберраций хромосомного

типа (парных разрывов и фрагментов, дицентрических хромосом и центрических колец) может свидетельствовать о радиационной природе генотоксичности, преобладание аберраций хроматидного типа свидетельствует о ее химической или вирусной природе. Использование этого теста далеко не всегда технически приемлемо и целесообразно. Кроме того, для идентификации, характеристики и степени генотоксичности исследуемого фактора, как правило, используется несколько тест-систем адекватного уровня чувствительности и что не мало важно, разного уровня биологической организации.

Использование высших растений в качестве генетических моделей и тест-систем для оценки воздействия загрязнителей в окружающей среде имеет некоторые преимущества, по сравнению с животными моделями. Они связаны не только с их чувствительностью к мутагенным факторам, но и особенностями репродуктивной системы, возможностью использования условий *in vivo* и *in vitro* без этических ограничений и возможностью оценки нескольких генетических параметров в клетках разных органов и тканей (листья, корни, гаметогенез, пыльцевые зерна и др.). Также существенное значение имеет стандартизация методов в контролируемых лабораторных условиях, не требующая больших объемов образцов и низкой себестоимостью.

Изучение воздействия радиации на растения представляет интерес для сельского хозяйства, экологии и космических исследований. Естественно растения не могут проявлять такие же стохастические эффекты на ионизирующие излучения, как млекопитающие и человек [3], однако их использование может предоставить адекватные информационные данные, которые будут служить отправной точкой для использования других, более сложных и дорогостоящих биологических систем [4]. И в некоторых литературных источниках продемонстрированы сопоставимые результаты по возникающим генетическим аномалиям в растительных и животных системах при анализе химических генотоксикантов [5, 6, 7].

Для оценки радиационной токсичности объектов окружающей среды предлагается использовать систему *Allium-test* [8, 9, 10]. Закономерности роста и развития корней *Allium cepa* тесно связаны с уровнем загрязнений тестируемых объектов; фазы митотического цикла четко выражены и их легко идентифицировать; лук имеет небольшой и стабильный кариотип ( $2n = 16$ ) с крупными и морфологически хорошо различимы-

ми хромосомами. При этом спонтанные хромосомные повреждения встречаются достаточно редко [4, 11]. Более того в последние годы набирает популярность так называемый цитомный анализ, который основан на регистрации ядерных аномалий в интерфазных клетках, которые также демонстрируют четкую реакцию на уровень тестируемых загрязнителей окружающей среды. Таким образом, цитогенетические маркеры *Allium cepa* включают митотический индекс, микроядра, хромосомные аберрации и цитогенетические нарушения на разных стадиях митоза и ядерные аномалии. На основании этих критериев *Allium-test*, стал подходящей генетической моделью для оценки цито-генотоксического потенциала загрязняющих факторов, рекомендован ВОЗ как стандарт в цитогенетическом мониторинге экологических факторов и был принят Международной программой по биоанализу растений (IPPB) [12, 13].

*Allium-test* можно использовать в двух вариантах, анализ луковиц и семян [14, 15]. При использовании луковиц в анализ включаются такие дополнительные параметры, как скорость роста и длина корней. В этом случае должны использоваться небольшие луковицы или луковичный севок приблизительно одного размера и массы. Семена удобно использовать, так как они являются биологически покоящимися, генетически и физиологически однородными тест-объектами. Классически исследования с использованием *Allium-test* проводят для оценки химической генотоксичности [9, 16], воздействие ионизирующего излучения на этой тест-системе изучается довольно редко [4, 17, 18]. Тем не менее, использование *Allium-test* показало хорошие результаты при оценке цито- и генотоксичности  $\gamma$ -излучения и быстрых нейтронов [19, 20], тяжелых ионов высоких энергий [21] и электромагнитного излучения [22, 15] по таким критериям, как длина корня, хромосомные аберрации, микроядра и митотический индекс [23, 24]. Однако в этих исследованиях авторы использовали высокие дозы облучения (выше 1,5–2 Гр). Изучение воздействия малых доз ионизирующих излучений проводились лишь в единичных случаях [25, 26, 27, 28] и выявило цитогенетический ответ прорастающих корней семян *Allium cepa*.

Цель настоящего исследования заключалась в оценке влияния низкодозового  $\gamma$ -облучения (0,01–0,7 Гр), на цитогенетические параметры прорастающих корней семян лука (*Allium cepa*) и сравнение их чувствительности с классиче-



ским тестом на хромосомные aberrации в культуре лимфоцитов человека.

Эти данные имеют большое значение, поскольку могут показать биологическую реакцию первых клеточных потомков растения на воздействие радиации и возможность его использования для построения кривых доза-реакция и в дальнейшем первой и быстрой идентификации величины радиационного воздействия, проведения биодозиметрии и оценки радиологических последствий, связанных с выбросом радиоактивных материалов в окружающую среду.

### Материалы и методы исследования

Воздействие низких доз  $\gamma$ -излучения исследовали с помощью двух тест-систем – изучение цитогенетических нарушений в *Allium-test* на разных стадиях клеточного цикла и анализ хромосомных aberrаций в культурах лимфоцитов человека.

*Allium-test.* Для изучения цитогенетических нарушений в *Allium-test* облученные разными дозами  $\gamma$ -излучения семена лука проращивали в чашках Петри при температуре 22-24°C (в течение 48-72 часов). У 2-3 см корешков отрезали кончик длиной 1-2 см и фиксировали в упрощенном фиксаторе Карнуа (96% этиловый спирт: ледяная уксусная кислота – 3:1) в течение 4-24 ч. Гидролизацию в 1N HCl проводили в течение 8-10 мин при 60°C и промывали в дистиллированной воде. Окрашивали раствором Орсеина в кипящей водяной бане 6-12 минут, отрезали густо окрашенный кончик длиной 1-2 мм и готовили давленные препараты в 45% уксусной кислоте [10, 29]. Цитогенетический анализ проводили под микроскопом ZeissAxioLabA.1 и учитывали все встречающиеся нарушения на разных стадиях клеточного деления с фотодокументацией наиболее характерных нарушений. В интерфазных клетках частоту микроядер считывали к общей сумме проанализированных клеток (Мя,%). На стадии метафазы учитывали микроядра, выпавшие хромосомы и С-метафазы. В ана-телофазном анализе фиксировали частоту отставших/выпавших хромосом и мостов на этих стадиях к общей сумме ана-телофаз на препарате. Также во всех вариантах проводили расчет митотического индекса  $MI = (\Sigma(P+M+A+T)/n) * 100\%$ , где (P, M, A, T) сумма клеток находящихся на стадиях клеточного деления (профаза, метафаза, анафаза, телофаза, соответственно), n – общее число проанализированных клеток.

*Культивирование лимфоцитов человека и приготовление препаратов.* Образец цельной крови (0,5 мл) добавляли в культуральную среду (4,5 мл), состоящую из 76% питательной среды RPMI-1640 + глутамин (2 mM) (Sigma Aldrich, США), 24% фетальной бычьей сыворотки (Sigma Aldrich, США) и пенициллина/стрептомицина 100 ЕД/мл. Выделение лимфоцитов стимулировали 2% РНА (Gibco). Клетки инкубировали в течение 48 ч в CO<sub>2</sub>-инкубаторе при 37°C. За 2 ч до фиксации в среду добавляли колхицин (Пан Эко, Россия; конечная концентрация = 0,8 мкг/мл). Гипотоническую обработку клеток проводили 0,075 M KCl на водяной бане при 37°C в течение 15 мин с последующей трехкратной фиксацией смесью метилового спирта и ледяной уксусной кислоты (3/1). Подготовленную клеточную суспензию наносили на обезжиренные, влажные, охлажденные предметные стекла. Препараты метафазных хромосом равномерно окрашивали 4 %-ным раствором Романовского-Гимзы (Merck, Германия) в течение 5 мин, промывали дистиллированной водой и высушивали [30].

Цитогенетический анализ метафазных хромосом проводили под микроскопом Zeiss Axioscop 40 с масляной иммерсией и увеличением 16×100 и моторизованным микроскопом Zeiss AxioImager Z.2 с программным обеспечением Metafer-4 с масляной иммерсией и увеличением 10×63. Оценивали количество клеток с aberrациями, а также соотношение количества и типов aberrаций на 100 анализируемых метафаз. Подсчитывали все типы хромосомных аномалий, выявляемых при рутинном окрашивании. Микроскопический анализ метафазных пластинок проводился в соответствии с общепринятыми критериями отбора и анализа препаратов. Для каждого образца анализировали до 200 клеток. При анализе полученных данных использовали стандартные методы статистического анализа.

*Обработка  $\gamma$ -излучением.* Семена *Allium cepa* в стадии покоя и образцы цельной крови добровольных здоровых доноров подвергали радиационной обработке в пластиковых флаконах на аппарате дистанционной лучевой терапии «Терагам» с зарядом Co<sup>60</sup>, номинальной энергией ускоренных электронов 1,5 МэВ (НИИ онкологии и радиологии, Алматы, Казахстан). Были использованы дозы – 0,01; 0,03; 0,07; 0,1; 0,3; 0,7 Гр с мощностью 0,1Гр/мин и температуре окружающей среды +20-25 °С.

## Результаты и их обсуждение

Увеличение радиационной нагрузки и ухудшение качества окружающей среды влияют и на людей и на природу, что приводит к увеличению мутационного процесса и генетическим изменениям биоорганизмов. Для оценки риска и определения степени повреждения живых существ разработаны различные молекулярные, генетические и биохимические тесты. Однако многие из них дороги, трудоемки и занимают достаточно много времени. В этом

смысле, краткосрочные и простые биотесты, выявляющие нарушения, вызываемые исследуемыми факторами, получают все большее распространение, по крайней мере, на первом этапе исследований или для быстрой оценки возникшей ситуации. И растения уникальны в своей способности, служить в качестве индикатора *in situ* для генотоксикантов окружающей среды [34].

Результаты цитогенетического анализа воздействия разных доз  $\gamma$ -излучения в *Allium-test* представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Воздействие разных доз  $\gamma$ -излучения с помощью *Allium-test*

Доза облучения, Гр	Всего клеток	Интерфаза, %	Метафаза, %	Ана-телофаза, %	MI
0,01	3000	0,11±0,06	0	0	10,1±0,55
0,03	3000	0,22±0,10	0	0	9,7±0,54
0,07	3000	0,23±0,08	1,1±0,10	2,17±0,27*	13,6±0,62
0,1	3000	0,45±0,07*	2,5±0,28	3,57±0,34*	9,9±0,55
0,3	3000	0,56±0,10*	6,67±0,30	8,33±0,20*	10,7±0,56
0,7	3000	0,69±0,15*	13,3	8,89±0,52*	12,9±0,61
контроль	1500	0,08±0,07	0	0,3±0,10	19,00±1,00

\* $p \leq 0,01$

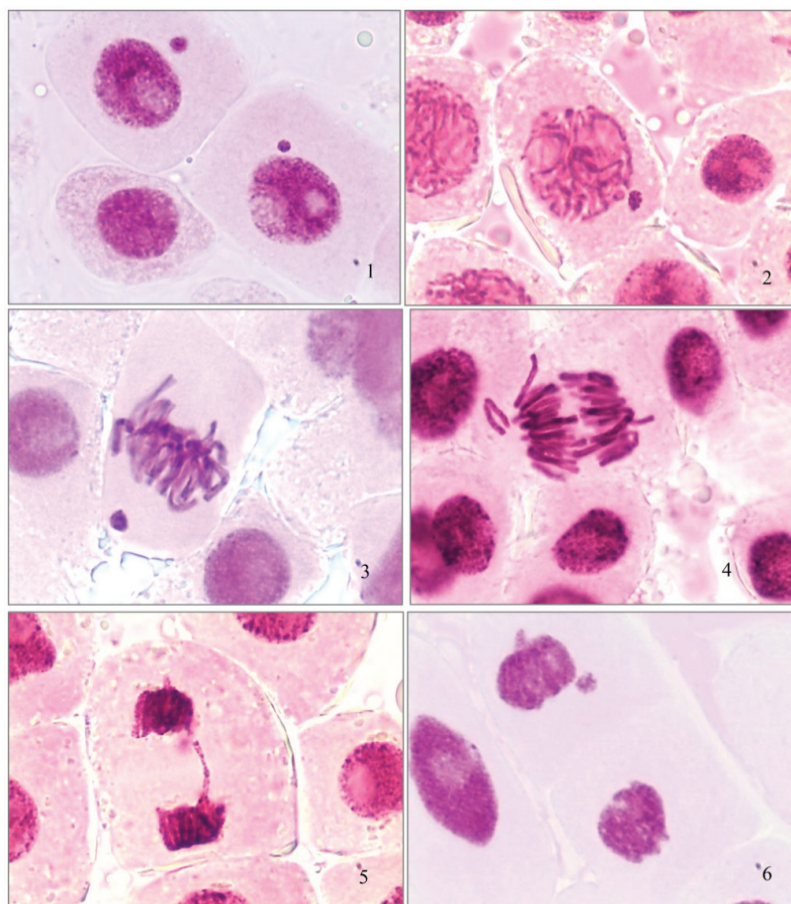
В *Allium-test* учитывали все встречающиеся цитогенетические нарушения на разных стадиях клеточного деления. В клетках на стадии интерфазы преимущественным типом нарушений являлись микроядра. На стадиях метафазы, анафазы и телофазы кроме микроядер встречались также и хромосомные нарушения, которые были представлены фрагментами (результат разрывов, делеций и транслокаций), мостами и отставшими или выпавшими хромосомами. Эти типы нарушений связаны с не расхождением, например, дицентрических хромосом, нарушением поведения хромосом на веретене деления или с повреждением самого веретена деления (Рисунок 1).

Основные эффекты  $\gamma$ -облучения, наблюдаемые в меристематических клетках корней прорастающих семян *Allium cepa*, включают усиление индукции микроядер в интерфазных клетках, хромосомных нарушений на стадии метафазы и цитогенетических нарушений в ана-телофазах. Количество исследуемых аномалий носит хоть и дозозависимый, но нелинейный характер и достоверно отличается от контрольного уровня. В

диапазоне исследуемых доз (0,01-0,7 Гр) частота микроядер достаточно точно описывается полиномиальным уравнением (Рисунок 2). Митотический индекс клеток после облучения семян, несколько снижен, но не проявляет зависимости от дозы облучения.

Результаты цитогенетического анализа воздействия разных доз  $\gamma$ -излучения на лимфоциты периферической крови человека представлены в таблице 2.

В лимфоцитах человека учитывали все аберрации хромосом регистрируемые на стадии метафазы. Спектр учитываемых аномалий был достаточно широк и включал аберрации хромосомного и хроматидного типов. Аберрации хромосомного типа были представлены двойными разрывами и фрагментами, центрическими и ацентрическими кольцами, дицентриками и транслокациями, хроматидного типа – одиночными разрывами, фрагментами и обменами. Частота аберраций хромосом в лимфоцитах человека ожидаемо носит дозозависимый характер с плато в области доз 0,1-0,3 Гр [31,32,33].



**Рисунок 1** – Типы цитогенетических нарушений при проведении *Allium test*  
1 – интерфазные клетки с микроядрами; 2 – микроядро в профазе; 3 – микроядро в метафазе;  
4 – выпавшая хромосома в анафазе; 5 – хромосомный мост в телофазе; 6- микроядро в телофазе



**Рисунок 2** – Моделирование доза-эффект частоты микроядер  
в интерфазных клетках в тест- системе *Allium cepa*

Таблица 2 – Воздействие разных доз  $\gamma$ -излучения на лимфоциты периферической крови человека

Доза облучения, Гр	Всего аберраций (%)	Хромосомного типа (%)	Хроматидного типа (%)
0,01	3,9±0,61	2,4±0,48	1,5±0,38
0,03	4,3±0,64*	2,9±0,53*	1,4±0,38
0,07	5,4±0,71*	3,3±0,56*	2,1±0,44
0,1	6,0±0,75*	3,7±0,61*	2,3±0,47
0,3	6,1±0,76*	3,9±0,61*	2,2±0,46
0,7	14,2±1,10*	12,1±1,03*	2,1±0,44
контроль	1,58±0,39	0,67±0,26	0,91±0,30

\* $p \leq 0,01$

В проведенном исследовании оба сравниваемых теста показали схожую степень цитогенетического ответа, не смотря на их разную радиочувствительность. *Allium-test* показал довольно высокую чувствительность по критерию образования микроядер в интерфазных клетках. Использование *Allium-test* с анализом микроядер в интерфазных клетках и анализа нарушений на стадиях анафазы-телофазы на этих же препаратах является наиболее оптимальным. Он является более быстрым и технически менее сложным, по сравнению с анализом хромосомных аберраций на стадии метафазы с применением колхицина.

Чувствительность и корреляция тест-систем, которые используют для оценки возможной опасности радиационного воздействия или факторов окружающей среды, имеют первостепенное значение для более точного определения потенциальных рисков или экстраполяции полученных результатов на другие организмы и человека в том числе. Чувствительность используемых тест-систем различна. Она зависит от разрешающей способности самой тест-системы [35], но также немаловажное значение имеет тип мутагенного воздействия, вид анализируемых клеток, их пролиферативная активность и др. Поэтому был выполнен корреляционный анализ результатов проведенного тестирования на системах разного уровня организации. Выявлена корреляция между частотой хромосомных нарушений в лимфоцитах и частотой микроядер в интерфазных клетках (+0,82), а также частотой хромосомных нарушений в метафазах лимфоцитов и корнях лука (+0,94). Аналогичные данные по корреляции этих тест-систем были выявлены при анализе генотоксичности загрязнений образцов воды и водных вытяжек почв региона г.Кентау на культурах лимфоцитов человека и

частотой нарушений в метафазе клеточного цикла при проведении *Allium-test* – 0,81 и 0,68 соответственно ( $p \leq 0,01$ ). А также корреляция между частотой хромосомных аберраций на культурах лимфоцитов человека и частотой микроядер в интерфазе – +0,72 ( $p \leq 0,01$ ) [36]. Выявленные взаимосвязи согласуются с данными литературы, показывающими, что цитогенетические нарушения в растениях способны коррелировать с клетками человека и животных. Например, клетки кончиков корней *Lactuca sativa* представляют собой достоверную модель для обнаружения повреждений ДНК, вызванных мутагенами, и соответствуют нарушениям, наблюдаемым в лейкоцитах человека, используемым в качестве модели в аналогичных тестах [37]. Нарушения в клетках *Allium cepa* при тестировании степени генотоксичности воздействий хорошо коррелируют при аналогичных воздействиях с цитогенетическими нарушениями в клетках млекопитающих и человека [38,39]. Также показана корреляция в 82% в отношении теста на канцерогенность у грызунов и *Allium-test* [40, 41].

### Заключение

Растительные клетки могут быть предложены в качестве важной системы для оценки токсикологического риска агентов окружающей среды. В частности, использование *Allium-test* имеет важное значение для первого скрининга рисков, связанных с потенциально генотоксичными агентами, которые могут попасть в окружающую среду, например ионизирующее излучение в режиме нормальной эксплуатации атомной станции или при возможных нештатных ситуациях. Проведенное исследование показало хороший потенциал и возможность использования меристематических клеток корней



*Allium cepa* в качестве подходящего материала для биологической индикации генотоксичности, возникающей при кратковременном внешнем воздействии  $\gamma$ -излучения. К основным цитогенетическим нарушениям, наблюдаемым в клетках корневой меристемы *Allium cepa*, относятся увеличение частоты микроядер в интерфазных клетках, нарушения на разных стадиях клеточного цикла и хромосомные аберрации.

### Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан, в рамках гранта №AP14869771 «Генетический статус и состояние индикаторных групп флоры и фауны на территории аварии ракетополетчика «Днепр»».

### Литература

1. Ganzha H.D., Gudkov D.I., Ganzha D.D., Nazarov A.B. Accumulation and distribution of radionuclides in higher aquatic plants during the vegetation period // Journal of Environmental Radioactivity. -2020. -Vol.222. 106361, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106361>.
2. Fenech M., Kirsch-Volders M., Natarajan A.T., Surrallés J., Crott J.W., Parry J., Norppa H., Eastmond D.A., Tucker J.D., Thomas P. Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells // Mutagenesis. -2011. -Vol. 26. -P.125-132.
3. Ludovici G.M., De Souza S.O., Chierici A., Cascone M.G., D'Errico F., Malizia A.. Adaptation to ionizing radiation of higher plants: From environmental radioactivity to chernobyl disaster // Journal of Environmental Radioactivity. -2020. -Vol.222. 106375, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106375>.
4. Leme M.D., Marin-Morales A. *Allium cepa* test environmental monitoring: A review on its application // Mutat. Res. -2009. -Vol.682(1). -P.71-81.
5. Barreto dos Reis G., Fonseca Andrade-Vieira L., De Campos Moraes I., Souza César P.H., Marcussi S., Chamma Davide L. Reliability of plant root comet assay in comparison with human leukocyte comet assay for assessment environmental genotoxic agents // Ecotoxicology and Environmental Safety. -2017. -Vol.142. -P.110-116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.004>.
6. Palmieri M.J., Luber Ja., Fonseca Andrade-Vieira L., Chamma Davide L. Cytotoxic and phytotoxic effects of the main chemical components of spent pot-liner: A comparative approach // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. -2014. -Vol.763. -P.30-35. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.12.008>.
7. Silveira G.L., Franco Lima M.G., Barreto dos Reis G., Palmieri M.Jo., Fonseca Andrade-Vieira L. Toxic effects of environmental pollutants: Comparative investigation using *Allium cepa* L. and *Lactuca sativa* L. // Chemosphere. -2017. -Vol.178. -P.359-367. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.048>.
8. Geras'kin S., Oudalova A., Michalik B., Dikareva N., Dikarev V. Geno-toxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas, Poland by means of *Allium*-test // Chemosphere. -2011. -Vol.83. -P.1133-1146. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.01.008>.
9. Hoshina M.M., Marin-Morales M.A. Micronucleus and chromosome aberrations induced in onion (*Allium cepa*) by a petroleum refinery effluent and by river water that receives this effluent // Ecotoxicology and Environmental Safety. -2009. -Vol.72. -Is.8. -P.2090-2095. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.07.002>.
10. Levan A. The influence on chromosomes and mitosis of chemicals, as studied by the *Allium* test // Hereditas. -1949. -Vol. 35(1). -P.325-337.
11. Sabeen M, Mahmood Q, Ahmad Bhatti Z, Faridullah Irshad M, Bilal M, Hayat MT, Irshad U, Ali Akbar T, Arslan M, Shahid N. *Allium cepa* assay based comparative study of selected vegetables and the chromosomal aberrations due to heavy metal accumulation // Saudi J. Biol. Sci. – 2020. -Vol. 27(5). -P.1368-1374. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.12.011>.
12. Ma T.H. The international program on plant bioassays and the report of the follow-up study after the hands-on workshop in China // Mutation Research. -1999. -Vol. 426(2). -P.103-106.
13. Ma T.H, Cabrera G.L., Owens E. Genotoxic agents detected by plant bioassays // Rev Environ Health. -2005. -Vol. 20(1). -P.1-14.
14. Kovalchuk O., Kovalchuk I., Arkhipov A., Telyuk P., Hohn B., Kovalchuk L. The *Allium cepa* chromosome aberration test reliably measures genotoxicity of soils of inhabited areas in the Ukraine contaminated by the Chernobyl accident // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. -1998. -Vol.415. -Is.1-2. -P.47-57. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(98\)00053-9](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(98)00053-9).
15. Tkalec M., Malarić K., Pavlica M., Pevalak-Kozlina B., Vidaković-Cifrek Ž. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of *Allium cepa* L. // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. -2009. -Vol.672. -Is.2. -P.76-81. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2008.09.022>.
16. Seth C.S., Misra V., Chauhan L.K.S., Singh R.R. Genotoxicity of cadmium on root meristem cells of *Allium cepa*: cytogenetic and Comet assay approach // Ecotoxicology and Environmental Safety. -2008. -Vol. 71. -Is. 3. -P.711-716. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.003>.
17. Bonciu E., Firbas P., Fontanetti C.S., Wusheng Ji., Karaismailoğlu M.C., Liu D., Menicucci F., Pesnya D.S., Popescu A., Romanovsky A.V., Schiff S., Ślusarczyk Jo., De Souza C.P., Srivastava A., Sutan A., Papini A. An evaluation for the standardization

of the *Allium cepa* test as cytotoxicity and genotoxicity assay // *Caryologia*. -2018. -Vol. 71(3). -P.191-209, <https://doi.org/10.1080/00087114.2018.1503496>

18. Pesnya D.S., Romanovsky A.V. Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particles and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test // *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. -2013. -Vol. 750. -Is. 1-2. -P.27-33. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.08.010>.

19. Amjad M., Anjum M.A. Effect of Post-irradiation Storage on the Radiation-induced Damage in Onion Seeds // *Asian Journal of Plant Sciences*. -2003. -Vol. 2. -P.702-707. <https://doi.org/10.3923/ajps.2003.702.707>

20. Zhang W., Fujikawa K., Endo S., Ishikawa M., Ohtaki M., Ikeda H., Hoshi M. Energy-dependent RBE of neutrons to induce micronuclei in root-tip cells of *Allium cepa* onion irradiated as dry dormant seeds and seedlings. *J. Radiat Res.* -2003. -Vol.44(2). -P.171-177. <https://doi.org/10.1269/jrr.44.171>

21. Takatsuji T., Takayanagi H., Morishita K. et al. Induction of micronuclei in germinating onion seed root tip cells irradiated with high energy heavy ions // *J. Rad. Piz.* -2010. -Vol. 51(3). -P.315-323.

22. Kumar A., Kaur Sh., Chandel Sh., Singh H.P., Batish D.R., Kumar Kohli R. Comparative cyto- and genotoxicity of 900 MHz and 1800 MHz electromagnetic field radiations in root meristems of *Allium cepa* // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. -2020. -Vol.188. 109786, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109786>.

23. Subodh Kumar D., Chakrabarty D., Kumar Verma A., Kumar Banerji B. Gamma ray induced chromosomal aberrations and enzyme related defense mechanism in *Allium cepa* L. // *Caryologia*. -2011. -Vol.64(4). -P.388-397. <https://doi.org/10.1080/00087114.2011.10589806>

24. Vajjapurkar S.G., Agarwal D., Chaudhuri S.K., Senwar K.R., Bhatnagar P.K. Gamma-irradiated onions as a biological indicator of radiation dose // *Radiation Measurements*. -2001. -Vol. 33. -Is.5. -P.833-836. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(01\)00246-3](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(01)00246-3).

25. Синовец С.Ю., Пяткова С.В., Козьмин Г.В. Экспериментальное обоснование использования *Allium* -теста в радиоэкологическом мониторинге // *Известия высших учебных заведений. Радиоэнергетика*. -2009. № 1. -С.32-38.

26. Bolsunovsky A.Ya., Trofimova E.A., Zueva A.V., Dementiev D.V. The first results of using the *Allium* test in estimating the chemical and radiation toxicity of bottom sediments in the Yenisei River // *Dokl. Biol. Sci.* -2016. -Vol.469, -P.192-195. <https://doi.org/10.1134/S0012496616040128>

27. Bolsunovsky A., Dementyev D., Trofimova E., Iniatkina E., Kladko Yu., Petrichenkov M. Chromosomal aberrations and micronuclei induced in onion (*Allium cepa*) by gamma-radiation // *Journal of Environmental Radioactivity*. -2019. -Vol. 207. -P. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.05.014>.

28. Xavier M.N., Novaes J.A.T., Silva A.C.C., Silva Alves A.V., Santos M.J.B.A., De Moraes Pantaleão S., Scher R., D'Errico F., De Souza S.O. Cytogenetic effects of  $\beta$ -particles in *Allium cepa* cells used as a biological indicator for radiation damages // *Journal of Environmental Radioactivity*. -2023. -Vol. 259-260. -P.107-109. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107109>.

29. Rank J. The method of *Allium* anaphase-telophase chromosome aberration assay // *Ekologija*. -2003. -Vol.1. -P.38-42.

30. Moorhead P.S., Nowell P.C., Mellman W.J., Battips D.M., Hungerford D.A. Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood // *Experimental Cell Research*. -1960. -Vol. 20.-P. 613-616.

31. Almahwasi A. Low dose hyper-radiosensitivity in normal human cells // *Radiation Physics and Chemistry*. -2023. -Vol. 202. 110523, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110523>.

32. Madas B.G., Drozdik E.J. Computational modeling of low dose hyper-radiosensitivity and induced radioresistance applying the principle of minimum mutation load // *Radiat. Prot. Dosimetry*. -2019. -Vol. 183(1-2). -P.147-150.

33. Suárez Fernández J.P. The downfall of the linear non-threshold model // *Rev. Esp. Med. Nucl. Imagen. Mol. (Engl Ed)*. -2020.

34. Saghirzadeh M., Gharaati M.R., Mohammadi Sh., Ghiassi-Nejad M. Evaluation of DNA damage in the root cells of *Allium cepa* seeds growing in soil of high background radiation areas of Ramsar – Iran // *Journal of Environmental Radioactivity*. -2008. -Vol. 99. -Is.10. -P. 1698-1702. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.03.013>.

35. Giri S., Giri A., Sharma G., Prasad S. Mutagenic effect of carbosulfan, a carbamate pesticide. *Mutat. Res.* -2002. -Vol. 519(1-2). -P.75-82. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.09.041>

36. Cherednichenko O., Nuraliev S., Berkinbaev G., Yakovleva N., Sadvakasov Ye, Pilugina A., Baigushikova G. Studying the mutagenic activity of drinking water and soil samples selected from Kentau and adjacent territories // *E3S Web of Conferences*. -2021. -Vol. 265. Actual Problems of Ecology and Environmental Management (APEEM 2021) Moscow, Russia, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126505001>

37. Barreto dos Reis G., Fonseca Andrade-Vieira L., De Campos Moraes I., César P.H.S., Marcussi S., Chamma Davide L. Reliability of plant root comet assay in comparison with human leukocyte comet assay for assessment environmental genotoxic agents // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. -2017. -Vol. 142. -P. 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.004>.

38. Barberrio A., Voltolini J.C., Mello M.L.S. Standardization of bulb and root sample sizes for the *Allium* test // *Ecotoxicology*. -2011. -Vol.20. -P.927-935

39. Fiskesjo G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring // *Hereditas*. -1985. -Vol. 102. -P. 99-112.

40. Rank J., Nielsen M.H. Evaluation of the *Allium* anaphase-telophase test in relation to genotoxicity screening of industrial wastewater // *Mutation Research*. -1994. -Vol. 312. -P.17-24.

41. Bolsunovsky A.Y., Trofimova E.A., Zueva A.V. Effect of Gamma Radiation on Cytogenetic and Growth Endpoints of *Allium cepa* Seedlings in Long-Term Experiments // *Dokl. Biochem. Biophys.* -2022. -Vol. 503. -P.85-89. <https://doi.org/10.1134/S1607672922020028>.

## References

1. Almahwasi A. (2023) Low dose hyper-radiosensitivity in normal human cells. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 202, 110523, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.110523>.
2. Amjad M., Anjum M.A. (2023) Effect of Post-irradiation Storage on the Radiation-induced Damage in Onion Seeds. *Asian Journal of Plant Sciences*, vol. 2, pp. 702-707. <https://doi.org/10.3923/ajps.2003.702.707>
3. Barberrio A., Voltolini J.C., Mello M.L.S. (2023) Standardization of bulb and root sample sizes for the *Allium* test. *Ecotoxicology*, vol.20, pp. 927-935.
4. Barreto dos Reis G., Fonseca Andrade-Vieira L., De Campos Moraes I., Souza César P.H., Marcussi S., Chamma Davide L. (2017) Reliability of plant root comet assay in comparison with human leukocyte comet assay for assessment environmental genotoxic agents. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol.142, pp.110-116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.004>.
5. Barreto dos Reis G., Fonseca Andrade-Vieira L., De Campos Moraes I., César P.H.S., Marcussi S., Chamma Davide L. (2017) Reliability of plant root comet assay in comparison with human leukocyte comet assay for assessment environmental genotoxic agents. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 142, pp.110-116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.004>.
6. Bolsunovsky A., Dementyev D., Trofimova E., Iniatkina E., Kladko Yu., Petrichenkov M. (2019). Chromosomal aberrations and micronuclei induced in onion (*Allium cepa*) by gamma-radiation. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 207, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.05.014>.
7. Bolsunovsky A.Y., Trofimova E.A., Zueva A.V. (2022) Effect of Gamma Radiation on Cytogenetic and Growth End-points of *Allium cepa* Seedlings in Long-Term Experiments. *Dokl. Biochem. Biophys*, vol.503, pp.85-89. <https://doi.org/10.1134/S1607672922020028>.
8. Bolsunovsky A.Ya., Trofimova E.A., Zueva A.V., Dementiev D.V. (2016) The first results of using the *Allium* test in estimating the chemical and radiation toxicity of bottom sediments in the Yenisei River. *Dokl. Biol. Sci.*, vol.469, pp.192-195. <https://doi.org/10.1134/S0012496616040128>
9. Bonciu E., Firbas P., Fontanetti C.S., Wusheng Ji., Karaismailoğlu M.C., Liu D., Menicucci F., Pesnya D.S., Popescu A., Romanovsky A.V., Schiff S., Ślusarczyk Jo., De Souza C.P., Srivastava A., Sutan A., Papini A. (2018) An evaluation for the standardization of the *Allium cepa* test as cytotoxicity and genotoxicity assay. *Caryologia*, vol. 71(3), pp.191-209, <https://doi.org/10.1080/00087114.2018.1503496>
10. Cherednichenko O., Nuraliev S., Berkinbaev G., Yakovleva N., Sadvakasov Ye, Pilugina A., Baigushikova G. (2021) Studying the mutagenic activity of drinking water and soil samples selected from Kentau and adjacent territories. *E3S Web of Conferences*, vol. 265. *Actual Problems of Ecology and Environmental Management (APEEM 2021)* Moscow, Russia, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126505001>
11. Fenech M., Kirsch-Volders M., Natarajan A.T., Surrallés J., Crott J.W., Parry J., Norppa H., Eastmond D.A., Tucker J.D., Thomas P. (2011) Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells. *Mutagenesis*, vol. 26, pp. 125-132.
12. Fiskesjo G. (1985) The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, vol. 102, pp. 99-112.
13. Ganzha H.D., Gudkov D.I., Ganzha D.D., Nazarov A.B. (2020) Accumulation and distribution of radionuclides in higher aquatic plants during the vegetation period. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 222, 106361, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106361>.
14. Geras'kin S., Oudalova A., Michalik B., Dikareva N., Dikarev V. (2011) Geno-toxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas, Poland by means of *Allium*-test. *Chemosphere*, vol.83, pp.1133-1146. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.01.008>.
15. Giri S., Giri A., Sharma G., Prasad S. (2002) Mutagenic effect of carbosulfan, a carbamate pesticide. *Mutation Research*, vol. 519(1-2), pp.75-82. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.09.041>
16. Hoshina M.M., Marin-Morales M.A. (2009) Micronucleus and chromosome aberrations induced in onion (*Allium cepa*) by a petroleum refinery effluent and by river water that receives this effluent. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol.72. pp.2090-2095. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.07.002>.
17. Kovalchuk O., Kovalchuk I., Arkhipov A., Telyuk P., Hohn B., Kovalchuk L. (1998) The *Allium cepa* chromosome aberration test reliably measures genotoxicity of soils of inhabited areas in the Ukraine contaminated by the Chernobyl accident. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol.415, is.1-2, pp.47-57. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(98\)00053-9](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(98)00053-9).
18. Kumar A., Kaur Sh., Chandel Sh., Singh H.P., Batish D.R., Kumar Kohli R. (2020) Comparative cyto- and genotoxicity of 900 MHz and 1800 MHz electromagnetic field radiations in root meristems of *Allium cepa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol.188, 109786, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109786>.
19. Leme M.D., Marin-Morales A. (2009) *Allium cepa* test environmental monitoring: A review on its application. *Mutation Research*, vol. 682(1), pp.71-81.
20. Levan A. (1949) The influence on chromosomes and mitosis of chemicals, as studied by the *Allium* test. *Hereditas*, vol. 35(1), pp.325-337.
21. Ludovici G.M., De Souza S.O., Chierici A., Cascone M.G., D'Errico F., Malizia A. (2020) Adaptation to ionizing radiation of higher plants: From environmental radioactivity to chernobyl disaster. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol.222, 106375, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106375>.
22. Ma T.H, Cabrera G.L., Owens E. (2005) Genotoxic agents detected by plant bioassays. *Reviews on Environmental Health*, vol. 20(1), pp.1-14.

23. Ma T.H. (1999) The international program on plant bioassays and the report of the follow-up study after the hands-on workshop in China. *Mutation Research*, vol. 426(2), pp.103-106.
24. Madas B.G., Drozdzik E.J. (2019) Computational modeling of low dose hyper-radiosensitivity and induced radioresistance applying the principle of minimum mutation load. *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 183(1-2), pp.147-150.
25. Moorhead P.S., Nowell P.C., Mellman W.J., Battips D.M., Hungerford D.A. (1960) Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood. *Experimental Cell Research*, vol. 20, pp. 613-616.
26. Palmieri M.J., Luber Ja., Fonseca Andrade-Vieira L., Chamma Davide L. (2014) Cytotoxic and phytotoxic effects of the main chemical components of spent pot-liner: A comparative approach. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol.763, pp.30-35. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.12.008>.
27. Pesnya D.S., Romanovsky A.V. (2013) Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particles and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol. 750, is. 1-2, pp.27-33. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.08.010>.
28. Rank J. (2003) The method of *Allium* anaphase-telophase chromosome aberration assay. *Ekologija*, vol.1, pp.38-42.
29. Rank J., Nielsen M.H. (1994) Evaluation of the *Allium* anaphase-telophase test in relation to genotoxicity screening of industrial wastewater. *Mutation Research*, vol. 312, pp.17-24.
30. Sabeen M., Mahmood Q., Ahmad Bhatti Z., Faridullah Irshad M., Bilal M., Hayat M.T., Irshad U., Ali Akbar T., Arslan M., Shahid N. (2020) *Allium cepa* assay based comparative study of selected vegetables and the chromosomal aberrations due to heavy metal accumulation. *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 27(5), pp.1368-1374. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.12.011>.
31. Saghirzadeh M., Gharaati M.R., Mohammadi Sh., Ghiassi-Nejad M. (2008) Evaluation of DNA damage in the root cells of *Allium cepa* seeds growing in soil of high background radiation areas of Ramsar – Iran. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 99, is.10, pp.1698-1702. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.03.013>.
32. Seth C.S., Misra V., Chauhan L.K.S., Singh R.R. (2008) Genotoxicity of cadmium on root meristem cells of *Allium cepa*: cytogenetic and Comet assay approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 71, is. 3, pp.711-716. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.003>.
33. Silveira G.L., Franco Lima M.G., Barreto dos Reis G., Palmieri M.Jo., Fonseca Andrade-Vieira L. (2017) Toxic effects of environmental pollutants: Comparative investigation using *Allium cepa* L. and *Lactuca sativa* L. *Chemosphere*, vol.178, pp. 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.048>.
34. Sinovec S.Yu., Pyatkova S.V., Koz' min, G.V. (2009) Eksperimentalnoye obosnovaniye ispolzovaniya *Allium* testa v radiologicheskoy monitoringe [Experimental substantiation of the use of the *Allium* test in radiological monitoring]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Radioenergetika [News of higher educational institutions. Radioenergy]*, vol.1, pp.32-38.
35. Suárez Fernández J.P. (2020) The downfall of the linear non-threshold model. *Rev. Esp. Med. Nucl. Imagen. Mol.* (Engl Ed).
36. Subodh Kumar D., Chakrabarty D., Kumar Verma A., Kumar Banerji B. (2011) Gamma ray induced chromosomal aberrations and enzyme related defense mechanism in *Allium cepa* L. *Caryologia*, vol. 64(4), pp.388-397. <https://doi.org/10.1080/00087114.2011.10589806>
37. Takatsuji T., Takayanagi H., Morishita K. et al. (2010) Induction of micronuclei in germinating onion seed root tip cells irradiated with high energy heavy ions. *J. Rad. Res.*, vol. 51(3), pp.315-323.
38. Tkalec M., Malarić K., Pavlica M., Pevalek-Kozlina B., Vidaković-Cifrek Ž. (2009) Effects of radiofrequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of *Allium cepa* L. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, vol.672, is.2, pp.76-81. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2008.09.022>.
39. Vaijapurkar S.G., Agarwal D., Chaudhuri S.K., Senwar K.R., Bhatnagar P.K. (2001) Gamma-irradiated onions as a biological indicator of radiation dose. *Radiation Measurements*, vol. 33, is.5, pp.833-836. [https://doi.org/10.1016/S1350-4487\(01\)00246-3](https://doi.org/10.1016/S1350-4487(01)00246-3).
40. Xavier M.N., Novaes J.A.T., Silva A.C.C., Silva Alves A.V., Santos M.J.B.A., De Moraes Pantaleão S., Scher R., D'Errico F., De Souza S.O. (2023) Cytogenetic effects of  $\beta$ -particles in *Allium cepa* cells used as a biological indicator for radiation damages. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 259-260, pp.107-109. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107109>.
41. Zhang W., Fujikawa K., Endo S., Ishikawa M., Ohtaki M., Ikeda H., Hoshi M. (2003) Energy-dependent RBE of neutrons to induce micronuclei in root-tip cells of *Allium cepa* onion irradiated as dry dormant seeds and seedlings. *J. Radiat. Res.*, vol.44(2), pp.171-177. <https://doi.org/10.1269/jrr.44.171>

#### Information about authors:

Cherednichenko Oksana Gennadiyevna (corresponding author) – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Genetic Monitoring of the Institute of Genetics and Physiology of the SC MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, email: [cherogen70@mail.ru](mailto:cherogen70@mail.ru)).

Nuraliev Serikbai Kenzhebaevich – PhD, senior researcher at the laboratory of genetic monitoring of the Institute of Genetics and Physiology of the SC MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, email: [nur-kenzhe@mail.ru](mailto:nur-kenzhe@mail.ru)).

Pilyugina Anastasia Leonidovna – senior researcher at the laboratory of genetic monitoring of the Institute of Genetics and Physiology of the SC MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, email: [labgenmon@mail.ru](mailto:labgenmon@mail.ru)).

Azizbekova Dinara Elmuradovna – junior researcher at the laboratory of genetic monitoring of the Institute of Genetics and Physiology of the SC MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, email: [azizbekovad@gmail.com](mailto:azizbekovad@gmail.com)).



**Сведения об авторах:**

*Чердниченко Оксана Геннадьевна (автор-корреспондент) – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией генетического мониторинга Института генетики и физиологии КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: cherogen70@mail.ru).*

*Нуралиев Серикбай Кенжебаевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории генетического мониторинга Института генетики и физиологии КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: nur-kenzhe@mail.ru).*

*Пилюгина Анастасия Леонидовна – старший научный сотрудник лаборатории генетического мониторинга Института генетики и физиологии КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: labgenmon@mail.ru).*

*Азизбекова Динара Эльмурадовна – младший научный сотрудник лаборатории генетического мониторинга Института генетики и физиологии КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: azizbekovad@gmail.com).*

Поступила 5 ноября 2023 года  
Повторно загружена 9 февраля 2024 года  
Принята 20 февраля 2024 года



4-бөлім  
**ЗООЛОГИЯ**

---

Section 4  
**ZOOLOGY**

---

Раздел 4  
**ЗООЛОГИЯ**

I.G. Frolov<sup>1</sup> , B.T. Berdikulov<sup>1,2\*</sup> 

<sup>1</sup>Republican state enterprise with the right of economic management “Institute of Zoology”  
of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan,  
Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: bertalbek@gmail.com

## RECENT AVIFAUNISTIC ANALYSIS IN THE FLOODPLAINS OF THE KARA YERTIS (BLACK IRTYSH) AND YERTIS RIVER IN THE PAVLODAR REGION

This research focuses on studying the avian populations in the floodplains of the Kara Yertis and Yertis River in the Pavlodar region, Kazakhstan. There are notable gaps in our understanding of the avifauna in these areas, highlighting the need for continued ornithological research. The primary goal is to address these limitations, with a focus on the Zaysan depression in the East Kazakhstan region and the Pavlodar region. Global climate change and anthropogenic impacts, such as hydroelectric power stations and reservoir construction, are identified as potential contributors to environmental changes in the region. One significant impact is the potential shift in the timing of spring nesting due to climate change, affecting different bird species in varying ways. To investigate these dynamics, field studies were conducted in May and June of 2023, covering seven sites along the Kara Yertis and Yertis River in the Pavlodar region. The study adhered to standardized protocols, taking into account the phenological aspects of bird life cycles. The density of bird species was estimated using route accounting on permanent inventory plots. The study identified a total of 127 bird species across 16 orders in the two model areas. This included species listed in the Red Book, highlighting the importance of conservation efforts. In the Irtys River of the Pavlodar region with a high humidity level, compared with the Kara Yertis, there were fewer anthropogenic impacts and more bird species (103 species). This study shows that, taking into account climate change and anthropogenic impacts, it is necessary to constantly monitor this region and develop conservation and adaptation strategies.

**Key words:** Birds, Avifauna, Biodiversity, Yertis River, Zaysan depression, Kara Yertis, Pavlodar region.

И.Г. Фролов<sup>1</sup>, Б.Т. Бердіқұлов<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігі Ғылым комитетінің  
«Зоология институты» Шаруашылық жүргізу құқығындағы Республикалық мемлекеттік кәсіпорны,  
Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: bertalbek@gmail.com

### Қара Ертіс пен Павлодар облысындағы Ертіс алқабының авифаунасын талдау

Бұл жұмыс Қара Ертіс пен Павлодар облысындағы Ертіс өзені құстарының популяциясын зерттеуге арналған. Бұл аймақтардағы құстар фаунасы туралы мәліметтер толық емес, сондықтан орнитологиялық зерттеулерді жалғастыру керек. Негізгі мақсат – Шығыс Қазақстан және Павлодар облыстарындағы Зайсан ойпатына назар аударатын авифаунасы туралы білімді толықтыру. Жаһандық климаттың өзгеруі, гидроэлектростанциялар мен су қоймаларының құрылысы сияқты антропогендік факторлар аймақтағы экологиялық өзгерістерге әсер ететін ықпалды факторлар саналады. Маңызды салдардың бірі – климаттық өзгерістерге байланысты әртүрлі құстардың көктемгі ұялау уақытының өзгеріп кетуі. 2023 жылдың мамыр және маусым айларында Қара Ертіс пен Павлодар өңірінің Ертіс өзені бойындағы жеті аймақты қамтитын далалық зерттеу жүргізілді. Зерттеу құстардың өмірлік циклінің фенологиялық ерекшелігін ескере отырып, стандарт әдістер бойынша жүргізілді. Құс түрлерінің тығыздығы тұрақты санақ аумағында маршруттық санақ жүргізу бойынша бағаланды. Зерттеу барысында екі модельдік аумақта 16 отрядқа жататын 127 құс түрі анықталды. Олардың арасында Қызыл кітапқа енгізілген түрлердің болуы – оларды сақтауға күш салудың маңызын көрсетеді. Білгал деңгейі жоғары Павлодар облысының Ертіс өзенінде Қара Ертіспен салыстырғанда, антропоген әсері



аздау және құс түрі көбірек (103 түр) кездесті. Бұл зерттеу климаттың өзгеруі мен антропогендік әсерді ескере отырып, аталған аймақты үнемі бақылап, табиғатты қорғау және бейімделу стратегияларын жасау керегін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** Құстар, Авифауна, Биоалуандық, Ертіс өзені, Зайсан ойпаты, Қара Ертіс, Павлодар облысы.

И.Г. Фролов<sup>1</sup>, Б.Т. Бердикулов<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Институт Зоологии Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: bertalbek@gmail.com

### Современный авифаунистический анализ в поймах Чёрного Иртыша и Павлодарского Прииртышья

Это исследование посвящено изучению популяций птиц в поймах Чёрного Иртыша и Павлодарского Прииртышья. Существуют значительные пробелы в нашем понимании фауны птиц в этих регионах, что подчеркивает необходимость продолжения орнитологических исследований. Основная цель – заполнить эти пробелы, уделяя внимание Зайсанской впадине в Восточно-Казахстанской и Павлодарской областях. Глобальное изменение климата и антропогенные воздействия, такие как строительство гидроэлектростанций и водохранилищ, определены как потенциальные факторы, влияющие на экологические изменения в регионе. Одним из существенных последствий является потенциальное изменение сроков весеннего гнездования из-за климатических изменений, которое в разной степени воздействует на разные виды птиц.

Для изучения этой динамики в мае и июне 2023 года были проведены полевые исследования, охватывающие семь участков вдоль Чёрного Иртыша и Павлодарского Прииртышья. Исследование проводилось по стандартизированным протоколам с учетом фенологических аспектов жизненного цикла птиц. Плотность видов птиц оценивалась с помощью маршрутного учета на постоянных учетных площадках.

В ходе исследования было выявлено общее количество 127 видов птиц из 16 отрядов на двух модельных территориях. Среди них были виды, внесенные в Красную книгу, что подчеркивает важность усилий по их сохранению. Павлодарского Прииртышья с более высоким уровнем влажности, по сравнению с Черным Иртышом, было меньше антропогенных воздействий и привлек более разнообразное сообщество птиц (103 вида). Это исследование показывает, что с учетом изменения климата и антропогенного воздействия необходимо постоянно наблюдать за указанным регионом и разрабатывать стратегии сохранения и адаптации.

**Ключевые слова:** Птицы, Орнитофауна, Биоразнообразие, Река Иртыш, Зайсанская котловина, Черный Иртыш, Павлодарская область.

## Introduction

The floodplains of the Kara Yertis (Black Irtysh) and Yertis (Irtysh) River in the Pavlodar region serve as crucial habitats for diverse avian species of Kazakhstan. The choice of this topic is substantiated by the fact that, despite prior research efforts, there are notable limitations in our understanding of the avian populations in these floodplains. Taking into account the discovered problems and insufficiently studied aspects of the avifauna's state, the continuation of ornithological research in the Zaysan depression of the East Kazakhstan region and in the Pavlodar region seems relevant and important for the development of strategies for the conservation and management of bird populations. Such strategies may include measures to protect and restore habitats, reduce human impacts, and improve the environmental situation.

Global climate change can significantly impact the populations of individual species [1]. Changing the timing of the beginning of spring may lead to a shift in the appearance of birds in the nesting territory and a change in the onset of nesting. In the case of a warm spring, certain bird species take advantage of more favorable conditions and begin breeding earlier than usual [2]. For some species, the early onset of spring is favorable for reproduction, but for others, it is not.

The change in the hydrological regime of the Yertis River, as a result of the construction of reservoirs in the recent past, has led to a process of change in the avifauna in the areas of the reservoirs. According to some studies, the avifauna of the Shulba Reservoir has been replenished with 7 new species of birds [3]. To understand qualitative and quantitative changes in avifauna parameters, monitoring of both individual species and bird populations as a whole is necessary.

Regular and long-term studies will provide a more complete understanding of the dynamics of changes in the avifauna associated with anthropogenic impacts and climate change, as well as assess the effectiveness of proposed measures for the conservation and management of bird populations [4]. The results of such studies will be useful for determining priorities in nature conservation and developing adaptive strategies for conserving biodiversity in a changing environment.

Research Question: How have the avifaunal species compositions in the floodplains of the Kara Yertis and Yertis River changed over the past decades, particularly with regard to Red Book-listed species.

Hypothesis: The avifaunal diversity in the Kara Yertis and Yertis River floodplains has significantly decreased over the past decades, with particular declines in Red Book-listed species, primarily due to anthropogenic changes such as construction of hydroelectric power stations and reservoirs, and global climate change impacts.

## Materials and Methods

The study area was presented with two distinct model sites: the Kara Yertis and the Yertis River in the Pavlodar region. A total of seven specific locations within the study area were chosen for further investigation. The choice of the seven areas within the study region was strategic, ensuring a representative and diverse sample for detailed examination.

Field studies were executed, spanning from May 23 to 25, 2023, for the Kara Yertis model site, and from May 28 to June 1, 2023, for the Yertis River in the Pavlodar region model site. Each site underwent three-morning route surveys, complemented by evening surveys conducted on selected sites. The chosen timeframe for expeditionary studies, falling within May and June, aligns with key seasonal aspects of avian behavior, migration patterns, and breeding activities. This enhances the study's relevance and provides an understanding of the avian dynamics in the selected model sites. The detailed information is presented in Table 1.

To maintain methodological consistency, the morning route surveys adhered to standardized protocols, covering each site. Evening censuses were applied to capture potential variations in avian activity during different times of the day. All field activities adhered to the predetermined calendar plan and considered phenological aspects of bird life cycles.

The method used for estimating bird species density involved route accounting on permanent inventory plots without restriction on transect width, following the Hayne principle [5], and with detection distance groups [6]. For birds observed flying, adjustments were made based on their average movement speed [7]. The sizes of the inventory plots range from 1.5 km<sup>2</sup> to 6.0 km<sup>2</sup>, with shapes being rectangular or close to rectangular. Inside each plot, a curvilinear route with constant geometry is laid out [8]. The length of one route is 5 km. Bird species identification was carried out according to the guide-determinant by V.K. Ryabtsev [9].

**Table 1** – Dates and locations of route bird counts in the floodplain of the Yertis River on the territory of model areas, May – June 2023

Model Area*	Site	Route Number	Survey Date	Local Time	Coordinates	
					Latitude (N)	Longitude E
1	1	1.1	25.05.2023	5:10	47,9816	85,3041
		1.2	25.05.2023	5:10	47,9816	85,3041
		1.3	25.05.2023	5:10	47,9717	85,3149
		1.4	22.05.2023	17:05	47,9717	85,3149
	2	2.1	23.05.2023	5:00	47,9806	85,1748
		2.2	23.05.2023	5:00	47,9806	85,1748
		2.3	23.05.2023	5:00	47,9809	85,1671
		2.4	24.05.2023	17:50	47,9809	85,1671
	3	3.1	24.05.2023	5:20	47,9059	84,8883
		3.2	24.05.2023	5:20	47,9059	84,8883
		3.3	24.05.2023	5:20	47,9069	84,8899
		3.4	23.05.2023	17:35	47,9069	84,8899

Table continuation

Model Area*	Site	Route Number	Survey Date	Local Time	Coordinates	
					Latitude (N)	Longitude E
2	4	4.1	28.05.2023	5:25	50,8380	78,4375
		4.2	28.05.2023	5:25	50,8380	78,4375
		4.3	28.05.2023	5:25	50,8386	78,4389
		4.4	27.05.2023	17:20	50,8386	78,4389
	5	5.1	29.05.2023	5:15	51,2988	77,9489
		5.2	29.05.2023	5:15	51,2988	77,9489
		5.3	29.05.2023	5:15	51,2982	77,9532
		5.4	28.05.2023	17:10	51,2982	77,9532
	6	6.1	01.06.2023	5:15	52,5055	76,7490
		6.2	01.06.2023	5:15	52,5055	76,7490
		6.3	01.06.2023	5:15	52,5047	76,7384
	7	7.1	31.05.2023	5:15	53,5173	75,2049
		7.2	31.05.2023	5:15	53,5173	75,2049
		7.3	31.05.2023	5:15	53,5166	75,2026
		7.4	30.05.2023	16:00	53,5166	75,2026

\*Note – 1 – Kara Yertis; 2 – Yertis River in Pavlodar region; the table provides coordinates of the centroids of route surveys with a reference length of 2.5–5.0 km.

## Literature review

The East Kazakhstan and Pavlodar regions are among the regions of Kazakhstan characterized by rich species diversity of birds [10, 11]. This diversity is attributed to the variety of landscapes, climatic conditions, and ecosystems [12]. The wetlands of the Zaysan depression and the floodplain of the Yertis River provide a convenient habitat for nesting birds and serve as convenient stopping places for migrants during the migration period [13, 14, 15].

According to literary sources, the Zaysan depression hosts 176 bird species that nest in the area. Additionally, there is information about 22 bird species for which the confirmation of nesting is required. In the Kara Yertis floodplain, there are 122 species with confirmed permanent nesting and 15 species for which the nesting status is yet to be precisely established [16]. The Pavlodar region is reported to be home to 253 bird species throughout the year [17]. However, the nature of their presence is not clear for all species. For the territory of the Pavlodar region, the number of nesting species is not known for certain. In subsequent years, data were published only on certain species.

One of the primary anthropogenic factors influencing the species composition and size of bird populations in the study area is the exploitation

of the Yertis River's water resources through the construction of hydroelectric power stations and reservoirs. The construction of the Bukhturma hydroelectric power station dam led to a sharp rise in the water level on Lake Zaysan and the Kara Yertis delta, impacting colonial and semi-aquatic bird species. Consequently, this led to a decrease in their species diversity—in meadows, it decreased from 58 to 26 species, and in reed areas, it decreased from 35 to 26 species [18].

By the end of the 1970s, the delta of the Kara Yertis had formed within the currently existing boundaries. However, annual fluctuations in water levels caused by backwater and the release of water at the Bukhturma hydroelectric station led to the destabilization of the ecological situation along the entire coast of the reservoir. This phenomenon caused the death of waterfowl and semi-aquatic bird clutches, and a delay or even cessation of their nesting [19].

The flooding of the Yertis River valley after the creation of the Shulbinsky reservoir resulted in a reduction in the area of the floodplain with poplar-willow groves, wooded islands, and mixed-grass meadows. However, it increased the reed-cattail thickets with willow and poplar groves. Changes in the water regime of the Yertis River and adjacent water bodies brought alterations to the

ornithocomplex composition, making the territory more attractive for nesting shorebirds [20].

The shallowing of the Yertis River bed in the second decade of the 21st century led to a deterioration in the habitat conditions of birds in the floodplain area between Oskemen and the Shulbinsk reservoirs [21]. Increased exploitation of the coastal zone, associated with the development of residential and non-residential buildings, construction of recreational facilities, grazing of livestock, and active use of the river water area by small vessels, increases the level of disturbance among nesting birds. An additional factor reducing the water level in the Yertis River is an increase in water intake upstream of the river [22].

The processes of aridization, gaining relevance since the end of the 20th century, together with global climate change and the level of climate continentality, lead to changes in the phenological timing of bird migrations [23]. For several birds, trends in the timing of spring arrival and the beginning of breeding have been described [24]. For certain semi-aquatic bird species, the inability of the

species to adapt to the changing timing of the spring season is indicated as the reason for the decline in numbers [25].

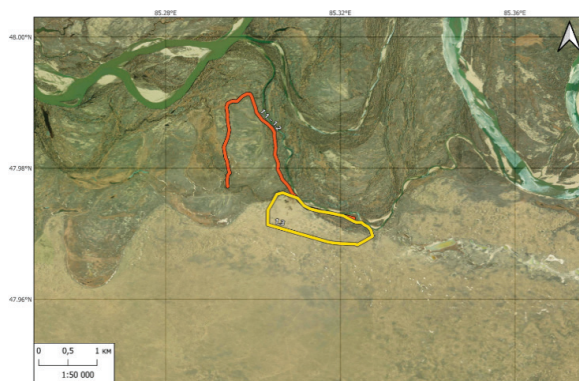
In anthropogenic landscapes, significant changes in the species composition of birds are often associated with significant changes in the biotope. For example, in the city of Pavlodar over the past five decades, its green zone adjacent to the Yertis River has shrunk by five times. Of the 38 bird species that previously lived in this area, only 7 remain today [26].

## Results and Discussion

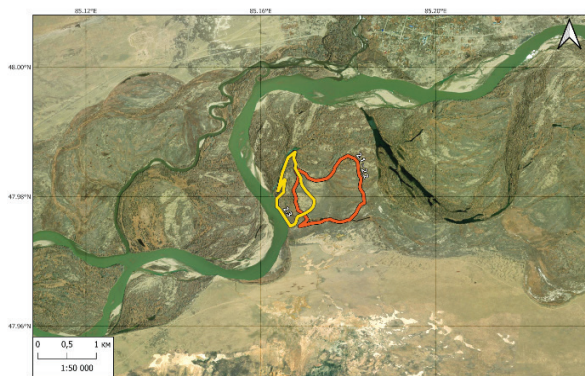
### *Sites and Routes*

Favorable weather conditions were exploited for supplementary bird counts, resulting in a total of 27 route surveys, exceeding the initially planned 14. The morning route surveys covered an average distance of 5.15 kilometers, with an average duration of 3 hours and 32 minutes.

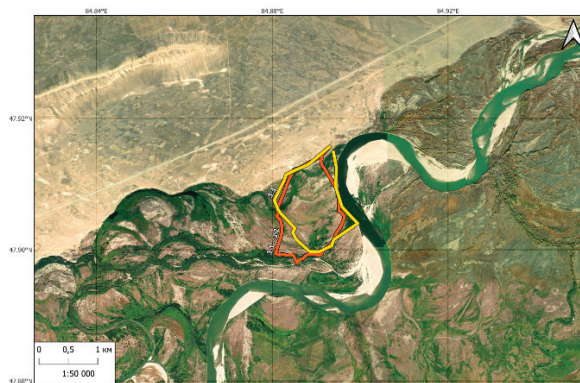
Below are maps of sites, routes 1 and 2 in each profile are indicated in orange, route 3 is in yellow.



Site 1



Site 2



Site 3

**Figure 1** – Bird survey routes on Sites of the first Model Area



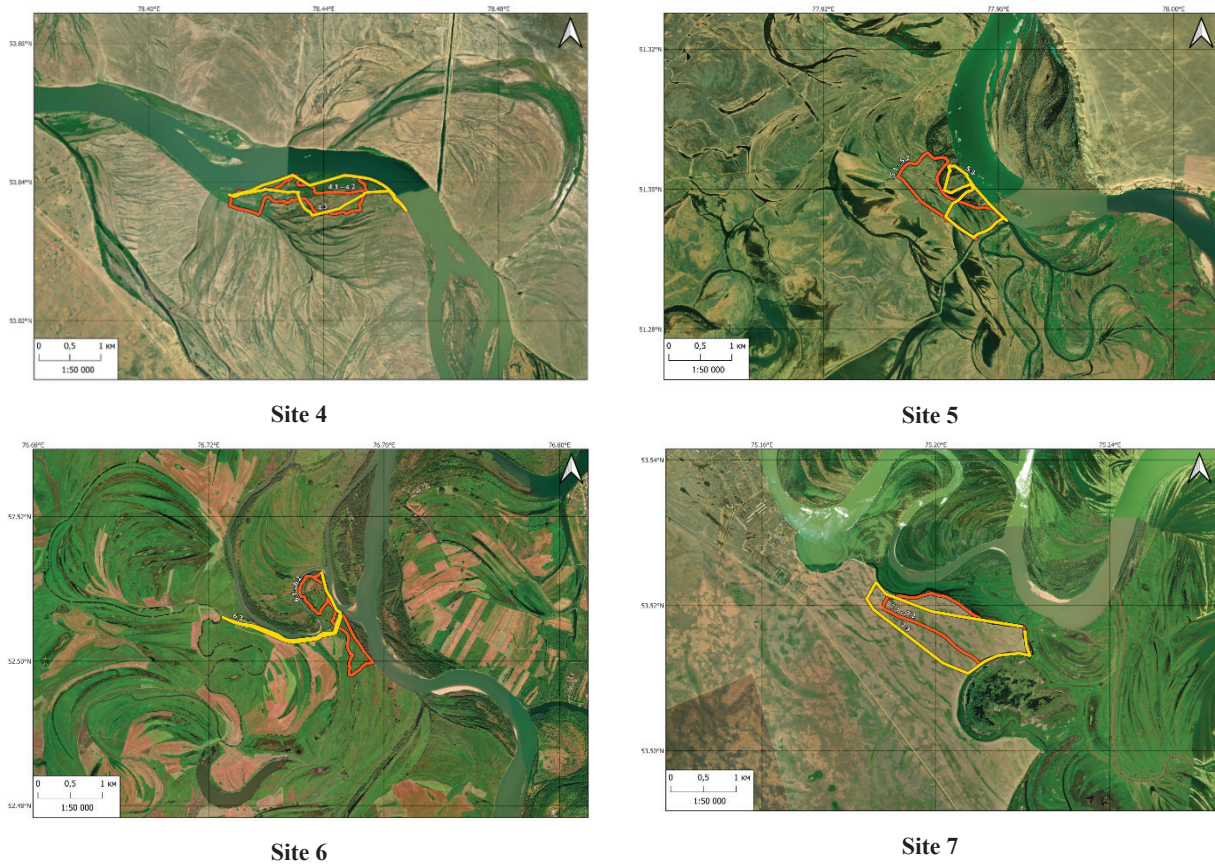
The Figure 2 shows the routes of bird counts on the sites of the Yertis River of the Pavlodar region. Orange indicates routes 1 and 2 in each site, yellow indicates route 3.

*Avifauna of Yertis River*

Based on the outcomes of field studies conducted in the two model areas, the habitats of a total of 127 bird species were identified, as detailed in Table 2. These species span 16 different orders. Specifically, within the floodplain of the

Kara Yertis, observations revealed the presence of 74 bird species representing 11 distinct orders. Individual profile analyses further specified the habitat range for each profile, ranging from 39 to 52 bird species.

In the Yertis River in Pavlodar region, a diverse avian community was documented, encompassing 103 bird species across 15 orders. Individual profile assessments provided a more granular understanding, identifying habitat preferences for each profile with species counts ranging from 44 to 64.



**Figure 2** – Bird survey routes on Sites of the second Model Area (Yertis River in Pavlodar region), May – June 2023

**Table 2** – The avifauna species richness in the model areas of the Yertis River Basin during May-June 2023

Order name		Number of Species		Total Species
		Kara Yertis	Yertis River in Pavlodar region	
<i>Podicipediformes</i>	Grebes	–	4	4
<i>Pelecaniformes</i>	Pelicans	–	1	1
<i>Ciconiiformes</i>	Storks	–	2	2
<i>Anseriformes</i>	Waterfowl	6	12	12
<i>Falconiformes</i>	Birds of Prey	7	6	9

Table continuation

Order name		Number of Species		Total Species
		Kara Yertis	Yertis River in Pavlodar region	
<i>Galliformes</i>	Fowl-like birds	1	1	2
<i>Gruiformes</i>	Cranes	1	3	4
<i>Charadriiformes</i>	Shorebirds	8	13	14
<i>Pterocletiformes</i>	Sandgrouse	–	1	1
<i>Columbiformes</i>	Pigeons and doves	3	2	4
<i>Cuculiformes</i>	Cuckoos	–	1	1
<i>Strigiformes</i>	Owls	1	–	1
<i>Apodiformes</i>	Swifts	1	1	1
<i>Coraciiformes</i>	Kingfishers	2	1	2
<i>Piciformes</i>	Woodpeckers	1	2	2
<i>Passeriformes</i>	Passerines	43	53	67
Total:		74	103	127

We identified six Red Book listed bird species, constituting 4.7% of the total bird count [27]. These species include the Whooper swan (*Cygnus cygnus*) recorded in 6 out of 7 sites, White-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) appearing in sites 1, 3 and 6, Peregrine falcon (*Falco peregrinus*) observed in site 2, Common crane (*Grus grus*) noted in the 7th site, Demoiselle crane (*Grus virgo*) documented in the 2nd site, and Pallas's sandgrouse (*Syrhaptus paradoxus*) identified in the 7th site.

Game birds, as defined by the approved rules [28], constitute a total of 19 species, representing 15.0% of the overall bird species list. These include the following species: Ruddy shelduck (*Tadorna ferruginea*), Common shelduck (*Tadorna tadorna*), Mallard (*Anas platyrhynchos*), Gadwall (*Mareca strepera*), Eurasian wigeon (*Mareca penelope*), Northern pintail (*Anas acuta*), Garganey (*Spatula querquedula*), Northern shoveler (*Spatula clypeata*), Common goldeneye (*Bucephala clangula*), Smew (*Mergellus albellus*), Common quail (*Coturnix coturnix*), Pheasant (*Phasianus colchicus*), Northern lapwing (*Vanellus vanellus*), Ruff (*Philomachus pugnax*), Common snipe (*Gallinago gallinago*), Woodpigeon (*Columba palumbus*), Rock pigeon (*Columba livia*), Turtle dove (*Streptopelia turtur*), and Oriental dove (*Streptopelia orientalis*) (see Appendix, Figure 3).

To deepen the examination of avifauna, an analysis was conducted using data retrieved from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) database [28], encompassing bird observations

spanning the period from 2010 to 2022. It is noteworthy that the dataset for the territory of the Republic of Kazakhstan is conspicuously less extensive within the GBIF compared to observations from neighboring countries.

#### *Birds of Kara Yertis*

During the fieldwork conducted in the Kara Yertis region, a total of 74 bird species were discovered. The most numerous species encountered in the Kara Yertis region include the Hume's leaf warbler (*Phylloscopus humei*), Common nightingale (*Luscinia megarhynchos*), Azure tit (*Cyanistes cyanus*), Great tit (*Parus major*), and Chaffinch (*Fringilla coelebs*). These species inhabit riparian thickets and nest both in woody vegetation and in steppe and desert landscapes, actively utilizing the water resources of the river. Red Book species include the White-tailed eagle, Peregrine falcon, Demoiselle crane. In the GBIF database, the bird species listed above are listed for adjacent territories, but are not observed directly in the Kara Yertis floodplain.

#### *Birds of Pavlodar region's Yertis*

According to GBIF, there are records of 119 bird species in this area. The potential emergence of 100 additional species is conceivable. However, due to the absence of observations, the exact count of breeding bird species cannot be ascertained. Notably, 47% of the total identified breeding species were discovered in 2023, and 87% from the entire potential breeding species list.

The most numerous bird species in the Pavlodar region's Yertis include the Skylark (*Alauda arvensis*), Tree pipit (*Anthus trivialis*), Golden Oriole (*Oriolus oriolus*), Booted warbler (*Iduna caligata*), Common whitethroat (*Curruca communis*), Greenish warbler (*Phylloscopus trochiloides*), Common rosefinch (*Carpodacus erythrinus*).

Compared to the Kara Yertis, the higher moisture levels in the Pavlodar region's Yertis attract a greater variety of steppe bird species. The presence of thickets also facilitates the breeding of woody and shrub species.

Among the rare species, it is noteworthy to highlight the Yellow-breasted Bunting the global abundance of which has significantly declined in recent years [29]. The reasons for the decline in the species' numbers remain poorly understood. However, we have identified a relatively high density of these species (10–53 individuals/km<sup>2</sup>) in this region.

As a result of our work, we calculated the population density indicators for each species, which are presented in Table 3.

**Table 3** – Population density of bird species (individuals/km<sup>2</sup>) in the model areas of the Yertis River basin, May – June 2023

Species	Areas						
	Kara Yertis			Pavlodar region's Yertis			
	1	2	3	4	5	6	7
Order Podicepediformes							
<i>Tachybaptus ruficollis</i> (Pallas, 1764)	0	0	0	0	0	0,21	0
<i>Podiceps nigricollis</i> C.L. Brehm, 1831	0	0	0	0	0	0,82	0
<i>Podiceps auritus</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0,21	0
<i>Podiceps cristatus</i> (L., 1758)	0	0	0	0	0	0	0,46
Order Suliformes							
<i>Phalacrocorax carbo</i> (L., 1758)	0	0	0	1,08	0	0	0,03
Order Ciconiiformes							
<i>Botaurus stellaris</i> (L., 1758)	0	0	0	0	0	0,42	0,38
<i>Ardea cinerea</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0	0,01
Order Anseriformes							
<i>Cygnus cygnus</i> L., 1758 <sup>II</sup>	0	0	0	0	0	0,14	0,28
<i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas, 1764) <sup>I</sup>	0,66	0,27	3,15	0	0,03	0	0
<i>Tadorna tadorna</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0	0	0,02	0
<i>Anas platyrhynchos</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0,06	0,71	0,11	4,99	1,67	0,03	5,54
<i>Anas strepera</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0,02	0	2,63	8,81	4,86	1,19
<i>Anas penelope</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0,10	0	0	0
<i>Anas acuta</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0,11	0	0	0
<i>Anas querquedula</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	1,04	6,11	1,30	2,83	2,08
<i>Anas clypeata</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0,08	0,04	1,66	3,44	5,01	0	0
<i>Aythya ferina</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0	0	0,35	0
<i>Bucephala clangula</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0,23	0	0,17	0	0,61	0,21	0
<i>Mergus albellus</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0	0	0,49	3,58
Order Falconiformes							
<i>Milvus migrans</i> Boddaert, 1783	2,17	0,71	1,12	0,46	0,68	0,01	0,05
<i>Circus cyaneus</i> L., 1766	0	0	0,64	0	0	0	0
<i>Circus aeruginosus</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0	0,02
<i>Accipiter nisus</i> L., 1758	0	0	0	0,37	0	0	0
<i>Buteo buteo</i> L., 1758	0,05	0	0	0	0	0	0

Table continuation

Species	Areas						
	Kara Yertis			Pavlodar region's Yertis			
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Haliaeetus albicilla</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0,60	0,01	0,53	0	0	0,14	0
<i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771 <sup>I</sup>	0	0,02	0	0	0	0	0
<i>Falco subbuteo</i> L., 1758	0,20	0,72	0,84	0,77	0,02	0,88	0,05
<i>Falco tinnunculus</i> L., 1758	0,57	0,03	0,51	0,01	0,01	0	0
Order Galliformes							
<i>Coturnix coturnix</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0,39	3,92	1,88	7,93
<i>Phasianus colchicus</i> L., 1758 <sup>I</sup>	1,50	4,56	0,41	0	0	0	0
Order Gruiformes							
<i>Grus grus</i> L., 1758 <sup>III</sup>	0	0	0	0	0	0	0,01
<i>Anthropoides virgo</i> L., 1758 <sup>VI</sup>	0	0,01	0	0	0	0	0
<i>Porzana porzana</i> L., 1766	0	0	0	0	0	0,14	0
<i>Crex crex</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0,35	0
Order Charadriiformes							
<i>Charadrius dubius</i> Scopoli, 1786	0,56	0,28	0	0	0,62	0	0
<i>Vanellus vanellus</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0,02	0,01	0	0	0,18	0,05
<i>Himantopus himantopus</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0,07	0
<i>Haematopus ostralegus</i> L., 1758	0,05	0	0	0	0,02	0,56	0
<i>Actitis hypoleucos</i> L., 1758	0,03	0	0	0	0	0	0
<i>Philomachus pugnax</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0	0	0	0,13
<i>Gallinago gallinago</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0	0	1,12	1,90
<i>Larus minutus</i> Pallas, 1776	0	0	0	0	0	0	0,01
<i>Larus ridibundus</i> L., 1766	0,04	1,56	0	0,03	0,03	0,44	0,07
<i>Larus heuglini</i> Bree, 1876	0	0	0	0,02	0	0,01	0,17
<i>Larus cachinnans</i> Pallas, 1811	0	0,01	0	0,02	0,01	0,68	0,01
<i>Chlidonias leucopterus</i> Temminck, 1815	0,02	1,04	0,02	0	0	0,87	0,44
<i>Sterna hirundo</i> L., 1758	0,05	0,05	0,04	0,08	0,03	0,93	0,04
<i>Sterna albifrons</i> Pallas, 1764	0	0	0	0	0,01	0	0
Order Pterocletiformes							
<i>Syrrhaptes paradoxus</i> Pallas, 1773 <sup>IV</sup>	0	0	0	0	0	0	0,09
Order Columbiformes							
<i>Columba palumbus</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0	0	0	0	0	0,15
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789 <sup>I</sup>	0	0	0,15	0	0	0	0
<i>Streptopelia turtur</i> L., 1758 <sup>I</sup>	0	0,03	0	0	0	0	0
<i>Streptopelia orientalis</i> Latham, 1790 <sup>I</sup>	0,04	2,02	0,11	0,12	0,58	0,05	0
Order Cuculiformes							
<i>Cuculus canorus</i> L., 1758	0	0	0	2,56	4,53	1,72	3,65
Order Strigiformes							
<i>Otus scops</i> L., 1758	0	0,68	0	0	0	0	0
Order Apodiformes							
<i>Apus apus</i> L., 1758	0	0	0,01	0,48	0	0	0



Table continuation

Species	Areas						
	Kara Yertis			Pavlodar region's Yertis			
	1	2	3	4	5	6	7
Order Coraciiformes							
<i>Alcedo atthis</i> L., 1758	0	0,23	2,67	0	0	0	0
<i>Merops apiaster</i> L., 1758	0	0,01	0,05	0	0	0	0,02
Order Piciformes							
<i>Junx torquilla</i> L., 1758	0	0	0	0	0,52	0	0
<i>Dryocopus martius</i> L., 1758	0	4,33	0,66	0	0	0,21	0,19
Order Passeriformes							
<i>Riparia riparia</i> L., 1758	0	0	0,15	0	8,03	2,08	0
<i>Hirundo rustica</i> L., 1758	5,63	0	0,78	9,08	0,11	0,02	0
<i>Melanocorypha yeltoniensis</i> J.R. Forster, 1768	0	0	0	0	0	0	0,19
<i>Alauda arvensis</i> L., 1758	2,26	1,51	0,50	5,46	17,40	10,86	3,27
<i>Anthus campestris</i> L., 1758	2,31	0,72	2,46	0	1,24	0	0
<i>Anthus trivialis</i> L., 1758	0	0	0	9	9,66	5,12	17,31
<i>Motacilla flava</i> L., 1758	0	0	0	0,37	0	0,42	13,72
<i>Motacilla citreola</i> Pallas, 1776	0	0	0	0	0	0	1,09
<i>Motacilla alba</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0	2,37
<i>Motacilla personata</i> Gould, 1861	0	0	1,25	0	0	0	0
<i>Lanius cristatus</i> L., 1758	0	1,04	0	0	0	0	0
<i>Lanius collurio</i> L., 1758	0	1,04	0	0	0	0,04	0
<i>Lanius minor</i> Gmelin, 1788	0	2,08	0	0	0	0	0
<i>Oriolus oriolus</i> L., 1758	1,88	7,36	3,43	2,58	4,98	6,9	1,55
<i>Sturnus vulgaris</i> L., 1758	0	1,61	0,41	0	0	0	0,03
<i>Sturnus roseus</i> L., 1758	0	0,04	1,54	0	0	0	0
<i>Acridotheres tristis</i> L., 1766	0	0	1,25	0	0	0	0
<i>Pica pica</i> L., 1758	0,23	4,28	0,02	0	0,31	0,14	0,02
<i>Corvus monedula</i> L., 1758	0	0	3,09	0,01	0	0	0
<i>Corvus frugilegus</i> L., 1758	0	0,05	0,03	0	0	0	0,5
<i>Corvus corone</i> L., 1758	0,60	10,32	11,99	0,38	0,37	0,07	6,69
<i>Corvus cornix</i> L., 1758	0	0	0	1,12	0,03	1,20	1,51
<i>Cettia cetti</i> Temminck, 1820	0	0	0	4,31	0	0,68	0
<i>Locustella certhiola</i> Pallas, 1811	0	0	0	0	1,85	0	0
<i>Locustella naevia</i> Boddaert, 1783	5	12,5	0	6,76	9,03	5,63	8,16
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i> L., 1758	0	0	0	0	2,99	2,09	10,08
<i>Acrocephalus dumetorum</i> Blyth, 1849	12,31	14,73	4,64	2,50	15,60	0	0
<i>Acrocephalus palustris</i> Bechstein, 1798	0	0	0	4,35	2,99	0,70	13,54
<i>Acrocephalus scirpaceus</i> Hermann, 1804	0	0	0	1,45	0	0	0
<i>Acrocephalus arundinaceus</i> L., 1758	0	0	0	0	0	5,15	0
<i>Hippolais icterina</i> Vieillot, 1817	0	0	0	5,88	0	0	10,40
<i>Hippolais caligata</i> Lichtenstein, 1823	0	0	0	66,36	47,33	16,57	0,46
<i>Sylvia atricapilla</i> L., 1758	0	1,04	0	3,27	5,30	0	12,31

Table continuation

Species	Areas						
	Kara Yertis			Pavlodar region's Yertis			
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Sylvia communis</i> Latham, 1787	5,20	2,85	0,02	40,98	58,83	26,94	4,40
<i>Sylvia curruca</i> L., 1758	0	0	0	7,41	16,13	14,21	1,42
<i>Phylloscopus collybita</i> Vieillot, 1817	0	0	0	3,51	0	16,17	0
<i>Phylloscopus trochiloides</i> Sund., 1837	5	5,40	0	19,39	52,14	0	2,94
<i>Phylloscopus humei</i> Brooks, 1878	21,75	14,51	7,37	7,60	0,02	0	2,51
<i>Muscicapa striata</i> Pallas, 1764	2,33	0	0	0	0	0	0
<i>Saxicola torquata</i> L., 1766	0	0	0	0	0	0	11,03
<i>Monticola solitarius</i> L., 1758	0	0	0,15	0	0	0	0
<i>Phoenicurus phoenicurus</i> L., 1758	0	0,32	0	1,82	0,60	0	0
<i>Luscinia megarhynchos</i> C.L. Brehm, 1831	16,89	6,10	16,51	0	0	0	0
<i>Luscinia luscinia</i> L., 1758	0	0	0	1,53	0	0	0
<i>Luscinia svecica</i> L., 1758	0	4,15	0	1,82	14,4	4,05	4,66
<i>Turdus pilaris</i> L., 1758	0,02	0	0	1,84	3,35	9,32	5,83
<i>Turdus merula</i> L., 1758	0	0	0,99	0	0	1,37	0,71
<i>Turdus iliacus</i> L., 1766	0,15	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus philomelos</i> C.L. Brehm, 1831	0,65	0	1,92	1,45	0	0	0
<i>Remiz pendulinus</i> L., 1758	4,30	0	0	0	0	0	0,42
<i>Remiz coronatus</i> Severtzov, 1873	3,66	1,28	0	0	0	0	0
<i>Parus caeruleus</i> L., 1758	0	1,04	2,95	0	0	0	0
<i>Parus cyanus</i> Pallas, 1770	10,51	24,23	5,07	1,25	0	0	0
<i>Parus major</i> L., 1758	40,21	41,38	20,90	0,80	0,62	0,68	0
<i>Sitta europaea</i> L., 1758	0	0,68	0,99	0	0	0	0
<i>Passer domesticus</i> L., 1758	0	0	0,05	0	0	5,39	0,84
<i>Passer montanus</i> L., 1758	0	0	5,89	0	0	0	0
<i>Fringilla coelebs</i> L., 1758	39,18	41,11	13,21	1,15	19,59	18,19	9,17
<i>Carduelis carduelis</i> L., 1758	0	0	0	1,25	0	0	0
<i>Carduelis caniceps</i> Vigors, 1831	1,16	3,94	0	0	0	0	0
<i>Acanthis cannabina</i> L., 1758	0	5,7	1	1,45	2,99	0	0
<i>Carpodacus erythrinus</i> Pallas, 1770	0	5,69	0	35,19	34,71	6,57	4,89
<i>Uragus sibiricus</i> Pallas, 1773	0	0	0	0	0	5,39	0,84
<i>Emberiza citrinella</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0	1,92
<i>Emberiza schoeniclus</i> L., 1758	0	0	0	0,73	0	0	0,98
<i>Emberiza aureola</i> Pallas, 1773	0	0	0	0	2,46	23,57	21,06
<i>Emberiza hortulana</i> L., 1758	0	0	0	1,09	0	0	1,01
Total	39	52	48	53	47	58	63

Note\* – Roman numerals indicate status categories of bird species according to the Red Book of the Republic of Kazakhstan: I – endangered or possibly already extinct, II – catastrophically declining, III – rare, found in small numbers, IV – uncertain (insufficiently studied) [Red Book, 2010]; 1 – hunting and commercial bird species [28].

During field studies of the avifauna of the Kara Yertis floodplain in 2023, 74 species of birds were identified, which is 54.0% of the total list of 137 species presented in the work of Berezovikov [16] for this area. In contrast to the 2004 data, the 2023 observations revealed the inability to detect several Red Book species, including the Great white pelican (*Pelecanus onocrotalus*), Dalmatian pelican (*Pelecanus crispus*), Eurasian spoonbill (*Platalea leucorodia*), Black stork (*Ciconia nigra*), Swan goose (*Anser cygnoides*), White-headed duck (*Oxyura leucocephala*), Osprey (*Pandion haliaetus*), Booted eagle (*Hieraetus pennatus*), Great bustard (*Otis tarda*), Yellow-eyed pigeon (*Columba eversmanni*), and Eurasian eagle-owl (*Bubo bubo*).

It is significant to highlight species with uncertain nesting status in 2004 Berezovikov, but confirmed in 2023, such as the Common buzzard (*Buteo buteo*), Pheasant, Eurasian scops owl (*Otus scops*), Blyth's reed warbler (*Acrocephalus dumetorum*), and Fieldfare (*Turdus pilaris*). The verification of their presence allows for a definitive identification of their habitat within the floodplain of the Kara Yertis.

Of the six bird species previously recorded Berezovikov in Kara Yertis (Peregrine falcon, Pallas's fish eagle, White-headed duck, Whiskered tern, Merlin, Crested lark), we found only the Peregrine falcon.

In 2023, we discovered 25 species in Kara Yertis, which are not previously recorded by Berezovikov in 2004. These include the Hen harrier (*Circus cyaneus*), Peregrine falcon, Rock pigeon, Collared Dove (*Streptopelia decaocto*), Black Swift (*Apus apus*), Brown shrike (*Lanius cristatus*), Rosy Starling (*Pastor roseus*), Common Myna (*Acridotheres tristis*), Grasshopper Warbler (*Locustella naevia*), Blackcap (*Sylvia atricapilla*), Greenish Warbler, Hume's leaf warbler, Spotted flycatcher (*Muscicapa striata*), Blue rock thrush (*Monticola solitarius*), Common redstart (*Phoenicurus phoenicurus*), Blackbird (*Turdus merula*), Redwing (*Turdus iliacus*), Song thrush (*Turdus philomelos*), Blue tit (*Cyanistes caeruleus*), Eurasian Nuthatch (*Sitta europaea*), Chaffinch (*Fringilla coelebs*), Common linnet (*Linaria cannabina*), Common rosefinch (see Figure 5).

The relatively high population density of the Yellow-breasted bunting (*Emberiza aureola*) indicating successful reproduction within the Yertis River in the Pavlodar region in 2023 calls for attention to the imperative of habitat protection for this rare species, since this species has significantly decreased trends in neighboring region and this area

if Yertis River may be an important reproduction site for this bird [24].

## Conclusion

In summarizing our comprehensive study on the avifauna of the Yertis basin, we observed considerable shifts in species compositions over the past decades. Our survey documented a total of 127 bird species, a testament to the region's rich ecological diversity. Notably, 6 of these species are listed under the Red Book, highlighting their conservation significance. In the Kara Yertis region, we recorded 74 bird species, of which 25 were documented for the first time. This reflects a dynamic change in avifaunal diversity, possibly influenced by environmental factors and human activities.

The hypothesis positing a decline in avifaunal diversity, particularly among Red Book-listed species, is partially supported. While we observed a decrease in some Red Book species, the overall avifaunal diversity has not diminished significantly. The decline in certain Red Book species aligns with our hypothesis, indicating the adverse impacts of anthropogenic changes such as the construction of hydroelectric power stations, reservoirs, and global climate change. This observation is particularly evident in the Kara Yertis region, where habitat modifications have likely contributed to these shifts.

Conversely, the Pavlodar region's Yertis, with its lower human disturbance and varied biotopes, exhibited a more diverse avifaunal community, including 103 bird species. This underlines the critical role of habitat preservation in maintaining avian biodiversity.

Our findings underscore the importance of ongoing monitoring and research to understand the evolving dynamics of these ecosystems. The observed changes call for a reevaluation and strengthening of conservation strategies, particularly for the Red Book-listed species, to mitigate the impacts of anthropogenic and environmental changes. This study contributes insights for the sustainable management and conservation of avian populations in the Yertis basin, highlighting the need for adaptive strategies in the face of changing environmental conditions.

## Acknowledgments

*This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, the Scientific Program "Assessment of biological resources of the Kazakh part of the transboundary Irtysh basin in the context of climate change (BR18574062).*

## References

1. Trautmann, S. Climate change impacts on bird species. *Bird Species: How They Arise, Modify and Vanish*, 217–234 p. 2018.
2. Morrison, C. A., Alves, J. A., Gunnarsson, T. G., Morisson, B., & Gill, J. A. Why do earlier-arriving migratory birds have better breeding success? *Ecology and Evolution*, 9 (15), 8856–8864 p. 2019.
3. Фельдман, А. С., & Березовиков, Н. Н. Зимовка уток на Иртыше у плотины Шульбинской ГЭС в 2018/19 году. *Русский орнитологический журнал*, 28(1822), 4320-4324. (2019).
4. Hernandez-Navarro, A. J., Robledano, F., Jiménez-Franco, M. V, Royle, J. A., & Calvo, J. F. Long-term trends of local bird populations based on monitoring schemes: are they suitable for justifying management measures? *Journal of Ornithology*, 1–13 p. 2023.
5. Hayne D.W. An examination of the strip census method for estimating animal populations // *The Journal of Wildlife Management*. – Vol. 13, N 2. 145–157 p. 1949.
6. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах. *Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае*. Новосибирск, (7), 66-75. 1967.
7. Равкин, Ю. С., & Доброхотов, Б. П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время. *Организация и методы учета птиц и вредных грызунов*. М, 130-136. 1963.
8. Юдкин, В. А., & Ефремова, О. В. (2008). Зоология позвоночных. Учебная полевая практика: методическое пособие. Новосибирск, Изд-во НГУ. 2008.–122 с. (42 экз.) дополнительная литература.
9. Рябицев, В. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири (pp. 608-608). *Уральский государственный университет Уральский государственный университет им. АМ Горького*. 2002.
10. Sanchez-Zapata, J. A., Carrete, M., Gravirov, A., Sklyarenko, S., Ceballos, O., Donazar, J. A., & Hiraldo, F. Land use changes and raptor conservation in steppe habitats of Eastern Kazakhstan. *Biological Conservation*, 111(1), 71–77. 2003.
11. Gavrilov, È. I., Gavrilov, A. E. *The birds of Kazakhstan (Vol. 2)*. Tethys. 2005.
12. Kamp, J., Koshkin, M. A., Bragina, T. M., Katzner, T. E., Milner-Gulland, E. J., Schreiber, D., Sheldon, R., Shmalenko, A., Smelansky, I., & Terraube, J. Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan’s steppes and semi-deserts. *Biodiversity and Conservation*, 25, 2521–2541. 2016.
13. Soloviev, S. A., & Vartapetov, L. G. Ecological and geographical analysis of ornithocomplexes of the Tobol–Irtysh Forest steppe and steppe of Western Siberia and North Kazakhstan in the first half of summer. *Contemporary Problems of Ecology*, 14, 492–499. 2021.
14. Matyukhin, A. V, Ораев, А. С., & Davydova, Yu. Yu. Breeding Biology of the Desert Wheatear (*Oenanthe deserti*, Muscicapidae, Aves) in Northwestern Kazakhstan. *Biology Bulletin*, 49(7), 909–914. <https://doi.org/10.1134/S106235902207010X>. 2022.
15. Prokopov, K. P. Breeding and migratory Great Bustards *Otis tarda tarda* persist in the Zaisan lake basin, eastern Kazakhstan. 2022.
16. Березовиков, Н. Н. Гнездящиеся птицы ключевых орнитологических территорий Зайсанской котловины. *Selevinia*, 2003, 112-133. 2004.
17. Базарбеков, К. У., & Ляхов, О. В. (2005). Животный мир Павлодарского Прииртышья (позвоночные животные). Павлодар: НПФ «ЭКО», 336, 3.
18. Akhmedov, T. K., & Yakovleva, G. G. Problems of nature management on reservoirs of the upper Irtysh cascade of hydroelectric stations. *Hydrotechnical Construction*, 26(5), 330–332. 1992.
19. Березовиков, Н. Н., Стариков, С. В., & Воробьев, И. С. Южный Алтай-новое место гнездования змееяда *Circaetus gallicus*. *Русский орнитологический журнал*, 18(503), 1379-1380. 2009.
20. Березовиков, Н. Н., & Рубинич, Б. Заметки о птицах Юго-Западного Алтая, Калбы, Зайсанской котловины и восточной части Казахского мелкосопочника. *Русский орнитологический журнал*, 22(839), 135-150. 2013.
21. Березовиков, Н. Н. «Современное состояние орнитофауны Восточного Казахстана.» ББК 28.6 Қ 18: 208-210. 2012.
22. Березовиков, Н. Н. Авифауна дельты Чёрного Иртыша и проблемы её сохранения. *Русский орнитологический журнал*, 21(800), 2404-2407. 2012.
23. Frolov I., Selivanova M. The adaptation of three duck species, to the global climate change: the flexibility of the species // 13th European Ornithologists’ Union Congress. – 2022. –
24. Chernyshov V., Frolov I. Reproductive parameters of the critically endangered Yellow-Breasted Bunting *Emberiza Aureola* // 12th European Ornithologists’ Union Congress. – Romania, 182 p. 2019.
25. Убаськин, А. В., & Стазаев, С. С. Благоустройство как фактор экологической трансформации среды обитания городской авифауны (на примере города Павлодара). *Русский орнитологический журнал*, 27(1560), 422-426. 2018.
26. *Red Book of Kazakhstan*, Ed. 2nd, revised and expanded. Volume, 2, 335-337 p. 2010.
27. Information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan. On approval of the Rules for issuing permits for the use of wildlife. Acting order Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated December 19, 2014 No. 18-04/675. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0010168> (access date: 09/01/2024).
28. GBIF Occurrence Download [e-resource]. GBIF.org. 2024. <https://doi.org/10.15468/dl.fpwe33> (access date 09.01.2024).



## References

1. Akhmedov, T. K., & Yakovleva, G. G. Problems of nature management on reservoirs of the upper Irtysh cascade of hydroelectric stations. *Hydrotechnical Construction*, 26(5), 330–332. 1992.
2. Bazarbekov, K. U., and K. V. Lyakhov. *Zhivotnyy mir Pavlodarskogo Priirtyshya* [Fauna of the Pavlodar Irtysh region]. Pavlodar, 336 p. (in Russian), 2004.
3. Berezovikov N.N. Gnezdyashchiyesa ptitsy klyuchevykh ornitologicheskikh territoriy Zaysanskoy kotloviny [Breeding birds of key ornithological territories of the Zaisan depression] // *Selevinia – Almaty*, 112–133 p. (in Russian), 2004.
4. Berezovikov N.N. Sovremennoye sostoyaniye ornitofauny Vostochnogo Kazakhstana [Current state of the avifauna of Eastern Kazakhstan]. // *Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 80th anniversary of the Institute of Zoology RK November 22-23, 2012 (Fauna of Kazakhstan and adjacent territories)*. – Almaty, 208–210 p. 2012.
5. Berezovikov, N. Avifauna delty Chernogo Irtysha i problemy yeyo sokhraneniya [Avifauna of the Black Irtysh delta and problems of its conservation] *Russian Ornithological Journal* 21, no. 800: 2404-2407 p. (in Russian), 2012.
6. Berezovikov, N. N., and B. Rubinich. “Zametki o ptitsakh Yugo-Zapadnogo Altaya, Kalby, Zaysanskoy kotloviny i vostochnoy chasti Kazakhskogo melkosopochnika [Notes on the birds of the South-Western Altai, Kalba, Zaisan depression and the eastern part of the Kazakh small hills]. *Russian Ornithological Journal* 22, no. 839: 135-150 p. (in Russian), 2013.
7. Berezovikov, N. N., S. V. Starikov, and I. S. Vorobyov. “Yuzhnyy Altay-novoye mesto gnezdovaniya zmeyeyada.” In *Problemy sokhraneniya bioraznoobraziya Yuzhnoy Sibiri* [Southern Altai is a new nesting site for the snake eagle.” In *Problems of conservation of biodiversity of Southern Siberia*. Proceedings of the 1st interregional scientific and practical conference). Kemerovo, 27-28. p. (in Russian), 2009.
8. Chernyshov V., Frolov I. Reproductive parameters of the critically endangered Yellow-Breasted Bunting *Emberiza aureola* // 12th European Ornithologists’ Union Congress. – Romania, 182 p. 2019.
9. Feldman, A. S., Berezovikov, N. N. Zimovka utok na Irtyshe u plotiny Shulbinskoy GES v 2018/19 godu [Wintering of ducks on the Irtysh near the Shulbinskaya hydroelectric power station dam in 2018/19]. *Russian Ornithological Journal*, 28 (1822), 4320-4324 p. 2019.
10. Frolov I., Selivanova M. The adaptation of three duck species to the global climate change: the flexibility of the species // 13th European Ornithologists’ Union Congress. – 2022. –
11. Gavrilov, É. I., Gavrilov, A. E. *The birds of Kazakhstan (Vol. 2)*. Tethys. 2005.
12. GBIF Occurrence Download [e-resource]. GBIF.org. 2024. <https://doi.org/10.15468/dl.fpwe33> (access date 09.01.2024).
13. Hayne D.W. An examination of the strip census method for estimating animal populations // *The Journal of Wildlife Management*. – Vol. 13, N 2. 145–157 p. 1949.
14. Hernandez-Navarro, A. J., Robledano, F., Jiménez-Franco, M. V, Royle, J. A., & Calvo, J. F. Long-term trends of local bird populations based on monitoring schemes: are they suitable for justifying management measures? *Journal of Ornithology*, 1–13 p. 2023.
15. Information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan. On approval of the Rules for issuing permits for the use of wildlife. Acting order Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated December 19, 2014 No. 18-04/675. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0010168> (access date: 09/01/2024).
16. Kamp, J., Koshkin, M. A., Bragina, T. M., Katzner, T. E., Milner-Gulland, E. J., Schreiber, D., Sheldon, R., Shmalenko, A., Smelansky, I., & Terraube, J. Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan’s steppes and semi-deserts. *Biodiversity and Conservation*, 25, 2521–2541. 2016.
17. Matyukhin, A. V, Opaev, A. S., & Davydova, Yu. Yu. Breeding Biology of the Desert Wheatear (*Oenanthe deserti*, Muscicapidae, Aves) in Northwestern Kazakhstan. *Biology Bulletin*, 49(7), 909–914. <https://doi.org/10.1134/S106235902207010X>. 2022.
18. Morrison, C. A., Alves, J. A., Gunnarsson, T. G., Morisson, B., & Gill, J. A. Why do earlier-arriving migratory birds have better breeding success? *Ecology and Evolution*, 9 (15), 8856–8864 p. 2019.
19. Prokopov, K. P. Breeding and migratory Great Bustards *Otis tarda* persist in the Zaisan lake basin, eastern Kazakhstan. 2022.
20. Ravkin YU.S. K metodike ucheta ptits v lesnykh landshaftakh // *Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altaye* [Towards a methodology for counting birds in forest landscapes // *Nature of foci of tick-borne encephalitis in Altai*]. Novosibirsk, № 7. 66–75 p. (in Russian), 1967.
21. Ravkin YU.S., Dobrokhotov B.P. K metodike ucheta ptits lesnykh landshaftov vo vnegnezdovoye vremya // *Organizatsiya i metody ucheta ptits i vrednykh gryzunov* [Towards a methodology for counting birds in forest landscapes during non-nesting time // *Organization and methods of counting birds and harmful rodents*]. – Moscow, – P. 130–136 (in Russian), 1963.
22. Red Book of Kazakhstan., Ed. 2nd, revised and expanded. Volume, 2, 335-337 p. 2010.
23. Ryabitshev V.K. Ptitsy Urala, Priural’ya i Zapadnoy Sibiri: Spravochnik-opredelitel [Birds of the Urals, the Urals and Western Siberia: A reference guide, 3rd ed., corrected and expanded – Ekaterinburg: Ural State University, – 634 p. (in Russian), 2008.
24. Sanchez-Zapata, J. A., Carrete, M., Gravilov, A., Sklyarenko, S., Ceballos, O., Donazar, J. A., & Hiraldo, F. Land use changes and raptor conservation in steppe habitats of Eastern Kazakhstan. *Biological Conservation*, 111(1), 71–77. 2003.
25. Soloviev, S. A., & Vartapetov, L. G. Ecological and geographical analysis of ornithocomplexes of the Tobol–Irtysh Forest steppe and steppe of Western Siberia and North Kazakhstan in the first half of summer. *Contemporary Problems of Ecology*, 14, 492–499. 2021.

26. Trautmann, S. Climate change impacts on bird species. *Bird Species: How They Arise, Modify and Vanish*, 217–234 p. 2018.
27. Ubaskin, A.V., and Stazayev S.S. Blagoustroystvo kak faktor ekologicheskoy transformatsii sredy obitaniya gorodskoy avifauny (na primere goroda Pavlodara) [“Improvement as a factor in the ecological transformation of the habitat of urban avifauna (on the example of the city of Pavlodar)”. *Russian Ornithological Journal* 27, no.1560 422-426 p. (in Russian), 2018.
28. Yudkin V.A., Yefremova O.V. *Zoologiya pozvonochnykh. Uchebnaya polevaya praktika: metodicheskoye posobiye* [Zoology of vertebrates. Educational field practice: methodological manual]. – Novosibirsk: NSU Publishing House, – 122 p. (in Russian), 2008.

**Information about authors:**

*Frolov Ivan Gennadievich – master of natural sciences, researcher at the Institute of Zoology, Auezov 179A, Almaty, Kazakhstan frolov.ivg@gmail.com)*

*Berdikulov Bekzhan Talgatuly (corresponding author) – master of natural sciences, researcher at the Institute of Zoology, Auezov 179A, Almaty, Kazakhstan bertalbek@gmail.com)*

**Авторлар туралы мәлімет:**

*Фролов Иван Геннадьевич – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Зоология институтының ғылыми қызметкері (Аль-Фараби 93, Алматы, Қазақстан, frolov.ivg@gmail.com)*

*Бердіқұлов Бекжан Талғатұлы (корреспондент автор) – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Зоология институтының ғылыми қызметкері (Аль-Фараби 93, Алматы, Қазақстан, email: bertalbek@gmail.com)*

*Received January 24, 2024*

*Accepted February 20, 2024*

Е.С. Чаликова<sup>1</sup> , С.Х. Зарипова<sup>1\*</sup> ,  
А.Ж. Абаев<sup>2</sup> , Б.Б. Арынов<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения  
«Институт зоологии» Комитета науки Министерства науки и высшего образования

Республики Казахстан, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup> РГУ Государственный национальный природный парк «Көлсай көлдері», Казахстан, п. Саты

\*e-mail: zaripova\_syrymgul@mail.ru

## ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ГОСУДАРСТВЕННОМ ПРИРОДНОМ ПАРКЕ «КӨЛСАЙ КӨЛДЕРІ»

Мониторинг разнообразия и численности птиц имеет большое практическое значение и научный интерес. В статье представлены результаты изучения птиц на территории Государственного национального природного парка «Көлсай көлдері», расположенного в Северном Тянь-Шане. Приведены данные по характеру распределения и численности 81 вида птиц. В результате проведенных в 2022–2023 гг. исследований выявлено, что в эти два года численность таких видов птиц как горная трясогузка *Motacilla cinerea*, зеленая пеночка *Phylloscopus trochiloides*, седоголовая горихвостка *Phoenicurus caeruleocephalus*, дрозда дерябы *Turdus viscivorus* и коноплянки *Acanthis cannabina* была стабильной, а у остальных – подвержена колебаниям. Большинство обитателей водно-болотных угодий избегают встреч с человеком, однако на территории парка огари *Tadorna ferruginea* не боялись человека и выпрашивали корм. Посещение разнообразных биотопов и районов позволило дополнить список птиц парка встречами новых видов таких, как большой баклан *Phalacrocorax carbo*, чирок-свистунок *Anas crecca*, серый журавль *Grus grus*, лысуха *Fulica atra*, чибис *Vanellus vanellus* и ходулочник *Himantopus himantopus*, подтвердить гнездование большой выпи *Botaurus stellaris* и камышницы *Gallinula chloropus*. Гнездование лысухи и чибиса впервые отмечено в горах Северного Тянь-Шаня. В местах сосредоточения туристов и их проживания в кемпингах и юртах увеличилась численность коршуна *Milvus migrans*, сизого голубя *Columba livia*, майн *Acridotheres tristis*, сорок *Pica pica* и черных ворон *Corvus corone*. Из видов, внесенных в Красную Книгу Казахстана, отмечены серый журавль, змеяяд *Circaetus gallicus* и орел-карлик *Hieraetus pennatus*.

**Ключевые слова:** птицы, Северный Тянь-Шань, горы, национальный природный парк, численность, разнообразие, антропогенное влияние.

E.S. Chalikova<sup>1</sup>, S.Kh. Zaripova<sup>1\*</sup>, A.Zh. Abaev<sup>2</sup>, B.B. Arynov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Republican state enterprise with the right of economic management "Institute of Zoology" of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>RSU State Research and Production Enterprise "Kolsai kolderi", Kazakhstan, Saty village

\*e-mail: zaripova\_syrymgul@mail.ru

### Results and prospects of ornithological monitoring in the State Natural Park "Kolsay Kolderi"

Monitoring the diversity and location of birds is of great practical importance and scientific interest. This manuscript presents the results of a study of birds carried out in 2022–2023 on the territory of the State National Natural Park "Kolsay Kolderi", located in the Northern Tien Shan. 81 species of birds has been identified and data on the distribution are provided as obtained results of these investigations. The study showed that in these two years, the abundance of such birds as the Grey Wagtail *Motacilla cinerea*, Greenish Warbler *Phylloscopus trochiloides*, Blue-headed Redstart *Phoenicurus caeruleocephalus*, Mistle Thrush *Turdus viscivorus* and Linnet *Acanthis cannabina* were stable, and the rests there were fluctuating fluctuations. Most inhabitants of wetlands avoid encounters with humans, but in the park, Ruddy Shelduck *Tadorna ferruginea* was not afraid of humans and begged for food. Visits to various biotopes and areas made it possible to supplement the list of birds in the park with encounters of new species such as the great Cormorant *Phalacrocorax carbo*, Green-winged Teal *Anas crecca*, Common Crane

*Grus grus*, *Coot Fulica atra*, *Lapwing Vanellus vanellus* and *Black-winged Stilt Himantopus himantopus*, and confirm the nesting of *Bittern Botaurus stellaris* and *Moorhen Gallinula chloropus*. Nesting of coot and lapwing was recorded for the first time in the mountains of the Northern Tien Shan. In places where tourists are concentrated and live in campsites and yurts, the number of *Black Kites Milvus migrans*, *Rock Dove Columba livia*, *Common Mynahs Acridotheres tristis*, *Magpies Pica pica* and *Carrion crows Corvus corone* has increased. Of the species included in the Red Book of Kazakhstan, the *Common Crane Grus grus*, the *Short-toed Eagle Circaetus gallicus* and the *Booted Eagle Hieraaetus pennatus* are recorded.

**Key words:** birds, Northern Tien Shan, mountains, national natural park, numbers, diversity, anthropogenic impact.

Е.С. Чаликова<sup>1</sup>, С.Х. Зарипова<sup>1\*</sup>, А.Ж. Абаев<sup>2</sup>, Б.Б. Арынов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігі Ғылым комитетінің «Зоология институты» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>«Көлсай көлдері» РМУ мемлекеттік ғылыми-өндірістік кәсіпорны, Қазақстан, Саты ауылы

\*e-mail: zaripova\_syryngul@mail.ru

### «Көлсай көлдері» Мемлекеттік табиғи паркіндегі орнитологиялық мониторинг нәтижелері мен болашағы

Құстардың әртүрлілігі мен көптігін бақылаудың практикалық маңызы және ғылыми қызығушылығы зор. Мақалада Солтүстік Тянь-Шаньда орналасқан «Көлсай көлдері» мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің аумағындағы құстарды зерттеу нәтижелері берілген. 81 құс түрінің таралу сипаты мен көптігі туралы деректер келтірілген. 2022-2023 жж. өткелінен зерттеулер нәтижесінде, осы екі жылда келесі құстардың тау шақшақайы *Motacilla cinerea*, жасыл сарықас *Phylloscopus trochiloides*, бозбас отқұйрық *Phoenicurus caeruleocephalus*, қызғылтпа сайрақ *Turdus viscivorus* және шоңайнақ *Acanthis cannabina* саны өзгермеді, ал басқалар ауытқуларға ұшырайды. Сулы-батпақты жерлердің тұрғындарының көпшілігі адамдармен кездесуден қашады, бірақ саябақта сарыалақаз *Tadorna ferruginea* адамдардан қорықпай, қорықты сұрады. Түрлі биотоптар мен аймақтарға бару нәтижесінде саябақтағы құстардың тізімін үлкен сұқұзғыны *Phalacrocorax carbo*, ысылдақ шүрегей *Anas crecca*, сұр тырна *Grus grus*, қасқалдақ *Fulica atra*, қызғыш *Vanellus vanellus* және ұзынсирақ балшықшы *Himantopus himantopus* сияқты жаңа түрлердің кездесуімен толықтыруға мүмкіндік берді, үлкен көлбұқаның *Botaurus stellaris* және қызылқасқа сутартардың *Gallinula chloropus* ұялағанын растады. Солтүстік Тянь-Шань тауларында алғаш рет қасқалдақ пен қызғыштың ұя салуы тіркелді. Туристер көп шоғырланған және кемпингтер мен киіз үйлерде тұратын жерлерде қара кезқұйрықтың *Milvus migrans*, көк кептердің *Columba livia*, сарыжағал қараторғайдың *Acridotheres tristis*, саусқанның *Pica pica* және қара қарғаның *Corvus corone* саны өскен. Қазақстанның Қызыл кітабына енген түрлерден сұр тырна *Grus grus*, жыланжегіш бүркіт *Circaetus gallicus* және бақалтақ бүркіт *Hieraaetus pennatus* кездесті.

**Түйін сөздер:** құстар, Солтүстік Тянь-Шань, таулар, ұлттық табиғи парк, сандар, әртүрлілік, антропогендік әсер

## Введение

Птицы – самый разнообразный класс наземных позвоночных. Они являются влиятельными членами экосистем и выполняют разнообразные экосистемные услуги [1-3]. Разнообразие птиц зависит от наличия и состояния естественных экосистем, агроландшафтов и антропогенного воздействия в местах обитания [4, 5]. Воздействие человека повсеместно приводит к фрагментации, деградации и нарушению мест обитания птиц, поэтому птицы являются одним из хороших экологических индикаторов состояния экосистем [6-8].

Одной из основных задач заповедников и национальных парков Казахстана является сохранение естественных экосистем и мониторинг происходящих в них изменений. На первом эта-

пе проводится инвентаризация фауны, затем проводится количественный учет отдельных видов. Республиканское государственное учреждение Государственный национальный природный парк (ГНПП) «Көлсай көлдері» создан в 2007 г. постановлением Правительства Республики Казахстан от 07 февраля 2007 года № 88 в Северном Тянь-Шане (хребет Кунгей Алатау) на территории Кегенского и Талгарского районов Алматинской области. Его целью является сохранение и восстановление уникальных природных комплексов, имеющих особую экологическую, историческую, научную, эстетическую и рекреационную ценность, и обеспечение их дальнейшего развитие.

В настоящее время на территории парка ведутся инвентаризационные исследования, наравне с которыми необходимо следить за изменени-



ями численности объектов охраны. Тем более это актуально при ежегодном нарастании потока туристов, число которых в природном парке «Көлсай көлдері» превышает таковое во всех вместе взятых заповедниках и национальных парках Казахстана. Количественный учет необходим для выяснения изменений численности и соотношения различных видов в сообществах в результате изменений окружающей среды. К сожалению, в большинстве случаев он ограничивается слежением за численностью только некоторых охотничье-промысловых видов животных. Однако международный опыт показывает, что интересные результаты можно получить и по другим видам, в частности по птицам [9-11].

Первые сведения о птицах Кунгей Алатау в начале XX века собрал В.Н. Шнитников [12], а в его середине – М.Н. Корелов [13]. На территории ныне существующего парка материалы по орнитофауне собирали в 1968 г. А.Ф. Ковшарь и Ю.Н. Грачев [1, 14], в 1978 г. Б.И. Жуйко [15], в 1977, 1996 и 1999 гг. Н.Н. Березовиков [16, 17], в отдельные годы – Б.М. Губин [18, 19] и О.В. Белялов [17, 20]. После организации парка сведения по орнитофауне с 2012 г. на его территории дополнил А.Ж. Абаев вместе с коллегами, кото-

рые вышли обобщающей монографией [21] и отдельными публикациями по интересным встречам и краснокнижным видам птиц [20, 22].

В 2022-2023 гг. были проведены наблюдения за разнообразием и численностью птиц на территории ГНПП «Көлсай көлдері». В статье представлены полученные результаты в сравнении с данными предыдущих исследований.

#### Материалы и методы исследования

Полевые работы на территории парка проведены 17 – 19 мая, 13 – 14 августа 2022 г. и 14-17 июня 2023 г. Были изучены ущелья Талды, Кольсай, Саты, Жаманбулак, Каинды, пойма р. Тау-Чилик, а также предгорная часть северных склонов Кунгей Алатау (Рисунок 1 – Карта-схема района исследований с указанием маршрутов учетов птиц). В районе оз. Нижний Кольсай заложены два мониторинговых маршрута, на которых необходимо проводить регулярные учеты. Район закладки маршрутов выбран не случайно, поскольку это озеро круглогодично наиболее посещается туристами. Как это может повлиять на животный и растительный мир покажут только ежегодные наблюдения.

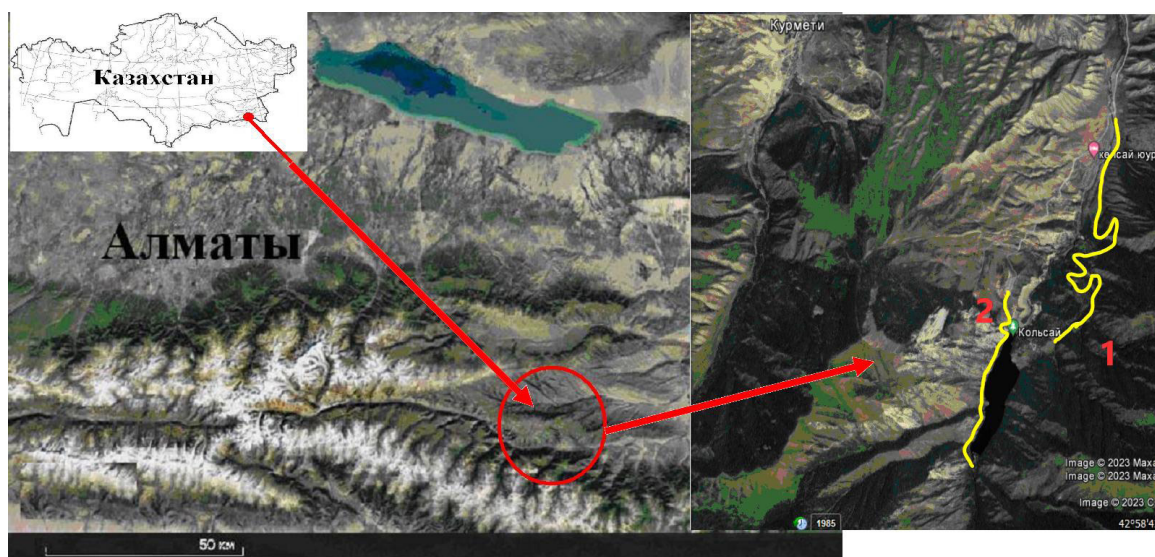


Рисунок 1 – Карта-схема района исследований с указанием маршрутов учетов птиц

В районе оз. Нижний Кольсай было заложены два мониторинговых маршрута, на которых проведено 4 учета птиц. Маршрут 1 (Рисунок 1 – Карта-схема района исследований с указанием маршрутов учетов птиц) начинается от автомо-

бильной стоянки отеля «Кольсай» (42.988879 с.ш., 78.331421 в.д.), расположенного на западном склоне одноименного ущелья, до которого проложена полевая дорога, ведущая серпантинном вниз по ущелью до моста через реку. На всем

протяжение дорога идет через моховой еловый лес. Первоначально он разрезен и помимо лиственных кустарников по обочинам дороги растут отдельные кусты арчового стланика, который в более увлажненных участках луга сменяет поляна с зарослями ивы. Далее дорога проложена по густому еловому лесу, на разреженных участках которого продолжает встречаться арчовый стланик. На пологих луговых участках место густого леса заменяет разреженный молодой, но крутые склоны так же покрыты старыми елями. Обочины дороги заросли ивой, жимолостью и яблоней. Еще ниже еловый лес становится более разреженным, а на пологих участках группами расположены искусственные посадки молодых елей. В конце маршрута (43.006630 с.ш., 78.339968 в.д.) дорога ведёт на каменистое широкое дно ущелья, заросшее вдоль реки ивой, облепихой, осиной, жимолостью и барбарисом. Местами вдоль склона на дно ущелья спускаются ели, образуя вместе с осиной небольшие рощицы. Протяженность маршрута 3.9 км, диапазон высот от 1750 до 1920 м над уровнем моря. Полевая дорога, по которой он проложен чаще используется автомобилями высокой проходимости, чем пешими и конными туристами.

Маршрут 2 расположен на восточном склоне ущ. Кольсай. Первоначально от автомобильной стоянки он идет по асфальтной дороге (42.994852 с.ш., 78.326574 в.д.), а ближе к склону при спуске к дамбе на озере, переходит в полевую. Краина дороги покрыта кустарником: жимолость, таволга, шиповник, крушина, барбарис и рябина. Выше по склону скальник, который местами зарос елью, а под ним расположились небольшие рощи осины. Далее дорога переходит в тропу, идущую то вверх, то вниз вдоль оз. Кольсай. Кустарники представлены теми же видами, выше по склону скалы покрыты елью, ниже небольшие открытые лужайки и осыпи, берег озера зарос осиной и елью. Далее скалы сменяют луг с редкими кустарниками, арчовый стланик с эфедрой, еловый лес становится гуще и тропа спускается к реке, впадающей в озеро. Вдоль нее ивовый тугай, а чуть выше по склону растут рябина, осина и ель (42.976117, 78.319933). Протяженность маршрута составляет 2.2 км, перепады высот 1820-1890 м. Первая часть маршрута проходит мимо коттеджей, кафе и привязи лошадей, используемых для катания туристов. В светлое время суток поток людей к озеру и обратно нескончаем: по тропе их меньше, но отмечены конные группы.

На маршруте птиц учитывали по стандартной методике, а вне маршрута – по пятиминутным отрезкам времени [1, 9, 23]. Во время учетов для всех встреченных птиц отмечался радиус первого обнаружения, их количество и особенности обнаружения – пение, голос, «сидящая», в полете и т. д. При проведении учетов детально описывались места их проведения: тип экосистемы, рельеф, степень каменистости, растительность, степень ее покрытия и погодные условия. Численность вида оценивалась числом особей, встреченных в течение часа (ос./час). В 2022 г. проведено 123 и в 2023 – 227 таких учёта. Для наблюдений использовали бинокль 8 x 30. С разрешения сотрудников национального парка в статье также использованы наиболее интересные результаты их наблюдений за птицами в 2023 г.

### Результаты исследования и их обсуждение

За период исследований собраны данные по характеру распределения и численности 81 вида птиц. Птицы, в отличие от других животных, достаточно мобильны, поскольку свободно перелетают с одного места на другое. Одни виды приспосабливаются к жизни рядом с человеком, другие покидают такие районы, предпочитая жить в уединенных местах [24-26]. На коротком промежутке времени нам удалось убедиться в этом. Особенно заметны изменения разнообразия и поведения птиц в наиболее посещаемых туристами местах, где численность птиц, питающихся пищевыми отбросами, растет. Так в районе оз. Кольсай в 2022 г. держалось 6, а в 2023 г. – 8 сизых голубей (*Columba livia*), соответственно 3 и 9 майн (*Acridotheres tristis*), 12 и 9 сорок (*Pica pica*), 21 и 22 черных ворон (*Corvus corone*). Известно, что черный коршун (*Milvus migrans*) обычно кормится на мусорных свалках. В 2022 г. его в районе озера не наблюдали, в 2023 г. здесь держалось не менее трех особей. В то же время на оз. Каинды, где поток туристов не меньший, но нет временных и постоянных мест проживания человека, в августе 2022 г. все эти виды отсутствовали, за исключением встречи одиночной черной вороны. Коршун был многочислен и рядом с населенными пунктами. Только в 2022 г. он отмечен 17 и 19 мая у с. Кокпек (2 и 1 птицы), в с. Саты (1); 17, 18, 19 мая и 13 августа между последним селом и ущ. Кольсай (9, 1, 6 и 1), 18 мая по пойме р. Тау-Чилик (2), 19 мая – в устье р. Кольсай (2), между с. Саты и

с. Карабулак, с. Карабулак и с. Жаналаш (по 1). В 2023 г число встреч было меньше – 16 июня с. Саты (1) и одноименное ущелье – 16-17 июня (по 3).

Приспособился к жизни рядом с человеком огарь (*Tadorna ferruginea*). На оз. Кольсай 17-18 мая 2022 г. эти птицы избегали встреч с людьми, прячась в зарослях. В 2022 г. все птицы прятались, хотя число особей в этот и последующий год на озере было стабильно – соответственно 11 и 13. Но уже 15-16 июня 2023 г. одна из пар выпрашивала корм у людей, проплывающих в лодках. Первоначально подплыл самец, затем самка, которая, убедившись в отсутствии опасности, позвала 6 птенцов. Птицы подплывали к каждой лодке, не боясь человека. Другая пара при появлении людей увела утят в заросли.

На меньших по размерам водоемах и при меньшей антропогенной нагрузке число птиц не постоянно. На водохранилище Саты 15 мая 2022 г. держалось не менее 22 особей (взрослые с птенцами), а 14 июня 2023 г. – всего 10. Однако уровень воды в 2023 г. был заметно ниже. Многочисленностью птиц поразило оз. Тамырсаз, расположенное на выровненной террасе между ущельями Кольсай и Корметы. Вода здесь собирается в период снеготаянья и к концу лета испаряется, но для окружающего озера плотной стеной тростника ее, по-видимому, хватает. Несмотря на незначительную площадь озера, 14 июня 2023 г. на водной поверхности и на лугах вокруг него держались 22 взрослых огаря и более 50 утят. Два последних водоема находятся на границе парка, и в их окрестностях чаще встречается домашний скот, нежели человек. Кряква (*Anas platyrhynchos*) пока тоже избегает человека. В мае 2022 г. на оз. Кольсай наблюдали самку с 8 утятами (12 августа – 12 особей), которая еще издали, увидев людей, скрылась. 14 июня 2023 г. здесь держалась лишь одна взрослая птица. На водохранилище Саты кряква была обычна в 2022 и немногочисленна в 2023 гг. (10 и 3 соответственно). На оз. Тамырсаз в 2023 г. видели двух взрослых и 12 утят. Здесь же встретили лысуху (*Fulica atra*) – 4 взрослые птицы и 7 птенцов (вероятно, в выводке их больше), а также пару чибисов (*Vanellus vanellus*). Судя по поведению чибисов, у них тоже были птенцы. 26 мая в районе озера наблюдали пару серых журавлей (*Grus grus*) с птенцом. Встреча в горах на гнездовании первых двух видов уникальна, поскольку в казахстанской части Север-

ного Тянь-Шаня их встречали лишь на пролете или на гнездовании в предгорьях, а для третьего – гнездование известно только для оз. Тузколь в Центральном Тянь-Шане [26]. Чирка-свистунка (*Anas crecca*) так же не отмечали на гнездовании в горах Казахстана, а в парке – даже на пролете. На оз. Кольсай пару особей и самку видели 15, 16 июня 2023 г., причем последняя придерживалась одного места, что указывает на вероятность нахождения там гнезда. На водохранилище Саты 17 июня 2023 г. заметили пролетающего большого баклана (*Phalacrocorax carbo*), а на р. Тау-Чилик напротив с. Саты 4 июня 2023 г. – ходулочника (*Himantopus himantopus*). Это первые встречи видов на территории парка. Кроме того, камышница (*Gallinula chloropus*) была известна как залетный вид, а 15 мая 2022 г. взрослую птицу с 4 птенцами (возможно больше) видели на водохранилище Саты. Там же, но 17 июня 2023 г. слышали выпь (*Botaurus stellaris*), которая вероятно здесь гнездилась. Этому способствовали обширные заросли тростника, разросшиеся на мелководье. Ранее гнездование вида в этом районе только предполагалось [21].

Учеты птиц на маршрутах проведены в разное время: на маршруте 1 – 13 августа 2022 г. и 15 июня 2023 г., на маршруте 2 – 17, 18 мая 2022 г. и 16 июня 2023 г. В первый год на учетах встречено 33, во второй – 38, а всего 48 видов птиц. Их относительная численность в эти два года оказалась постоянной – 47.2 и 47.5 ос./час. Данные о встречаемости различных видов птиц представлены в таблице. Относительно стабильной численность была лишь у 6 видов: тусклой зарнички, дерябы, горной овсянки, горной трясогузки, седоголовой горихвостки и коноплянки (таблица 1). В 2022 г. встречаемость была выше у 11 видов по сравнению с 2023 г. В 2023 г. по сравнению с предшествующим годом возросла численность 4 видов. Следующие виды, по-видимому, в ущ. Кольсай гнездятся периодически: перепелятник, перевозчик, обыкновенная кукушка, трехпалый дятел, лесной конек, славка-завирушка, обыкновенный сверчок, арчовая чечевица и просянка. Такие виды как фазан (*Phasianus colchicus*), обыкновенная пустельга (*Falco tinnunculus*), черный стриж (*Apus apus*), скальная ласточка (*Ptyonoprogne rupestris*), розовый скворец (*Sturnus roseus*), альпийская галка (*Pyrrhocorax graculus*) и обыкновенный ворон (*Corvus corax*), отмеченные на учетах, этот район посещают лишь на кочевках.



Таблица 1 – Встречаемость птиц на территории ГНПП «Көлсай көлдері»

Название видов		2012 г., по данным [20]	Наши данные (ос./час)		Тенденция изменений
Тривиальное	Научное		2022 г.	2023 г.	
перевозчик	<i>Actitis hypoleucos</i>	0	0.1	0	?
большая горлица	<i>Streptopelia orientalis</i>	+	0.4	2.7	↑
фазан	<i>Phasianus colchicus</i>	+	+	+	?
обыкновенная кукушка	<i>Cuculus canorus</i>		0	0.1	↑
трехпалый дятел	<i>Picoides tridactylus</i>		0	0.1	↑
чеглок	<i>Falco subbuteo</i>	+	1.0	0.1	↓
обыкновенная пустельга	<i>Falco tinnunculus</i>		+	+	?
перепелятник	<i>Actitis hypoleucos</i>		0.2	0	↓
тусклая зарничка	<i>Phylloscopus humei</i>		2.3	2.6	stable
деряба	<i>Turdus viscivorus</i>	+	0.9	0.8	stable
черный дрозд	<i>Turdus merula</i>		0.9	0.1	↓
горная овсянка	<i>Emberiza cia</i>	+	0.7	0.7	stable
просьянка	<i>Emberiza calandra</i>		0.1	0	?
желчная овсянка	<i>Emberiza bruniceps</i>	+	+	+	↓
горная трясогузка	<i>Motacilla cinerea</i>		0.5	0.5	stable
седоголовая горихвостка	<i>Phoenicurus caeruleocephalus</i>	+	0.4	0.5	stable
коноплянка	<i>Acanthis cannabina</i>	+	0.4	0.3	stable
московка	<i>Parus ater</i>	+	3.9	0.3	↓
белая лазоревка	<i>Parus cyanus</i>	+	1.8	0.7	↓
индийская пеночка	<i>Phylloscopus griseolus</i>		2.0	0.2	↓
зеленая пеночка	<i>Phylloscopus trochiloides</i>	+	9.0	2.6	↓
желтоголовый королек	<i>Regulus regulus</i>	+	0.5	0.1	↓
обыкновенный сверчок	<i>Locustella naevia</i>		0.1	0	?
красношапочный вьюрок	<i>Serinus pusillus</i>	+	4.0	1.8	↓
серая славка	<i>Sylvia communis</i>	+	2.8	1.8	↓
горная славка	<i>Sylvia althaea</i>	+	1.0	0.5	↓
славка-завирушка	<i>Sylvia curruca</i>		0	0.3	↑
кедровка	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	+	0.6	0.3	↓
обыкновенная чечевица	<i>Carpodacus erythrinus</i>	+	2.8	8.1	↑
арчовая чечевица	<i>Carpodacus rhodochlamys</i>		0	0.3	↑
седоголовый щегол	<i>Carduelis caniceps</i>	+	0	3.0	↑
серая мухоловка	<i>Muscicapa striata</i>		0	0.5	↑
лесной конек	<i>Anthus trivialis</i>		0	0.1	?
черный стриж	<i>Apus apus</i>	+	+	+	↓
скальная ласточка	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>		+	+	?
розовый скворец	<i>Sturnus roseus</i>		+	+	?
альпийская галка	<i>Pyrrhocorax graculus</i>		+	+	?
обыкновенный ворон	<i>Corvus corax</i>		+	+	↑
черная ворона	<i>Corvus corone</i>	+	+	+	?
галка	<i>Corvus monedula</i>	+	+	+	?
туркестанский жулан	<i>Lanius phoenicuroides</i>	+	0	0	?



Название видов		2012 г., по данным [20]	Наши данные (ос./час)		Тенденция изменений
Тривиальное	Научное		2022 г.	2023 г.	
обыкновенная оляпка	<i>Cinclus cinclus</i>	+	+	+	?
черноголовый чекан	<i>Saxicola torquata</i>	+	+	+	↓

Примечание: + – вид обнаружен, ? – тенденция не ясна, ↑ – численность увеличилась, ↓ – численность уменьшилась, stable – численность стабильна

Сравнение полученных нами в 2022 и 2023 г. результатов с данными в начальный период организации национального парка [20] позволило выявить изменения в составе и численности птиц. В лесных биотопах, куда включены лиственные и хвойные леса, и в тот, и другой период фоновыми видами явились зеленая пеночка (соответственно 8.3 и 9.3%, от всех встреченных птиц), обыкновенная чечевица (8.7 и 6.1%) и седоголовый щегол (7.2 и 4.7%). В последний период в их число вошла и черная ворона (2.1 и 6.8%), которая первоначально была лишь обычна. К числу обычных видов отнесены красношапочный выюрок (1.2 и 3.5%), серая славка (2.3 и 3.1%), большая горлица (1.3 и 2.4%) и коноплянка (*Acanthis cannabina*, 2.1 и 1.0). Если в 2012 г. обычными видами считали чеглока (1.1 и 0.6%), кедровку (1.5 и 0.5%), седоголовую горихвостку (1.8 и 0.5%), желтоголового короля (1.2 и 0.3%) и туркестанского жулана (*Lanius phoenicuroides*, 1.3 и 0.2%), то в 2022-2023 гг. они были лишь немногочисленны и даже редки. Но в последний период обычны – москковка (*Parus ater*, 2.0 %), белая лазоревка (1.9%), деряба (1.5%), горная славка (*Sylvia althaea*) и горная овсянка (по 1.1%).

На реках и озерах в 2012 г. огарь был обычен (4.0%), в 2022-2023 гг. – многочислен (7.0%), горная трясогузка – обычна (2.4 и 1.9), обыкновенная оляпка – обычна и редка (1.6 и 0.2%). В скалах и обрывах в первый и второй период обычен черный стриж (*Apus apus*, 8.0 и 3.9%) и галка (*Corvus monedula*, 3.4 и 4.5%), обычны и редки на лугах – черноголовый чекан (*Saxicola torquata*, 1.2 и 0.3%) и желчная овсянка (*Emberiza bruniceps*, 1.0 и 0.2%).

В период наших наблюдений при посещении других районов парка состоялись встречи и с редкими видами птиц, которые внесены в Красную книгу Казахстана [27]. Это, прежде всего серый журавль, о котором сообщено выше, змеяд (*Circaetus gallicus*) – одиночка встречена 17 мая

2022 г. у с. Жаналаш, и орел-карлик (*Hieraetus pennatus*) – 16 июня 2023 г. пара кружила в районе водохранилища Саты.

Полученные данные показали, что разнообразие и численность птиц на территории национального парка меняются. Изменения видового состава и численности популяций птиц отмечены на особо охраняемых территориях в различных регионах мира [8, 10, 11, 25, 26]. Причиной этого являются как естественные (наличие или отсутствие кормовых объектов, урожайность деревьев и кустарников, климатический и водный режим, межвидовые отношения и т.д.), так и антропогенные факторы (изменение биотопов, прямое уничтожение, беспокойство, кормление и т.д.) [24-26, 28]. Понять причины происходящих изменений помогут лишь регулярные мониторинговые исследования. С этой целью на заложенных в районе оз. Кольсай двух мониторинговых маршрутах, необходимо продолжить проводить учеты птиц ежегодно в период гнездования (май-июль). Учитывать птиц на них должен человек, обладающий специальными знаниями, отличающий виды друг от друга как по внешнему виду, так по голосам и поведению.

### Заключение

Наблюдения 2022 и 2023 гг. показали, что нарастание и снижение численности вида зависят от антропогенных факторов, уровня воды в реках и озерах. Это в первую очередь касается птиц, перешедших на питание отбросами жизнедеятельности человека и видов, связанных с водно-болотными угодьями. Посещение разнообразных биотопов и районов позволило дополнить список птиц парка встречами новых для этой территории видов: большой баклан, чирок-свистун, серый журавль, лысуха, чибис, ходулочник, и подтвердить гнездование камышницы и выпя.

## Благодарности

Авторы искренне признательны сотрудникам Государственного национального природного парка «Көлсай көлдері», оказавшим помощь во время экспедиционных выездов и в сборе информации по птицам.

## Источник финансирования

Работа выполнена по проекту BR18574058 «Разработка Красной книги животных Казахстана и электронной базы данных по редким и исчезающим животным». Финансирование предоставлено Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках программно-целевого финансирования на 2022-2024 годы.

## Литература

1. Ковшарь А.Ф. Птицы Тянь-Шаня. Т. 1. – Алматы, 2019. – 376 с.
2. Paulsch D., Möller-Hohenstein K. Bird species distribution along an altitudinal gradient in southern Ecuador and its functional relationships with vegetation structure/ E. Beck, J. Bendix, I. Kottke, F. Makeschin, R. Mosandl (Eds.), Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador, Springer, Berlin Heidelberg (2008), pp. 149-156
3. Whelan C.J., Wenny D.G., Marquis R.J. (2008) Ecosystem services provided by birds *Annals of the New York Academy of Science*, 1134:1, pp. 25-60 doi.org/10.1196/annals.1439.003
4. Moning, C., & Müller, J. (2008). Environmental key factors and their thresholds for the avifauna of temperate montane forests. *Forest Ecology and Management*, 256(5), 1198-1208. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.018>
5. Bregman, T. P., Sekercioglu, C. H., & Tobias, J. A. (2014). Global patterns and predictors of bird species responses to forest fragmentation: implications for ecosystem function and conservation. *Biological Conservation*, 169, 372-383. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.024>
6. Morelli, F., Pruscini, F., Santolini, R., Perna, P., Benedetti, Y., & Sisti, D. (2013). Landscape heterogeneity metrics as indicators of bird diversity: determining the optimal spatial scales in different landscapes. *Ecological indicators*, 34, 372-379. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.05.021>
7. Terrigeol, A., Ebouele, S. E., Darveau, M., Hébert, C., Rivest, L. P., & Fortin, D. (2022). On the efficiency of indicator species for broad-scale monitoring of bird diversity across climate conditions. *Ecological Indicators*, 137, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108773>
8. Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, 61, 101236. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236>
9. Чаликова Е.С. Птицы в арчовниках Таласского Алатау // Тр. Аксу-Жабаглинского государственного природного заповедника. Шымкент, 2007. Вып. 9. – С. 48-113.
10. Ladin, Z. S., Higgins, C. D., Schmit, J. P., Sanders, G., Johnson, M. J., Weed, A. S., ... & Shriver, W. G. (2016). Using regional bird community dynamics to evaluate ecological integrity within national parks. *Ecosphere*, 7(9), e01464.
11. Khan, M. S., & Pant, A. (2017). Conservation status, species composition, and distribution of Avian Community in Bhimbandh Wildlife Sanctuary, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 10(1), 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2016.07.004>
12. Шнитников В.Н. Птицы Семиречья. – М.; Л. – 1949. – 665 с.
13. Корелов М.Н. Список птиц и орнитогеографические районы Северного Тянь-Шаня//Тр. Ин-та зоол. АН КазССР. – 1961, т. 15. – С. 55-103.
14. Ковшарь А.Ф. Материалы по гнездованию птиц в Кунгей-Алатау// Орнитология, вып. 10. М. – 1972. – С. 343-345.
15. Жуйко Б.П. Земляной дрозд в Кунгей-Алатау (Тянь-Шань) // Орнитология, вып. 15. – М. – 1980. – С. 196.
16. Березовиков Н.Н. К орнитофауне Кунгей Алатау (Северный Тянь-Шань) //Казахстанский орнитологический бюллетень 2004. Алматы: «Tethys», 2005. – С: 215-222.
17. Березовиков Н.Н., Винокуров А.А., Белялов О.В. Птицы горных долин Центрального и Северного Тянь-Шаня // Tethys ornithological research, V.1. Алматы: «Tethys», 2005. – С. 19-130.
18. Губин Б.М. 1991. Краткое сообщение о синей птице (в Кунгей Алатау)// Редкие птицы и звери Казахстана. – Алматы. – С. 258.
19. Губин Б.М. К орнитофауне долины реки Женишке// Казахстанский орнитологический бюллетень 2008. Алматы: «Tethys», 2009. – С.204-254.
20. Абаев А.Ж., Гаврилов А.Э., Белялов О.В., Зарипова С.Х. Материалы по орнитофауне ГНПП «Кольсайские озера» //Научные труды ГНПП «Көлсай көлдері» Вып. 1. – Алматы 2012. – С.76-84.
21. Абаев А.Ж., Гаврилов А.Э., Ахметов Х.А., Сапарбаев С.К., Зарипова С.Х. Птицы РГУ ГНПП «Көлсай көлдері» Саты 2016. – 157 с.
22. Абаев А.Ж., Гаврилов А.Э., Арынов Б.Б. Материалы по орнитофауне ГНПП «Көлсай көлдері» // Материалы Международной научно-практической конференции: Независимость Казахстана: Аспекты сохранения биоразнообразия». Алматы, 2021. – С. 218-220.
23. Новиков Т.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. – М. – 1953.

24. Hockin, D., Ounsted, M., Gorman, M., Hill, D., Keller, V., & Barker, M. A. (1992). Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments. *Journal of Environmental Management*, 36(4), 253-286.
25. Fernández-Juricic, E., Jimenez, M. D., & Lucas, E. (2001). Alert distance as an alternative measure of bird tolerance to human disturbance: implications for park design. *Environmental Conservation*, 28(3), 263-269.
26. Carter, N. H., Shrestha, B. K., Karki, J. B., Pradhan, N. M. B., & Liu, J. (2012). Coexistence between wildlife and humans at fine spatial scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(38), 15360-15365. Doi:10.1073/pnas.1210490109
27. Птицы. Под ред. Ковшарь А.Ф.//Красная книга Республики Казахстан. Том 1. Животные. Часть 1. Позвоночные. – Алматы: DPS, 2010. – с.82-197
28. Smith-Castro J. R., Rodewald A. D. (2010). Behavioral responses of nesting birds to human disturbance along recreational trails. *Journal of Field Ornithology*, 81(2), 130-138.

## References

1. Abaev A.ZH., Gavrilov A.E., Belyalov O.V., Zaripova S.H. Materialy po ornitofaune GNPP «Kol'sajskie ozera» // Nauchnye trudy GNPP «Kolsaj kolderi» Vyp. 1. – Алматы 2012. – S.76-84.
2. Abaev A.ZH., Gavrilov A.E., Ahmetov H.A., Saparbaev S.K., Zaripova S.H. Pticy RGU GNPP «Kolsaj kolderi» Saty 2016. – 157 s.
3. Abaev A.ZH., Gavrilov A.E., Arynov B.B. Materialy po ornitofaune GNPP «Kolsaj kolderi» // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoj konferencii: Nezavisimost' Kazahstana: Aspekty sohraneniya bioraznoobraziya». Алматы, 2021. – S. 218-220.
4. Berezovikov N.N. K ornitofaune Kungej Alatau (Severnij Tyan'-SHan') //Kazahstanskij ornitologicheskij byulleten' 2004. Алматы: «Tethys», 2005. – S: 215-222.
5. Berezovikov N.N., Vinokurov A.A., Belyalov O.V. Pticy gornyh dolin Central'nogo i Severnogo Tyan'-SHanya // Tethys ornithological research, V.1. Алматы: «Tethys», 2005. – S. 19-130.
6. Bregman, T. P., Sekercioglu, C. H., & Tobias, J. A. (2014). Global patterns and predictors of bird species responses to forest fragmentation: implications for ecosystem function and conservation. *Biological Conservation*, 169, 372-383. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.024>.
7. Carter, N. H., Shrestha, B. K., Karki, J. B., Pradhan, N. M. B., & Liu, J. (2012). Coexistence between wildlife and humans at fine spatial scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(38), 15360-15365. Doi:10.1073/pnas.1210490109.
8. Чаликова Е.С. Pticy v archovnikah Talasskogo Alatau // Tr. Aksu-Zhabaglinskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika. SHymkent, 2007. Vyp. 9. – S. 48-113.
9. Fernández-Juricic, E., Jimenez, M. D., & Lucas, E. (2001). Alert distance as an alternative measure of bird tolerance to human disturbance: implications for park design. *Environmental Conservation*, 28(3), 263-269.
10. Gubin B.M. 1991. Kratkoe soobshchenie o sonej ptice (v Kungej Alatau)// Redkie pticy i zveri Kazahstana. – Alma-Ata. – S. 258.
11. Gubin B.M. K ornitofaune doliny reki ZHenishke// Kazahstanskij ornitologicheskij byulleten' 2008. Алматы: «Tethys», 2009. – S.204-254.
12. Hockin, D., Ounsted, M., Gorman, M., Hill, D., Keller, V., & Barker, M. A. (1992). Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments. *Journal of Environmental Management*, 36(4), 253-286.
13. Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, 61, 101236. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101236>.
14. Khan, M. S., & Pant, A. (2017). Conservation status, species composition, and distribution of Avian Community in Bhimbandh Wildlife Sanctuary, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 10(1), 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2016.07.004>.
15. Korelov M.N. Spisok ptic i ornitogeograficheskie rajony Severnogo Tyan'-SHanya//Tr. In-ta zool. AN KazSSR. – 1961, t. 15. – S. 55-103.
16. Kovshar' A.F. Materialy po gnezdovaniyu ptic v Kungej-Alatau// Ornitologiya, vyp. 10. M. – 1972. – S. 343-345.
17. Kovshar' A.F. Pticy Tyan'-SHanya. T. 1. – Алматы, 2019. – 376 s.
18. Ladin, Z. S., Higgins, C. D., Schmit, J. P., Sanders, G., Johnson, M. J., Weed, A. S., ... & Shriver, W. G. (2016). Using regional bird community dynamics to evaluate ecological integrity within national parks. *Ecosphere*, 7(9), e01464.
19. Moning, C., & Müller, J. (2008). Environmental key factors and their thresholds for the avifauna of temperate montane forests. *Forest Ecology and Management*, 256(5), 1198-1208. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.06.018>.
20. Morelli, F., Pruscini, F., Santolini, R., Perna, P., Benedetti, Y., & Sisti, D. (2013). Landscape heterogeneity metrics as indicators of bird diversity: determining the optimal spatial scales in different landscapes. *Ecological indicators*, 34, 372-379. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.05.021>.
21. Novikov T.A. Polevye issledovaniya po ekologii nazemnyh pozvonochnyh. – M. – 1953.
22. Paulsch D., Möller-Hohenstein K. Bird species distribution along an altitudinal gradient in southern Ecuador and its functional relationships with vegetation structure/ E. Beck, J. Bendix, I. Kottke, F. Makeschin, R. Mosandl (Eds.), Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador, Springer, Berlin Heidelberg (2008), pp. 149-156.
23. Птицы. Под ред. Ковшарь А.Ф.//Красная книга Республики Казахстан. Том 1. Животные. Часть 1. Позвоночные. – Алматы: DPS, 2010. – с.82-197.
24. Smith-Castro J. R., Rodewald A. D. (2010). Behavioral responses of nesting birds to human disturbance along recreational trails. *Journal of Field Ornithology*, 81(2), 130-138.

25. SHnitnikov V.N. Pticy Semirech'ya. – М.; Л. – 1949. – 665 s.
26. Terrigeol, A., Ebouele, S. E., Darveau, M., Hébert, C., Rivest, L. P., & Fortin, D. (2022). On the efficiency of indicator species for broad-scale monitoring of bird diversity across climate conditions. *Ecological Indicators*, 137, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108773>.
27. Whelan C.J., Wenny D.G., Marquis R.J. (2008) Ecosystem services provided by birds *Annals of the New York Academy of Science*, 1134:1, pp. 25-60 [doi.org/10.1196/annals.1439.003](https://doi.org/10.1196/annals.1439.003).
28. ZHujko B.P. Zemlyanoj drozd v Kungej-Alatau (Тыан'-SHan') // *Ornitologiya*, вып. 15. – М. – 1980. – С. 196.

**Сведения об авторах:**

Чаликова Елена Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник РГП «Институт зоологии» (Алматы, Казахстан, e-mail: [e.chalikova@mail.ru](mailto:e.chalikova@mail.ru))

Зарипова Сырымгуль Хайруллаевна – магистр биологии, научный сотрудник РГП «Институт зоологии» (Алматы, Казахстан, e-mail: [zaripova\\_syrymgul@mail.ru](mailto:zaripova_syrymgul@mail.ru))

Абаев Алмат Жолдасбаевич – научный сотрудник отдела науки и мониторинга РГУ ГНПП «Көлсай көлдері» (Алматы, Казахстан, e-mail: [a.abayev@mail.ru](mailto:a.abayev@mail.ru))

Арынов Бауыржан Бакытулы – старший научный сотрудник отдела науки и мониторинга РГУ ГНПП «Көлсай көлдері» (Саты, Казахстан, e-mail: [baukasgc@mail.ru](mailto:baukasgc@mail.ru))

**Information about authors:**

Chalikova Yelena Sergeevna (corresponding author) — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, e-mail: [e.chalikova@mail.ru](mailto:e.chalikova@mail.ru))

Zaripova Syrymgul Khairullaevna – Master of Biology, researcher at the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, e-mail: [zaripova\\_syrymgul@mail.ru](mailto:zaripova_syrymgul@mail.ru))

Abaev Almat Zholdasbaevich – researcher at the Department of Science and Monitoring of the Kolsai Kolderi State National Natural Park (Almaty, Kazakhstan, e-mail: [a.abayev@mail.ru](mailto:a.abayev@mail.ru))

Arynov Bauyrzhan Bakytuly – Senior researcher at the Department of Science and Monitoring of the Kolsai Kolderi State National Natural Park (Saty, Kazakhstan, e-mail: [baukasgc@mail.ru](mailto:baukasgc@mail.ru))

Поступила 9 января 2024 года

Принята 20 февраля 2024 года



S.S. Kantarbayev<sup>1,2\*</sup>, A.A. Grachev<sup>1,2</sup>,  
Yu.A. Grachev<sup>2</sup>, N.A. Bizhanova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Republican state enterprise with the right of economic management “Institute of Zoology” of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: sanzhar.kantarbayev@zool.kz

## THE INFLUENCE OF THE PROTECTED AREAS ON THE PRESENT DISTRIBUTION OF THE HIMALAYAN BROWN BEAR (*URSUS ARCTOS ISABELLINUS* HORSFIELD, 1826) POPULATION IN THE TRANS-ILI ALATAU, SOUTH-EAST KAZAKHSTAN

The aim of this study is to assess the current distribution of the Tian Shan brown bear (*Ursus arctos isabellinus* Horsfield, 1826) in two study areas: the Almaty State Nature Reserve (ANR) and in the adjacent territories of the Ile-Alatau State National Nature Park (IANP) between 2005 and 2018. Both areas are characterized by different degrees of anthropogenic transformation and conservation measures.

Data collection was carried out using two techniques: ground survey (GS) in 2005–2013 and a camera trapping survey (CT) in 2013–2018.

The comparison of the data obtained by the two methods, GS and CT, showed that the CT data is more extensive as it confirms and supplements the data collected with traditional GS methods.

The Kilometric Abundance Index (KAI) was 0.56 ( $\pm 0.33$ ) individuals per km in the ANR and 0.41 ( $\pm 0.23$ ) individuals per km in the IANP. Using CT, the average occurrence index was 4.4 registrations per 100 trap days in ANR, while 2.9 registrations per 100 trap days in IANP. We observed the bears to have different daily activity patterns in the two study areas, with the bears appearing to be active throughout the day in ANR, and mainly active during the night and early morning in IANP.

This study outlines the role of the territory of the ANR as the nucleus for the settlement of brown bear individuals in the Trans-Ili Alatau Mountain range, due to the abundance of the species remaining high for 40 years. The high observation rate (photos and direct observations) suggest that the bear population has a healthy conservation status. The territory of the IANP can serve as a buffer zone where individual groups of bears can function successfully, provided that they are afforded good protection and that low anthropogenic impact is maintained. On the other hand, the presence of bears in the IANP was mainly observed in sectors with low level of human activity.

**Key words:** Tian Shan (Himalayan) brown bear, Trans-Ili Alatau Mountain range, protected areas.

С.С. Кантарбаев<sup>1,2\*</sup>, А.А. Грачев<sup>1,2</sup>, Ю.А. Грачев<sup>2</sup>, Н.Ә. Бижанова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің «Зоология институты» шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорыны, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: sanzhar.kantarbayev@zool.kz

### Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның Іле Алатауындағы Тянь-Шань қоңыр аюы (*Ursus arctos isabellinus*, Horsfield, 1826) популяциясының қазіргі таралуына ерекше қорғалатын табиғи аумақтардың әсері

Бұл зерттеудің мақсаты 2005 жылдан 2018 жылға дейін жүргізілген зерттеу негізінде Тянь-Шань қоңыр аюының екі зерттеу аумағы: Алматы мемлекеттік табиғи қорығы (АМТҚ) және Іле-Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің (ІА МҰТП) іргелес аумақтарындағы замануи таралуын бағалау болып табылады. Екі аумақ әр түрлі дәрежедегі антропогендік өзгерістермен және қорғау режимімен сипатталады. Мәліметтерді жинау екі әдіспен жүргізілді: 2005–2013 жылдар аралығында жүргізілген далалық зоологиялық әдістер және 2013 жылдан бері қолданылып келе жатқан фотоқақпандарды қолдану арқылы тіркеу.

Далалық және қашықтағы әдістермен алынған мәліметтерді салыстыру негізінде фотоқақпандардан алынған алынған деректердің неғұрлым ауқымды және тиімді екені анықталды, олар дәстүрлі далалық әдістермен алынған деректерді растайды және толықтырады.

Түрлердің көптігі индексі (КАІ) Алматы қорығы үшін маршруттың 1 км-іне 0,56 ( $\pm 0,33$ ) дара, Іле-Алатау ұлттық паркі үшін 1 км-ге 0,41 ( $\pm 0,23$ ) дара болды. Қорықта аюдың кездесу индексі, орташа есеппен, 100 фотоқақпан/тәулікке 4,4 тіркелу болды, ал Ұлттық паркте 100 фотоқақпан/тәулікке 2,9 тіркелу құрды.

Зерттелген екі аймақта аюлардың күнделікті белсенділігінің әр түрлі екені байқалынды: Алматы қорығында аюлар күндіз белсенді болса, ІА МҰТП аумағында олар негізінен түнде және таңертеңгі уақытта фотоқақпандарға тіркелді.

Бұл зерттеуде Іле Алатауы жотасындағы қоңыр аю дараларының таралу өзегі ретінде Алматы қорығы аумағының рөлі көрсетілген. Алматы қорығы бұл түрдің Іле Алатауында 40 жыл бойы санының көптігіне болып сақталуына зор үлесін қосуда. Тіркеудің жоғары деңгейі (фотосуреттер және тікелей бақылаулар) аю популяциясының тұрақты табиғатты қорғау мәртебесіне ие екендігін көрсетеді. ІА МҰТП аумағы жақсы қорғалған және төмен антропогендік жүктемені ұстаған жағдайда аюлардың жеке топтары тұрақты тіршілік ете алатын буферлік аймақ ретінде қызмет көрсете алады. Басқа жағынан, ІА МҰТП аумағында аюлар адам белсенділігінің төмен деңгейі бар секторларда көбінесе байқалды.

**Түйін сөздер:** Тянь-Шань қоңыр аюы, Іле Алатауы жотасы, ерекше қорғалатын табиғи аумақтар.

С.С. Кантарбаев<sup>1,2\*</sup>, А.А. Грачев<sup>1,2</sup>, Ю.А. Грачев<sup>2</sup>, Н.Ә. Бижанова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Институт зоологии» Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: sanzhar.kantarbayev@zool.kz

### Влияние особо охраняемых природных территорий на современное распространение популяции тянь-шаньского бурого медведя (*Ursus arctos isabellinus* Horsfield, 1826) в Заилийском Алатау, Юго-Восточный Казахстан

Целью настоящего исследования является оценка современного распространения тянь-шаньского бурого медведя на двух изучаемых территориях: Алматинском государственном природном заповеднике (АГПЗ) и сопредельных территориях Иле-Алатауского государственного национального природного парка (ИА ГНПП) в период с 2005 по 2018 гг. Обе территории характеризуются разной степенью антропогенной трансформации и режимом охраны.

Сбор данных осуществлялся с использованием двух методов: полевые зоологические методы, проводившиеся с 2005 по 2013 гг., и регистрация с использованием фотоловушек, которая применялась с 2013 по 2018 гг. Сравнение данных, полученных двумя полевыми и дистанционными методами, показало, что данные с фотоловушек более обширны и эффективны, так как подтверждают и дополняют данные, полученные традиционными полевыми методами.

Индекс обилия вида (КАІ) составил 0.56 ( $\pm 0.33$ ) особей на 1 км маршрута для Алматинского заповедника и 0.41 ( $\pm 0.23$ ) особи на 1 км для Иле-Алатауского национального парка. Индекс встречаемости в среднем для заповедника – 4.4 регистраций на 100 фотоловушко/суток, для национального парка – 2.9 регистраций на 100 фотоловушко/суток.

Отмечено, что медведи имеют различный характер суточной активности в двух исследуемых регионах: медведи проявляли активность в течение дня в АГПЗ, тогда как в ИА ГНПП они регистрировались в основном ночью и ранним утром.

В данном исследовании обозначена роль территории АГПЗ как ядра расселения особей бурого медведя в горном массиве Заилийского Алатау, в связи с тем, что численность вида остается высокой в течение 40 лет. Высокий уровень регистрации (фотографии и непосредственные наблюдения) позволяет предположить, что популяция медведей имеет устойчивый охранный статус. Территория ИА ГНПП может служить буферной зоной, в которой отдельные группы медведей могут успешно функционировать при условии обеспечения им хорошей охраны и сохранения низкой антропогенной нагрузки. С другой стороны, присутствие медведей в ИА ГНПП в основном наблюдалось в секторах с низким уровнем активности человека.

**Ключевые слова:** тянь-шаньский бурый медведь, горный массив Заилийского Алатау, особо охраняемые природные территории.

## Introduction

The brown bear (*Ursus arctos*) has the largest range among the bears (Family Ursidae, Order Carnivora) worldwide [1, 2], and is present in both

large and connected populations, as well as in small and isolated ones, which has resulted in the existence of several subspecies (*U. a. horribilis* Ord, 1815; *U. a. horribilis middendorffi* Merriam; *U. a. pruinosus* Blyth 1854; *U. a. isabellinus* Horsfield,

1826; *U. a. jenseiensis* Ognev 1924). In Central Asian populations, there is an uncertainty about the level of isolation of the bear populations in the Tian Shan Mountains of Kyrgyzstan, Kazakhstan, Uzbekistan, and Xinjiang (Northwest China). Tian Shan bears are considered to be separated from bears in the Altai Mountains of Northeastern Kazakhstan and Russia by the Dzhungarian (Zhetisu) mountain system and the less mountainous plains in Northeastern Kazakhstan [3, 4]. Therefore, as a preventive management approach to ensure regional conservation objectives in Kazakhstan and other Central Asian countries, – Uzbekistan, Tajikistan, and Kyrgyzstan, the Tian Shan brown bear (*Ursus arctos isabellinus* Horsfield, 1826) is listed in the Red Data Books. In the latest edition of the Red Data Book of the Republic of Kazakhstan, the Tian Shan bear is listed in the 3rd category (“with the declining range and numbers”) [5]. In 2017, the Tian Shan brown bear was included in the IUCN Red List as a Vulnerable subspecies for the Tian Shan mountains and included in Appendix I of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). One of the challenges for the coming decades is the negative impact of climate change on the quality of Tian Shan bear habitats and consequently to its distribution [6]. In this regard, the primary challenge is to better understand the present distribution and potential of currently available habitats to host the present population, the existing limiting factors as well as human-bear relationships.

The Tian Shan brown bear was common in the Trans-Ili Alatau range before 1900s, and became rare in the valleys of Big and Small Almatinka Rivers in the 1920s and 1930s. By the 1940s, the bear was exterminated in the Syrdarya Karatau ridge [1, 7], and has not been observed in the region since 1960s. In Kazakhstan, the Tian Shan brown bear is currently found only in the Tian Shan and Dzhungarian Alatau mountain regions. Following the creation of the Ile-Alatau State National Nature Park (IANR) on this territory and the improvement of the conservation measures, bear sightings began to be registered in the Big Almatinka Gorge, becoming increasingly regular [8].

The latest and most comprehensive studies of Tian Shan brown bear ecology in the Almaty State Nature Reserve or Almaty Nature Reserve (ANR) were carried out by V.A. Zhiryakov [9]. According to his data, the brown bear population density was 0.7-1.0 individuals per 10 km<sup>2</sup> in the spruce forest belt of the reserve. In the first half of the summer (June-July), the animals were distributed more or less evenly across all the high-altitude zones of the

mountains, from deciduous forests to alpine meadows. In the second half of summer and autumn, bears would move to apricot apple forests, where their density reached 5 individuals per 10 km<sup>2</sup>. The total number of bears in the reserve at that time was estimated at 25 individuals [10].

According to the legislation of the Republic of Kazakhstan, the protection status is established over the entire territory of ANR, with the prohibition of any economic, recreational and other activities (hunting, collection of useful plants and mushrooms etc.), considering the peculiar properties of the area. On the territory of the IANP following zones are distinguished: natural reserves, environmental stabilization zones, tourist zones, recreational activity zones and limited economic activity zones. Some limited grazing, red deer (maral) breeding, haymaking, non-professional picking of mushrooms, fruits and berries, and gardening are allowed in the limited economic activity zones. Hunting had also been permitted until a moratorium was introduced in 2017.

This study was conducted in two study areas – the Almaty Reserve (ANR) and in the adjacent territories of the Ile-Alatau National Park (IANP) in the period between 2005 and 2018, where both areas are characterized by different degrees of anthropogenic transformation and conservation status.

Our hypothesis regarding the current distribution is that there has been no change towards an increase in the area used by bears as a result of natural and anthropogenic barriers. We assume that the bear population of the ANR is higher than in the IANR as a result of the bear population of the IANR being influenced by the metropolitan city of Almaty in recent decades due to its constant population growth and expanding infrastructure. The observed negative dynamics can lead to their complete disappearance from their ancestral habitats in the future. The primary reasons for this negative phenomenon are the factor of anxiety as a result of an excessive recreational load, accompanied by the construction of resorts and various infrastructure as well as an unregulated (spontaneous) flow of tourists. In 2018, the IANR set up hiking trails and installed covered gazebos for tourists in the hard-to-reach gorges of Ayusai and Prokhodnoye. This measure made some parts of the mountains which were constant brown bear habitats increasingly accessible to humans.

Due to the different conservation statuses and the effect of anthropogenic transformation, we decided to test our hypothesis about the differences in daily bear activity in these two territories. In particular, our goal was to understand, describe and compare the following data between ANR and IANR: (1) the relative abundance index, (2) the age and sex

structure, (3) temporal activity and behavioral characteristics.

### Study area

In order to achieve our goals, the study area which extended over several mountain belts was divided into 6 pilot sites where field monitoring studies were carried out in the mountain gorges of the Trans-Ili Alatau: the Right Talgar River, Middle Talgar River, Big Almatinka River (including the Prokhodnoye River) and the Ayusai, Aksay and Kargaly Rivers (Figure 1).

The Almaty Nature Reserve is located in the south-east of Kazakhstan (N 43° 06'00, E77° 19'00) in the central part of the Trans-Ili Alatau ridge of the Tian Shan mountain system. The reserve has a surface area of 717 km<sup>2</sup> and the altitude ranges from 1500 to 4979 m above sea level. The main part of the protected area is located on the northern macro slope of the ridge in the basins of the Talgar, Yesik and Turgen Rivers. The western border of the territory runs along the Left Talgar River, the northern border along Right Talgar River and the eastern border along the crest of a high spur dividing the valleys of the Yesik and Turgen Rivers. The southern part of the border passes near Toguzak pass and exits through the Bogatyr glacier to the upper reaches of the Shelek River. Data collection was conducted

mainly in the Middle Talgar Gorge, rarely visited by people, with human disturbance practically absent. We will consider the reserve as a reproductive nucleus where the largest group of bears inhabits the Trans-Ili Alatau.

The Ile-Alatau National Park (N 43° 04'00, E 77° 10'00) is located in the central and the eastern parts of the northern macro slope of the Trans-Ili Alatau. The total area of the park is 2000 km<sup>2</sup> and the altitude ranges from 600 to 4540 m above sea level. The bears are more negatively affected by humans in this area.

The park has a developed network of walking routes, buildings (campsites, sanatoriums and residential buildings), pastures and roads, including two major roads – to the Big Almatinka Lake in the Big Almatinka Gorge and to the Small Almaty Gorge, with developed infrastructure and residential buildings around the perimeter. The Kargaly Gorge, with a length of 18 km, is located to the west of the Big Almatinka Gorge. Our research was carried out in the basins of the Big Almatinka, Ayusai, Kargaly and Aksai Rivers.

The Big Almatinka River is composed of two sources – Prokhodnoye River and Big Almatinka River itself. In the south, the state border with Kyrgyzstan runs along the main ridge. The area of the Big Almatinka River basin within the mountains is 282.4 km<sup>2</sup>.

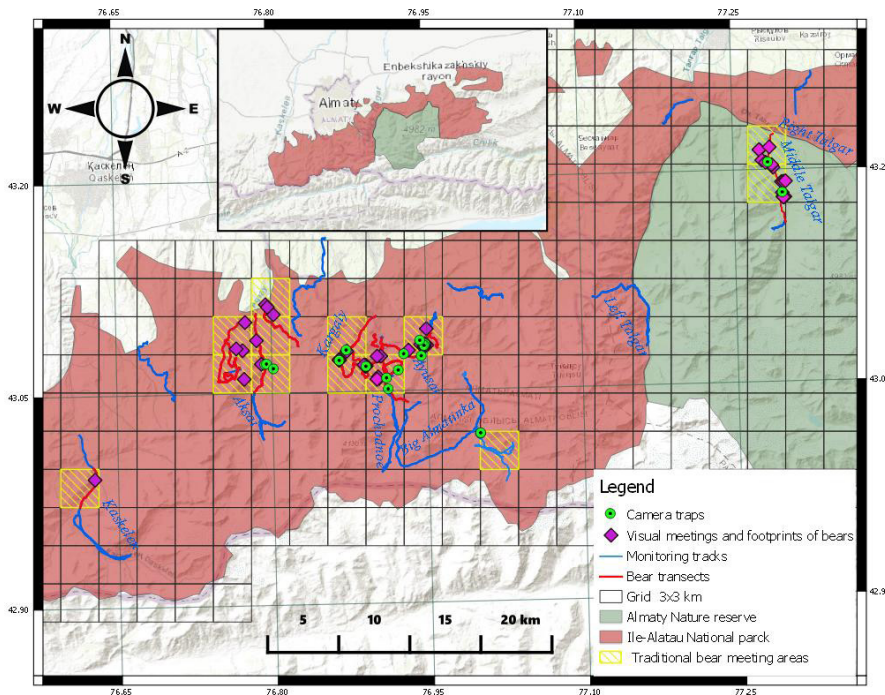


Figure 1 – Map of the research area with places of visual bears meeting, bear signs and installed camera traps



The basins of the Right and Middle Talgar, Aksai, Kargaly and Big Almatinka Rivers are occupied mainly by Schrenk's spruce (*Picea schrenkiana*). The protective conditions for bears are good (Figure 2). The slopes are covered with thickets of sea buckthorn (*Hippophae*

*rhamonides*), hawthorn (*Crataegus almaatensis*), barberry (*Berberis sphaerocarpa*), wild rose (*Rosa canina*), wild apricot (*Armeniaca vulgaris*) and Sievers' apple tree (*Malus sieversii*). Their fruits are the typical feeds of the Tian Shan brown bear.



**Figure 2** – The habitat of the Tian Shan brown bear in the Trans-Ili Alatau

## Materials and Methods

Field work was carried out from 2012 to 2018 on the territory of the ANR and from 2016 to 2018 in the adjacent territories of the IANR. It was also analyzed, collected by the ANR Researchers Saltore K. Saparbayev and Altynbek D. Dzhanyspaev, during the accompanying field trips from 2005 to 2013, as well as in 2015 and 2018. The observations were made from April to July (the spring-summer season) and from September to November (autumn season). In the ANR ground surveys were conducted in a total of 37 days of observation. The ground IANP surveys were conducted over a total 40 days of observation.

Data collection was carried out using traditional methods of (1) track and signs ground survey and (2) direct visual observations for mapping the bear

presence. The data obtained using these traditional methods was used to plan and develop a working protocol for (3) the camera trap monitoring activities. Due to the field work conditions in the IANR we focused on recording bear signs, while using direct observation in the ANR. Camera trapping was used in both ANR and IANR.

### *Track and signs ground survey*

We used the footprint measuring method to monitor the bear presence using our ground survey for tracks [11-15]. We used this method to establish the presence of bears at the pilot sites and estimate their relative abundance. The full footprint of a brown bear's front paw on the ground includes the fingerprints of five fingers with claws, a print of a large transversely located palm cushion and a little behind it, closer to the outer edge, the print of a small

round pillow. The large transverse cushion (“callus”) on the forepaw is called a palmar (from the Latin word “palma”, i.e. palm). Its greatest length, lying almost across the track as a whole, serves as the most suitable indicator for measuring the tracks of a bear. This value varies less than others depending on the soil and the speed of the bear. For the sake of simplicity, we will call this measurement the “palm width” in the rest of the manuscript (Figure 3). The front and outer edges of the large palmar cushion and middle fingers leave the best imprints, while all of the other elements may be unclear and completely absent. When a bear is being “tracked”, the measurements of those prints where the edges of the palm are quite clearly visible are used.

The data collection protocol included: the establishment of the teams for field work composed by 1-2 individuals; planning and mapping the monitoring routes (considering various types of land use – forest plantations, rocky talus, alpine meadows along the main river valleys, along river banks on long-term animal trails as well as taking the strongly rugged terrain of the Tian Shan mountains into account, where long-term animal trails usually run along river valleys and there is a high concentration of material for ground survey observations); preparation of cartographic materials for GPS units, verification of equipment and instruments; training on safety rules. Observers were provided with GPS units on which spatial information about the bears tracks and signs was recorded. A special training session was conducted to explain the proper method for the measurement of tracks and to avoid measurement errors by making sure that only undistorted impressions of the plantar corns of the forepaw were measured.

All bear tracks were recorded, while the number of tracks, the degree of their freshness, the direction of movement of the animals and the width of the footprint of the plantar callus were registered and used to determine individual bears. We also registered signs of marking activity (scratches, tears and bites on trees).

The data collected was used to calculate Kilmetric Abundance Index (KAI) using the  $L$  formula, where  $n$  = total life traces and  $L$  = track length.

### ***Direct visual observations***

The direct visual observation method was used to determine the relative abundance and sex-age composition of the animals. In mountainous conditions, in places where it is possible to view a large area from the elevations of the slopes of the mountains and ranges, we observed bears directly using

binoculars (Bushnell brand – 12x). Given the direct correlation between the number of traces of animal activity and the number of animals recorded visually throughout the entire research period, we mapped traces of animal activity and noted visual encounters [16-18].

The observation routes were surveyed once every 2-3 days, using the following time intervals: 8.00 – 12.00 and 15.00 – 20.00. Historical observation showed that bears are inactive between the 12.00 and 15.00. At the time the animals were inactive between 12.00 to 15.00, the observers moved as far as possible along the track for the greatest possible coverage of the territory. Observations were conducted with good visibility from early April to early June. During the visual observation of the bears, the place and time of the observation, the number of different individuals, their relative position to the observer (the distance and orientation) were recorded. We also opportunistically registered the size, color, gender, direction of movement and type of activity at the time of the observation.

Among the animals encountered, two groups were distinguished: females with cubs and solitary animals (adult and semi-adult males and spring females, which cannot be reliably distinguished).

### ***Camera trapping material***

Special studies of different species including bears were carried out using automatic camera trapping cameras [19-22]. Using this method, we tried to obtain primary data on the relative abundance of bears in the territory, their distribution in different biotopes, sex and age composition and daily activity.

Two camera trap surveys have been conducted in the ANR. The first took place between 2013-2014, where 15 automatic security cameras were installed and provided data for 802 camera trapping days, while the second survey carried out in 2014-2015 resulted in 615 camera trapping days.

10 camera traps were also installed in a sector of the IANP of 150 km<sup>2</sup> in 2016-2018, and they remained active for 956 camera traps-days.

Automatic security cameras (brands Reconyx, Bushnell Trophy Cam HD and Bushnell Trophy Cam HD Aggressor) were used and placed within the forest belt at altitudes from 1770 m to 3083 m above sea level. Camera traps were installed in places where any signs of bear activity were discovered. The traps were placed on trees with flat areas under the crown, if possible and attached at a height of 50-60 cm (the average height at the withers of the Tian Shan brown bear). The main indicators of the opera-



tion of camera traps and the successful capture of animals are as follows: the number of camera trapping days per camera; the number of passes / registrations of individuals; the total number of camera shots; and the animal occurrence index.

When analyzing the data, we performed calculations according to the generally accepted method to determine the animal occurrence index [23, 24]. The animal occurrence index per 100 camera trapping days was determined by the formula:  $X = \frac{n \times 100}{M}$ , where  $n$  = the number of passes of animals and  $M$  = total number of camera trapping days.

## Results and Discussion

### *Results of traditional approach*

In the ANR, bears we registered bears visually more often than in the IANP. A total of 37 bears and 6 animal traces were recorded, such as broken anthills ( $n = 2$ ), digs ( $n = 1$ ), consumed grass ( $n = 2$ ) and traces of eating carcasses ( $n = 1$ ).

We registered 38 signs of bear presence in the territory of the IANP, including two visual contacts

and four “bear trees” with bites and scratches (Figure 3) [25, 26]. On different substrates, we found footprints of brown bears ( $n = 17$ ). In the fall, before lying in a den, bears eat apple and apricot trees, inflicting some damage to them. We found broken branches and damaged young trees ( $n = 10$ ). During our observation in the Kok-Zhailau plateau (a site between the Big and Small Almatinka Rivers) we did not find any signs of brown bear activity during the entire research period, which was also confirmed by earlier studies in this territory [27, 28].

The Kilometric Abundance Indices (KAI) in the Almaty Nature Reserve, based on visual observations and in the Ile-Alatau National Park, were determined based on the recording of bear tracks and signs. Two research sites with different conservation statuses and animal habitats as a result of anthropogenic transformation are presented in Table 1. The relative abundance of bears, according to photographic registration and the number of visual encounters of animals, is noticeably higher in the Almaty Reserve as a result of its long-term conservation status.



**Figure 3** – Footprints and scratches on the bark of a tree left by bears

The camera trap method made it possible to accurately determine a date when the bear entered its den in the Middle Talgar River on November 16 in

2013. During heavy snowfall, a single bear moved up a rocky slope. After this date, there were no bears registered with camera traps.

**Table 1** – The Kilometric Abundance Indices of bears In the Ile-Alatau National Park (by traces of life activity) and Almaty Reserve (by visual observation)

YEAR	Route																							
	Ayusai			Aksai			Prokhdnoye			Kaskelen			Kargalynka			Right Talgar			Middle Talgar					
	Route length & signs	Track & signs	KAI	Route length	Track & signs	KAI	Route length	Track & signs	KAI	Route length	Track & signs	KAI	Route length	Track & signs	KAI	Route length	Track & signs	KAI	Route length	Track & signs	KAI			
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	2	0.20	-	-	-			
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3	0.30	-	-	-			
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	1	0.13			
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3	0.30	-	-	-			
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6	0.75			
2010	4.3	1	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	4	0.40	-	-	-			
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6	0.75			
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	5	0.63			
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	2	0.20	-	-	-			
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2015	4.3	2	0.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	3	0.38			
2016	5	4	0.80	6.8	6	0.88	11.2	5	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	3	0.38			
2017	10	3	0.30	17.1	3	0.18	7.4	3	0.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	2	0.20			
2018	21	7	0.33	29.2	8	0.27	12	7	0.58	20	1	0.05	13.6	6	0.44	-	-	-	8	8	1			
ANR Total KAI	88 km																		43 signs			M = 0.56 (±0.33)		
IANP Total KAI	161,9 km																		56 signs			M = 0.41 (±0.23)		



## Camera trapping results

### Relative abundance

18 bears were registered over 189 camera trapping days in the Almaty Nature Reserve in 2013, from August to November, with an average of 3.92 per 100 trap days. In 2014, from April to August, there were 15 registrations per 343 camera trapping days, with an average of 4.4 per 100 trap

days. From August 2014 to April 2015 there were 31 registrations with an average of 4.8 per 100 trap days.

28 bears were registered in the Ile-Alatau National Park between April and November 2016-2018 over 956 camera trapping days at an average of 2.9 per 100 trap days.

The animals were all registered at an altitude of 1879 to 2480 m above sea level (Figure 4).



Figure 4 – Bears in the field of vision of camera traps

### Age and sex composition

In the Almaty Reserve in 2013, the 18 bears recorded on the camera traps included 15 (83.3%) single animals and 3 (16.7%) female bears with cubs. The 15 registrations in 2014 consisted of 12 (80%) single animals and 3 (20%) female bears with cubs.

Of the females recorded by the camera traps in 2013, two had 2 cubs and one had 1, with an average of 1.6 cubs per female. In 2014, three females had one cub each.

In Ile-Alatau National Park in 2016-2018 out of 28 meetings, 26 (92.8%) were single animals and

2 (7.2%) were female bears with cubs. Of the two females, one had 1 cub, the second – two, an average of 1.5.

### Daily activity

An analysis of the camera trap data for the entire observation period in the ANR has shown that 6 (9%) of the sightings were registered in the morning, 23 (34.4%) in the afternoon and 38 (56.7%) of the animal encounters were recorded at night ( $n = 67$ ). Bears are mainly active from 18 p.m. to 6 a.m. (Figure 5).

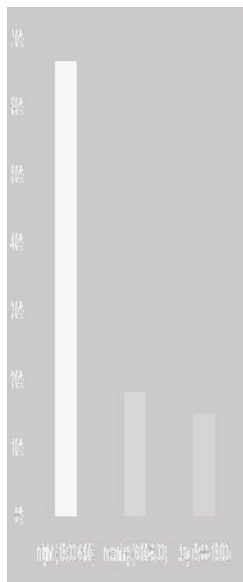
The data for the IANP shows that 6 (18.2%) were recorded in the morning, 5 (15.2%) in the afternoon and 22 (66.7%) encounters took place at night (n = 33) (Figure 6).

To assess whether the pattern of activity differs between the two study areas, we applied the Pearson

chi-square test (Statistics 10.0 After plotting the diagram (Figure 7)), which showed that the level of statistical significance between the difference in ANR and IANP did not show the statistical significance of the chi-square test ( $P = 0.339559$ ) in Table 2.



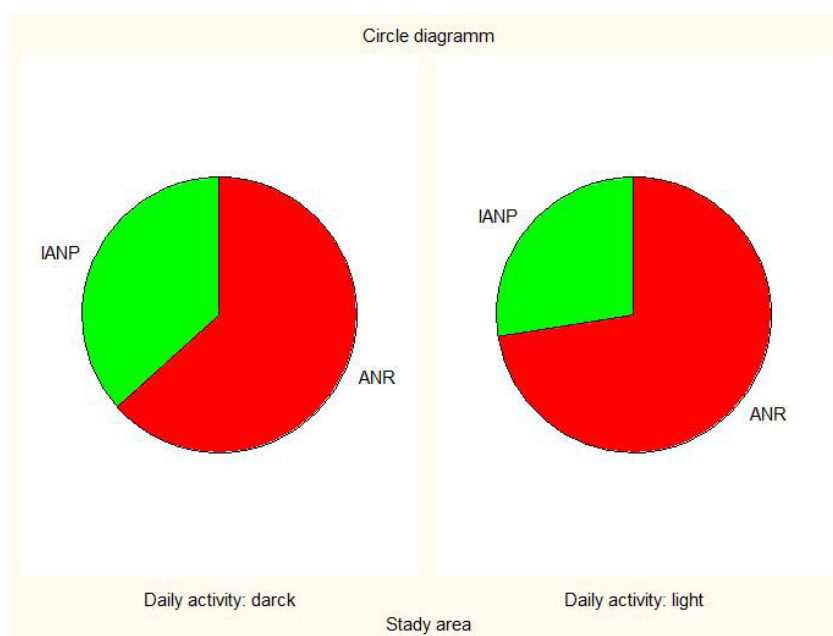
**Figure 5** – Daily activity of bears in the Almaty Reserve (% of the number of encounters)



**Figure 6** – Daily bear activity in the Ile-Alatau National park (% of the total number of encounters)

**Table 2** – Results of the significance of the Pearson chi-square test

Summary table: Expected Frequencies Marked cells have counts > 5 Pirson chi-square: 0.912106; df=1; P=0.339559			
Study area	Daily activity dark	Daily activity light	Row totals
ANR	40.2	26.8	67.0
IANP	19.8	13.2	33.0
Total	60.0	40.0	100.0

**Figure 7** – Diagram of the difference in daily activity in ANR and IANP

## Discussion

The group of Tian Shan brown bears occurring on the territory of the ANR has remained stable over the past 40 years due to the isolation of the locations they inhabit, as well as the conservation status of the territory and the restrictions on human incursions. There is no increase in the effect of the presence of humans there. The high level of registration of animals by camera traps and the frequent visual sightings give reason to believe that the bears are relatively evenly distributed over the entire territory suitable for the species habitation. The Kilometric Abundance Index (KAI) of visual animal encounters was  $0.56 (\pm 0.33)$  individuals per 1 km of the route. This is confirmed by the available data on bear activity mainly taking place in the hours of the early morning, evening and night [27]. However,

animals also occur during the day, which may be related to weather and food conditions, as well as the disturbance factor. The occurrence index for camera traps showed 4.4 registrations per 100 trap days for the reserve on average.

Bear concentration in the IANP is observed mainly in inaccessible areas with good forage supply and protective conditions where there are practically no traces of human activity. For the Ile-Alatau National Park, the occurrence index was 2.9 registrations per 100 trap days. The Kilometric Abundance Index (KAI) by traces of animal activity was  $0.41 (\pm 0.23)$  individuals per 1 km.

As a result, the hypothesis about different daily activity levels in territories with different conservation statuses was not confirmed. However, this difference can be clearly traced and may possibly be associated with other environmental factors (the

forage supply, territorial distribution and protective factors). We plan to find this out in our further studies. It was shown that in the territory with a lower conservation status the activity of animals is noticeably reduced in the daytime.

Our study concluded that the spatial dynamics of the brown bear population in the specially protected nature areas of the Trans-Ili Alatau show that two of the key areas of its habitat where bears live mainly in gorges have been identified as areas with different levels of anthropogenic transformation. Their daily activity in the two pilot sites remains the same, which indicates a low disturbance factor both in the ANR and in the IANP. The role of the territory of the ANR can be defined as the nucleus for the settlement of individuals of the brown bear in the mountains of the Trans-Ili Alatau, since the abundance of the species there has remained high for the last four decades. The territory of the IANP can serve as a buffer zone, where, subject to good protection and low anthropogenic impact, individual groups of bears can function successfully. The first covers the Kaskelen, Kyrgauldy, Aksai, Karagalinka, Prokhdnoye, Ayusay Gorges and part of the left bank of the Big Almatinka River in the Ile-Alatau National Park. The second is concentrated within the Left, Middle and Right Talgar, Issyk, Turgen and Shelek Gorges (the entire territory of the Almaty Reserve). The insulating barrier between the two groups is an extended section between Small and Big Almatinka Rivers, with a developed network of roads, residential buildings, ski resorts, recreational lodges and other infrastructure with an increased disturbance factor for bears.

Early data from field studies by other theoretical scientists such as S.I. Ognev and A.A. Sludsky for the western part of the Trans-Ili Alatau ridge and in the valleys of the Big and Small Almatinka Rivers shows that Tian Shan brown bears were already quite rare in 1930-1939 [29, 30]. Later references from the 1980s report on the absence of brown bears in the valleys of these rivers. In the mountains of the Trans-Ili Alatau, bears were rare in the valleys of the Small and Big Almatinka Rivers, although animals were still found in the neighboring gorges [27]. After the creation of the Ile-Alatau National Park on this territory in 1996 and an increase in their conservation status, rare visits of bears began to be noted in the Big Almatinka Gorge and then the permanent settlement of bears in the area [31]. At present, a permanent stay of a brown bear is noted

in the Ayusai and Prokhdnoye Gorges within the basin of the Big Almatinka River. These gorges are part of the recreational zones where bears regularly encounter humans and traces of their life. In our work, we tried to supplement the previously conducted research using new technologies (camera traps). Prior to this, there had been no special studies with the use of camera traps conducted in Kazakhstan, so we decided to use this method.

This provided us with results that allowed us to assess the current state of the brown bear population in the territories of two protected areas in the Trans-Ili Alatau in terms of their relative abundance and daily activity.

In September 2018, we discovered a bear's den in the Banditsai canyon (upper reaches of the Karagaly canyon) (Figure 8). The den was among the rocks in a stone cave with a depth of around 2.5-3 meters and with the width of its forehead (entrance) being 80x80 cm. Inside the den, old branches (litter) and a hollow in the ground were discovered, serving as the place for winter hibernation. The den is located 7 km away from local housing estates, at the exact GPS coordinates of N43° 03.886' E76° 52.141' and at a height 2654 m. In the spring, traces of 4 different bears were noted in this area at once. According to our assumptions, several dens can be located in this biotope, since there are many rocky niches and caves on this site, which can potentially serve as shelters for bears.

It is known from a previous publication that bears in the Tian Shan mountains prefer biotopes characteristic of what we found in the Karagalinka canyon at altitudes of 2600-3600 m above sea level [27]. This site is important during the den-building period, which is a key part of the life of brown bears.

However, in the process of conducting our research, limitations to the study of the demographic and spatial structures of the population of this species became apparent. The limited resources and information available have also made it necessary for the authors of this work to continue their research and monitoring of brown bear groups in the Trans-Ili Alatau and throughout its range in Kazakhstan.

As the observations show, an increase in the number and an expansion of the bear's range in those areas where it lived earlier are predicted. In this regard, the most acute problem is the occurrence of conflicts with humans, which will become a threat to both sides.





**Figure 8** – View of the bear’s den from the outside and from the inside, September 2018. Photo by M. Bespalov

The main reason for the occurrence of possible conflicts between bears and humans is the increasing tourist load, and, as a result, the large amount of garbage that tourists leave. On the main trails in all the areas studied by us within the recreational areas, garbage and food debris were discovered. It is known that garbage attracts bears and they can eventually lose their fear of humans and traces of their life. To date, we do not know of any cases of bear attacks on humans in the territory of the Ile Alatau National Park. However, we do not exclude that such undesirable confrontations may occur in the near future.

### Conclusion

The need for a systematic study of brown bears within their range in our country is long overdue. The last review article on the bear in Central Asia and Kazakhstan was published in 1994, but it is based on materials from the 1970s. Since then, no systemic monitoring studies have been carried out, with the exception of our preliminary attempt to assess the current population of bears in Kazakhstan [32].

The brown bear, as an inhabitant of the mountain forests of Central Asia, plays a comprehensive and substantial biocenotic role: as a predator, as a consumer of a large number of species and number of invertebrates, as well as a distributor of seeds of wild-fruited plants, including rare and endangered species such of apple and apricot trees.

The outlined theses allow us to believe that the research being carried out is relevant, high-priority

and important both in scientific and practical terms. The goals and objectives set here correspond to the requirements of the Convention on Biodiversity (1992) provisions of the “National strategy and action plan for the conservation and balanced use of biological diversity” (1999) and “Ecology of Kazakhstan for 2010-2020” national programs.

### Acknowledgements

This work was carried out as one of the set of projects of the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan titled “BR18574058: Development of the Red Data Book of Animals of Kazakhstan and an electronic database of rare and endangered animals” and “AP05133572: Patterns of spatial structure and biotopic distribution of rare and economically important species of mammals in the protected and recreational areas of the Northern Tian Shan as a basis for their conservation and rational use”, 2018-2020; and the “Pilot study of the genetics and population ecology of the Himalayan brown bear (*Ursus arctos isabellinus*) in the recreational areas of the Northern Tian Shan mountains” (IBA grant program, 2018).

We would like to thank the IBA R&CG Foundation for the opportunity to conduct pilot studies in Kazakhstan on the population ecology of the brown bear.

We would also like to extend our gratitude for the help in collecting field material to Laboratory of Theriology team members Saltore K. Saparbayev and Altynbek D. Dzhanyspaev.

## References

1. Heptner V.G., Naumov N.P., Yurgenson P.B., Sludskiy A.A., Chirkova A.F., Bannikov A.G. Mlekopitayushchie Sovetskogo Soyuzha [Mammals of the Soviet Union]. – 1967. – Vol. 2, Part 1. Morskie korovy i khischnye [Sea Cows and Carnivores]. Moscow, Vysshaja shkola. – p. 410 (In Russian)
2. Swenson J.E., Taberlet P., Bellemain E. Genetics and conservation of European brown bears *Ursus arctos* // Mammal Review. – 2011. Vol. 41, Issue 2. – pp. 87-98.
3. Loginov O.V. Medvedi Kazakhstana. Obykvennyy ili evrazijskiy buryj medved' (*Ursus arctos arctos* L.) [Bears of Kazakhstan. Eurasian brown bear (*Ursus arctos arctos* L.)] // Available at <http://www.slf.kz/ru/habitatsinkz/67-medvedi-kazakhstana> (accessed on 14.04.2022) (In Russian)
4. Tumendemberel O., Zedrosser A., Proctor M.F., Reynolds H.V., Adams J.R., Sullivan J.M. et al. Phylogeography, genetic diversity, and connectivity of brown bear populations in Central Asia // Plos One. – 2019. Vol. 14, Issue 8. e0220746. doi:10.1371/journal.pone.0220746
5. Grachev Yu.A. Tyan'-Shan'skiy buryy medved' [Tian Shan brown bear] // Red Data Book of Republic of Kazakhstan. – 2010. – Vol. 1, Part 1. 4th edition. Almaty, Kazakhstan. – pp. 232-233 (In Russian)
6. Su J., Aryal A., Hegab I.M., et al. Decreasing brown bear (*Ursus arctos*) habitat due to climate change in Central Asia and the Asian Highlands // Ecology and Evolution. – 2018. No. 8. – pp. 11887–11899. doi:10.1002/ece3.4645.
7. Antipin V.M. Ocherki nazemnykh pozvonochnykh khrebtta Karatau [Essays on the terrestrial vertebrates of the Karatau ridge] // Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological series. – 1955. Vol. 60, Issue 1. – pp. 33-38 (In Russian)
8. Kantarbayev S.S., Mynbayeva B.N. Ekologiya burogo medvedya v uschel'yakh Zailiyskogo Alatau (Severnnyy Tyan'-Shan') [Ecology of the Brown Bear in the Gorges of the Ile Alatau (Northern Tian Shan)] // Abay Kazakh National Pedagogical University Bulletin. The "Estestvenno-geograficheskie nauki" Series. – 2016. Vol. 4, Issue 46. – pp. 70-78 (In Russian).
9. Zhiryakov V.A. Pitanie i biotsenoticheskaya rol' burogo medvedya v Severnom Tyan'-Shane i Dzhungarskom Alatau [Nutrition and biocenotic role of the brown bear in the Northern Tian Shan and Dzhungarian Alatau] // Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series. – 1980. – Vol. 85, Issue 2. – pp. 20-30 (In Russian)
10. Zhiryakov V.A. Vzaimootnosheniya burogo medvedya i dikikh kopytnykh v Zailiyskom Alatau [The relationship of brown bear and wild ungulates in Trans-Ili Alatau] // Ecology of Bears. – 1987. – Novosibirsk, Nauka. – pp. 91-97 (In Russian)
11. Pazhetnov V.S. Buryy medved' [Brown bear]. – 1990. – Moscow, Agropromizdat. – 213 p. (In Russian)
12. Danilov P.I., Rusakov O.S., Tumanov I.L. Khischnye zveri Severo Zapada SSSR [Carnivores of the North-West of the USSR]. – 1979. Leningrad, Nauka. – 164 p. (In Russian)
13. Danilov P.I., Tirronen K.F., Belkin V.V., Panchenko D.V., Fedorov F.V. Buryy medved' i otsenka ego chislennosti v Evropeyskoy tayge [The Brown Bear and an Assessment of its Numbers in the European taiga]. – 2014. Petrozavodsk, PetroPress. – 59 p. (In Russian)
14. Pazhetnov V.S., Korablev N.P. Absolyutnyy uchet chislennosti burogo medvedya v Tsentral'nolesnom zapovednike [Absolute counts of brown bear in the Central Forest Reserve] // Ecological basis for the protection and rational use of predatory mammals. – 1979. – Moscow, Nauka. – pp. 227-228. (In Russian)
15. Gubar Y.P. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu chislennosti burogo medvedya [Guidelines for Determining Brown Bear Numbers] // State Service for the Registration of Hunting Resources of the USSR. – 1990. – Moscow. – 32 p. (In Russian)
16. Kudaktin A.N., Chestin I.E. Ispol'zovanie razmerov sleda pri izuchenii ekologii burogo medvedya v gorakh Kavkaza [The use of Trace Sizes in Studying the Ecology of the Brown Bear in the Mountains of the Caucasus] // Ecology of Bears. – 1987. – Novosibirsk, Nauka. – pp. 171-174. (In Russian)
17. Barnes, V.G., Smith, R.B. Estimates of brown bear abundance on Kodiak Island, Alaska // Ursus. – 1998. Vol. 10. – pp. 1-9. <https://www.jstor.org/stable/3873102>
18. Edwards M.A., Nagy J.A., Derocher A.E. Using subpopulation structure for barren-ground grizzly bear management // Ursus. – 2008. Vol. 19, Issue 2. – pp. 91-104. doi:10.2192/1537-6176-19.2.91
19. Noyce K., Garshelis D., Coy P. Differential vulnerability of black bears to trap and camera sampling and resulting biases in mark-recapture estimates // Ursus. – 2001. – Issue 12. – pp. 211-226.
20. Paczkowski J., Seryodkin I.V. Methods of registering brown bears and determining the density of their populations. – 2004. – Petropavlovsk-Kamchatsky.
21. Mace R.D., Minta S.C., Manley T.L., Aune K.E. Estimating grizzly bear population size using camera sightings // Wildlife Society Bulletin. – 1994. – Issue 22. – pp. 74–83.
22. Martorello D.A., Eason T.H., Pelton M.R. A sighting technique using cameras to estimate population size of black bears // Wildlife Society Bulletin. – 2001. – 29. – pp. 560–567.
23. Kelly M.J., Holub E.L. Camera Trapping of Carnivores: Trap Success Among Camera Types and Across Species, and Habitat Selection by Species, on Salt Pond Mountain. Giles County. Virginia // Northeastern naturalist. – 2008. – Vol. 15, Issue 2. – pp. 249-262.
24. Linnell J.D.C., Swenson J., Landa A., Kvam T. Methods for Monitoring European Large Carnivores. A Worldwide Review of Relevant Experience // Norsk institutt for naturforskning. – 1998. – Issue 549. – pp. 1-38.
25. Puchkovskiy S.V., Buinovskaya M.S., Voronetskaya D.K., Neustroev G.V. On the studies of marking behavior of brown bear in terms of tree diameter selectivity // Contemporary Problems of Ecology. – 2012. – Vol. 5, Issue 1. – pp. 104-109. doi:10.1134/s1995425512010146

26. Revilla E., Fernandez D.R., Fernandez-Gil A., Sergiel A., Selva N., Naves J. Brown bear communication hubs: patterns and correlates of tree rubbing and pedal marking at a long-term marking site // *Peerj*. – 2021. – Vol. 9. – e10447. doi:10.7717/peerj.10447
27. Grachev Yu.A. Buryy medved' // Gvozdev EV, Strautman EI (eds) *Mlekopitayuschie Kazakhstana: v 4 t.* [Mammals of Kazakhstan: in 4 parts]. – V. 3, Part 1: Khischnye (sobach'i, medvezh'i, enotovye), lastonogie (nastoyaschie tyuleni) [Carnivores (Canidae, Ursidae, Procyonidae), Pinnipedia (Phocidae)]. – 1981. Almaty, Nauka, KazSSR. – pp. 149-191. (In Russian)
28. Seryodkin I.V., Kostyria A.V., Goodrich J.M. Marking Activity Of Brown Bear (*Ursus arctos*) In The Sikhote-Alin Mountains // *Zoologicheskyy Zhurnal*. – 2014. – Vol. 93, Issue 5. – pp. 694-702. doi:10.7868/s0044513414050079
29. Ognev S.I. Mlekopitayuschie Tsentral'nogo Tyan'-Shanya (Zailiyskogo i Kungey-Alatau) [Mammals of the Central Tian Shan (Trans-Ili and Kungei Alatau)] // *Materials for the knowledge of the fauna and flora of the USSR. Department of Zoology*. – 1940. – Moscow. Moscow Society of Naturalists. – Vol. 3, Issue 18. – 40 p. (In Russian)
30. Sludskiy A.A. Otryad khischnye [Order Carnivora] // Afanasyev A.V., Bazhanov V.S., Korelov M.N., Strautman E.I. (eds) et al. *Zveri Kazakhstana* [Animals of Kazakhstan]. – 1953. – Almaty. The Academy of Sciences of the Kazakh SSR. – pp. 105-123 (In Russian)
31. Grachev Y.A., Ismagulov E.Z. O territorial'nom raspredelenii i chislennosti khischnykh mlekopitayuschikh v tsentral'noy chasti Zailiyskogo Alatau [On the territorial distribution and number of carnivorous mammals in the central part of the Zailiyskiy Alatau] // *Zoological research for 20 years of independence of the Republic of Kazakhstan. Materials from the International Scientific Conference*. – 2011. – Almaty. – pp. 205-207 (In Russian)
32. Kantarbaev S.S., Mynbaeva B.N., Grachev A.A., Voronova N.V. Distribution and Abundance of the Brown Bear Population in Kazakhstan: an Analytical Review // *Bulletin of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. – 2015. – Vol. 4, Issue 3. – pp. 87-93.

### References

1. Antipin V.M. (1955) Ocherki nazemnykh pozvonochnykh khrebtta Karatau [Essays on the terrestrial vertebrates of the Karatau ridge]. *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological series* 60(1): 33-38 (In Russian)
2. Barnes, V.G., Smith, R.B. (1998) Estimates of brown bear abundance on Kodiak Island, Alaska. *Ursus* 10: 1-9. <https://www.jstor.org/stable/3873102>
3. Danilov P.I., Rusakov O.S., Tumanov I.L. *Khischnye zveri Severo Zapada SSSR* [Carnivores of the North-West of the USSR]. Nauka: Leningrad, 1979. 164 p. (In Russian)
4. Danilov P.I., Tirronen K.F., Belkin V.V., Panchenko D.V., Fedorov F.V. *Buryy medved' i otsenka ego chislennosti v Evropeyskoy tayge* [The Brown Bear and an Assessment of its Numbers in the European taiga]. PetroPress: Petrozavodsk, 2014. 59 p. (In Russian)
5. Edwards M.A., Nagy J.A., Derocher A.E. (2008) Using subpopulation structure for barren-ground grizzly bear management. *Ursus* 19(2): 91-104. doi:10.2192/1537-6176-19.2.91
6. Grachev Yu.A. (1981) Buryy medved'. In: Gvozdev EV, Strautman EI (eds) *Mlekopitayuschie Kazakhstana: v 4 t.* [Mammals of Kazakhstan: in 4 parts]. – V. 3, Part 1: Khischnye (sobach'i, medvezh'i, enotovye), lastonogie (nastoyaschie tyuleni) [Carnivores (Canidae, Ursidae, Procyonidae), Pinnipedia (Phocidae)]. Nauka, KazSSR: Almaty, pp. 149-191. (In Russian)
7. Grachev Yu.A. (2010) Tyan'-Shan'skiy buryy medved' [Tian Shan brown bear]. In: *Red Data Book of Republic of Kazakhstan*, Vol. 1, Part 1. 4th edition. Almaty, Kazakhstan, pp. 232-233 (In Russian)
8. Grachev Y.A., Ismagulov E.Z. (2011) O territorial'nom raspredelenii i chislennosti khischnykh mlekopitayuschikh v tsentral'noy chasti Zailiyskogo Alatau [On the territorial distribution and number of carnivorous mammals in the central part of the Zailiyskiy Alatau]. In: *Zoological research for 20 years of independence of the Republic of Kazakhstan. Materials from the International Scientific Conference*. Almaty, pp. 205-207 (In Russian)
9. Gubar Y.P. (1990) Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu chislennosti burogo medvedya [Guidelines for Determining Brown Bear Numbers]. In: *State Service for the Registration of Hunting Resources of the USSR*, Moscow. 32 p. (In Russian)
10. Heptner V.G., Naumov N.P., Yurgenson P.B., Sludskiy A.A., Chirkova A.F., Bannikov A.G. *Mlekopitayuschie Sovetskogo Soyuz* [Mammals of the Soviet Union], Vol. 2, Part 1. Morskije korovy i khischnye [Sea Cows and Carnivores]. Vysshaja shkola: Moscow, 1967. p. 410 (In Russian)
11. Kantarbaev S.S., Mynbaeva B.N., Grachev A.A., Voronova N.V. (2015) Distribution and Abundance of the Brown Bear Population in Kazakhstan: an Analytical Review. *Bulletin of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan* 4(3): 87-93.
12. Kantarbayev S.S., Mynbayeva B.N. (2016) Ekologiya burogo medvedya v ushel'yakh Zailiyskogo Alatau (Severnyy Tyan'-Shan') [Ecology of the Brown Bear in the Gorges of the Ile Alatau (Northern Tian Shan)]. *Abay Kazakh National Pedagogical University Bulletin. The "Estestvenno-geograficheskie nauki" Series* 4(46): 70-78 (In Russian)
13. Kelly M.J., Holub E.L. (2008) Camera Trapping of Carnivores: Trap Success Among Camera Types and Across Species, and Habitat Selection by Species, on Salt Pond Mountain. Giles County, Virginia. *Northeastern naturalist* 15 (2): 249-262.
14. Kudaktin A.N., Chestin I.E. (1987) Ispol'zovanie razmerov sleda pri izuchenii ekologii burogo medvedya v gorakh Kavkaza [The use of Trace Sizes in Studying the Ecology of the Brown Bear in the Mountains of the Caucasus]. In: *Ecology of Bears*. Nauka: Novosibirsk, pp. 171-174. (In Russian)
15. Linnell J.D.C., Swenson J., Landa A., Kvam T. (1998) Methods for Monitoring European Large Carnivores. A Worldwide Review of Relevant Experience. *Norsk institute for natursforskning* 549: 1-38.



16. Loginov, O.V. *Medvedi Kazakhstana. Obyknovennyj ili evrazijskij buryj medved' (Ursus arctos arctos L.)* [Bears of Kazakhstan. Eurasian brown bear (*Ursus arctos arctos* L.)]. Available at <http://www.slif.kz/ru/habitatsinkz/67-medvedi-kazakhstana> (accessed on 14.04.2022) (In Russian)
17. Mace R.D., Minta S.C., Manley T.L., Aune K.E. (1994) Estimating grizzly bear population size using camera sightings. *Wildlife Society Bulletin* 22: 74–83.
18. Martorello D.A., Eason T.H., Pelton M.R. (2001) A sighting technique using cameras to estimate population size of black bears. *Wildlife Society Bulletin* 29: 560–567.
19. Noyce K., Garshelis D., Coy P. (2001) Differential vulnerability of black bears to trap and camera sampling and resulting biases in mark-recapture estimates. *Ursus* 12: 211–226.
20. Ognev S.I. (1940) Mlekopitayuschie Tsentral'nogo Tyan'-Shanya (Zailiyskogo i Kungey-Alatau) [Mammals of the Central Tian Shan (Trans-Ili and Kungei Alatau)]. In: *Materials for the knowledge of the fauna and flora of the USSR. Department of Zoology*. Moscow Society of Naturalists: Moscow, 3(18): 40. (In Russian)
21. Paczkowski J., Seryodkin I.V. *Methods of registering brown bears and determining the density of their populations*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2004.
22. Pazhetnov V.S., Korablev N.P. (1979) Absolyutnyy uchet chislenosti burogo medvedya v Tsentral'nolesnom zapovednike [Absolute counts of brown bear in the Central Forest Reserve]. In: *Ecological basis for the protection and rational use of predatory mammals*. Nauka: Moscow, pp. 227–228 (In Russian)
23. Pazhetnov V.S. *Buryj medved'* [Brown bear]. Agropromizdat: Moscow, 1990. 213 p. (In Russian)
24. Puchkovskiy S.V., Buinovskaya M.S., Voronetskaya D.K., Neustroev G.V. (2012) On the studies of marking behavior of brown bear in terms of tree diameter selectivity. *Contemporary Problems of Ecology* 5(1): 104–109. doi:10.1134/s1995425512010146
25. Revilla E., Fernandez D.R., Fernandez-Gil A., Sergiel A., Selva N., Naves J. (2021) Brown bear communication hubs: patterns and correlates of tree rubbing and pedal marking at a long-term marking site. *PeerJ* 9: e10447. doi:10.7717/peerj.10447
26. Seryodkin I.V., Kostyria A.V., Goodrich J.M. (2014) Marking Activity Of Brown Bear (*Ursus arctos*) In The Sikhote-Alin Mountains. *Zoologicheskyy Zhurnal* 93(5): 694–702. doi:10.7868/s0044513414050079
27. Sludskiy A.A. (1953) Otryad khischnye [Order Carnivora]. In: Afanasyev A.V., Bazhanov V.S., Korelov M.N., Strautman E.I. (eds) et al. *Zveri Kazakhstana* [Animals of Kazakhstan]. The Academy of Sciences of the Kazakh SSR: Almaty, pp. 105–123 (In Russian)
28. Su J., Aryal A., Hegab I.M., et al. (2018) Decreasing brown bear (*Ursus arctos*) habitat due to climate change in Central Asia and the Asian Highlands. *Ecology and Evolution* 8: 11887–11899. doi:10.1002/ece3.4645.
29. Swenson J.E., Taberlet P., Bellemain E. (2011) Genetics and conservation of European brown bears *Ursus arctos*. *Mammal Review* 41(2): 87–98.
30. Tumendemberel O., Zedrosser A., Proctor M.F., Reynolds H.V., Adams J.R., Sullivan J.M. et al. (2019) Phylogeography, genetic diversity, and connectivity of brown bear populations in Central Asia. *Plos One* 14(8): e0220746. doi:10.1371/journal.pone.0220746
31. Zhiryakov V.A. (1980) Pitaniye i biotsenoticheskaya rol' burogo medvedya v Severnom Tyan'-Shane i Dzhungarskom Alatau [Nutrition and biocenotic role of the brown bear in the Northern Tian Shan and Dzhungarian Alatau]. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series* 85(2): 20–30 (In Russian)
32. Zhiryakov V.A. (1987) Vzaimootnosheniya burogo medvedya i dikikh kopytnykh v Zailiyskom Alatau [The relationship of brown bear and wild ungulates in Trans-Ili Alatau]. In: *Ecology of Bears*. Nauka: Novosibirsk, pp. 91–97 (In Russian)

#### **Information about authors:**

Kantarbayev Sanzhar (corresponding author) – master's degree, Research associate in Laboratory Biocenologie and Game management of the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: [sanzhar.kantarbayev@zool.kz](mailto:sanzhar.kantarbayev@zool.kz))

Grachev Alexey – master's degree, Head of Laboratory of Teriologi of the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: [alexey.grachev@zool.kz](mailto:alexey.grachev@zool.kz))

Grachev Yuri – Candidate of Biological Sciences, Senior researcher in Laboratory of Teriologi of the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: [yuriy.grachev@zool.kz](mailto:yuriy.grachev@zool.kz))

Bizhanova Nazerke – PhD of biology, Research associate in Laboratory of Teriologi of the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: [nazerke.bizhanova@zool.kz](mailto:nazerke.bizhanova@zool.kz))

#### **Авторлар туралы мәлімет:**

Қантарбаев Санжар Сакенович (корреспондентный автор) – магистр, Биоценология және Аңшылықтану лабораториясы, Зоология институты ғылыми қызметкері, (Алматы, Қазақстан, email: [sanzhar.kantarbayev@zool.kz](mailto:sanzhar.kantarbayev@zool.kz))

Грачев Алексей Александрович – магистр, Териология лабораториясы Зоология институты зертхана меңгерушісі, (Алматы, Қазақстан, email: [alexey.grachev@zool.kz](mailto:alexey.grachev@zool.kz))

Грачев Юрий Александрович – Биология ғылымдарының кандидаты, Териология лабораториясы Зоология институты аға ғылыми қызметкері, (Алматы, Қазақстан, email: [yuriy.grachev@zool.kz](mailto:yuriy.grachev@zool.kz))

Бижанова Нәзерке Әкімқызы – PhD, Териология лабораториясы Зоология институты ғылыми қызметкері, (Алматы, Қазақстан, email: [nazerke.bizhanova@zool.kz](mailto:nazerke.bizhanova@zool.kz))

Received November 30, 2023

Accepted February 20, 2024



5-бөлім  
**АДАМ МЕН ЖАНУАРЛАР  
ФИЗИОЛОГИЯСЫ**

---

Section 5  
**HUMANS AND ANIMALS  
PHYSIOLOGY**

---

Раздел 5  
**ФИЗИОЛОГИЯ  
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

**A.K. Zhantleuova<sup>1\*</sup>**, **A.S. Karimova<sup>1</sup>**, **B.A. Davletov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Biophysics, Biomedicine and Neuroscience, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Department of Biomedical Science, University of Sheffield, UK, Sheffield

\*e-mail: zhantleuova\_aisha@live.kaznu.kz

## USE OF RAT GRIMACE SCALE IN PAIN RESEARCH

Since its introduction in 2011, the Rat Grimace Scale (RGS) has proven to be a valuable tool for pain assessment in preclinical studies. This scale includes the assessment of four functional units to quantify pain responses in rats. By observing and assessing changes such as orbital tightening, nose/cheek flattening, ear changes, whisker change researchers can objectively assess the severity of pain experienced by animals. In our article, we offer an overview of a various studies applying this method across surgical and postoperative pain models, inflammatory pain models, orthodontic and orofacial pain models, neuropathic pain models, and others. This study specifically investigates the effectiveness of the RGS in assessing pain in rats, with a particular focus on a nitroglycerin-induced migraine model. The article underscores the humane and non-invasive nature of the RGS, aligning with current ethical standards in animal research. Additionally, it explores the potential application of the RGS across diverse disciplines, including neuroscience, pharmacology, and veterinary medicine. The study also addresses limitations and biases in the current pain assessment methods, proposing future research directions to enhance accuracy and ethical practices in animal pain research. The development of an automated RGS system capable of identifying facial action units in rat images and predicting RGS scores has become imperative to reduce the labor intensity of the image acquisition and scoring process.

**Key words:** rat grimace scale, pain, migraine, preclinical study.

A.K. Жантлеуова<sup>1\*</sup>, A.K. Каримова<sup>1</sup>, Б.А. Давлетов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Биофизика, биомедицина және нейроғылым кафедрасы,  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Биомедициналық ғылымдар кафедрасы, Шеффилд университеті, Ұлыбритания, Шеффилд қ.  
\*e-mail: zhantleuova\_aisha@live.kaznu.kz

### Ауырсынуды зерттеу кезінде егеуқұйрықтардың Бет-әлпеті Шкаласын қолдану

2011 жылы енгізілгеннен бастап, Егеуқұйрықтардың Бет-әлпеті Шкаласы (ЕБШ) клиникаға дейінгі зерттеулердегі ауырсынуды бағалаудың құнды құралына айналды. Бұл шкала егеуқұйрықтардағы ауырсыну реакцияларын сандық бағалау үшін төрт функционалды бірлікті бағалауды қамтиды. Орбиталық тарылу, мұрын мен шектің тегістелуі, құлақ пен мұрттың өзгеруі сияқты өзгерістерді бақылау және бағалау арқылы зерттеушілер жануарлардың ауырсынуының ауырлығын объективті түрде бағалай алады. Біздің мақалада біз бұл әдіс хирургиялық және операциядан кейінгі ауырсыну үлгілерінде, қабыну ауруы үлгілерінде, ортодонтиялық және ауыз-бет ауруы үлгілерінде, невропатиялық ауырсыну үлгілерінде және т.б. қолданылған әртүрлі зерттеулерге шолу жасаймыз. Зерттеу егеуқұйрықтардағы ауырсынуды бағалауда ЕБШ тиімділігін көрсетеді, нитроглицеринмен индукцияланған мигрень үлгісіне ерекше назар аударылады. Жануарларды зерттеуде қазіргі этикалық стандарттарға сәйкес келетін гуманитарлық, инвазивті емес әдіс ретінде ЕБШ рөлі атап өтіледі. Нейроғылым, фармакология және ветеринарияны қоса алғанда, әртүрлі пәндерде ЕБШ қолдану әлеуеті зерттеледі. Зерттеу ауырсынуды бағалаудың қолданыстағы әдістеріндегі шектеулерді қарастырады, ауырсынуды зерттеу саласындағы дәлдікті жақсарту және этикалық ережелерді сақтау үшін болашақ зерттеулердің бағыттарын ұсынады. Егеуқұйрық кескіндеріндегі функционалды бірліктерді анықтауға және ЕБШ бағалауларын болжауға қабілетті автоматтандырылған ЕБШ жүйесін әзірлеу кескіндерді алу және бағалау процесінің күрделілігін азайту үшін қажет болды.

**Түйін сөздер:** егеуқұйрықтардың бет-әлпеті шкаласы, ауырсыну, мигрень, клиникаға дейінгі зерттеу.

А.К. Жантлеуова<sup>1\*</sup>, А.К. Каримова<sup>1</sup>, Б.А. Давлетов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра биофизики, биомедицины и нейронауки, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Кафедра биомедицинских наук, Университет Шеффилда, Великобритания, г. Шеффилд  
\*e-mail: zhantleuova\_aisha@live.kaznu.kz

### Использование Шкалы Гримас крысы в исследованиях боли

С момента своего внедрения в 2011 году Шкала Гримасы Крыс (ШГК) стала ценным инструментом для оценки боли в преclinical исследованиях. Эта шкала включает оценку четырех функциональных единиц для количественной оценки болевых реакций у крыс. Наблюдая и оценивая такие изменения как орбитальное сужение, уплощение носа и щек, изменение ушей и усов, исследователи могут объективно оценить тяжесть боли, которую испытывают животные. В нашей статье мы предоставляем обзор разнообразных исследований, в которых данный метод применялся в хирургических и послеоперационных моделях боли, воспалительных моделях боли, ортодонтических и орофациальных моделях боли, невропатических моделях боли и других. В исследовании демонстрируется эффективность ШГК при оценке боли у крыс, особое внимание уделяется модели мигрени, индуцированной нитроглицерином. В статье подчеркивается роль ШГК как гуманного, неинвазивного метода, соответствующего современным этическим стандартам в исследованиях на животных. Кроме того, изучается потенциал применения ШГК в различных дисциплинах, включая нейронауку, фармакологию и ветеринарию. Исследование также рассматривает ограничения в существующих методах оценки боли, предлагает направления будущих исследований для повышения точности и соблюдения этических норм в области исследований боли. Разработка автоматизированной системы ШГК, способной идентифицировать функциональные единицы на изображениях крыс и прогнозировать оценки ШГК, стала необходимой для уменьшения трудоемкости процесса получения изображений и их оценки.

**Ключевые слова:** шкала гримасы крыс, боль, мигрень, преclinical исследования.

#### Abbreviations

RGS – rat grimace scale, NTG – nitroglycerin

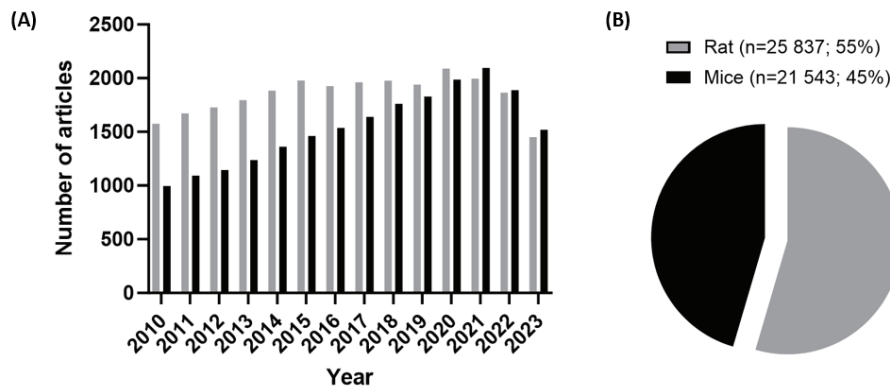
#### Introduction

It is imperative to employ a diverse range of methods for assessing pain in animal models. This necessity arises from the fact that animals lack the ability to provide feedback on their pain in the manner humans do during a medical examination. A similar challenge is encountered in studies conducted on non-verbal patients, such as children who have not yet learnt to speak. In such cases, pain assessment is often relies on analyses of facial characteristics. Drawing on Darwin's observation that animals exhibit changes in facial expressions analogous to humans when expressing emotion [1], a mouse grimace scale [2] was developed in 2010. Subsequently, in the following year, a similar rat grimace scale was introduced to evaluate the pain state of rats [3] This progression was logical, considering that the number of studies utilizing rats in pain research has consistently outnumbered those employing mouse models (Figure 1).

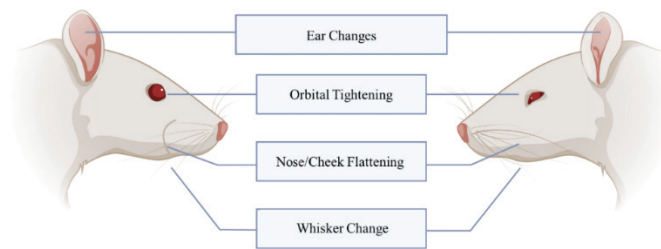
The rat grimace scale is utilized to assess rat head images based on four distinctive features [3]:

1. Orbital Tightening: This involves the narrowing of the orbital area, manifesting either as (partial or complete) eye closure or eye “squeezing”;
2. Nose/Cheek Flattening: This feature observes the reduction in bulging of the nose and cheek, eventually leading to the absence of the crease between the cheek and whisker pads;
3. Ear Changes: Ears exhibit folding, curling and angling forwards or outwards, resulting in a pointed shape, and the space between the ears may appear wider;
4. Whisker Change: Vibrissae move forward (away from the face) from the baseline position, tending to bunch and giving the appearance of whiskers standing on end.

The manifestation of these characteristics varies in relation to the presence and severity of pain, as depicted in Figure 2. Each of the four functional units is assigned a score on a 3-point scale: 0 indicates no change, 1 indicates moderate change, and 2 indicates marked change.



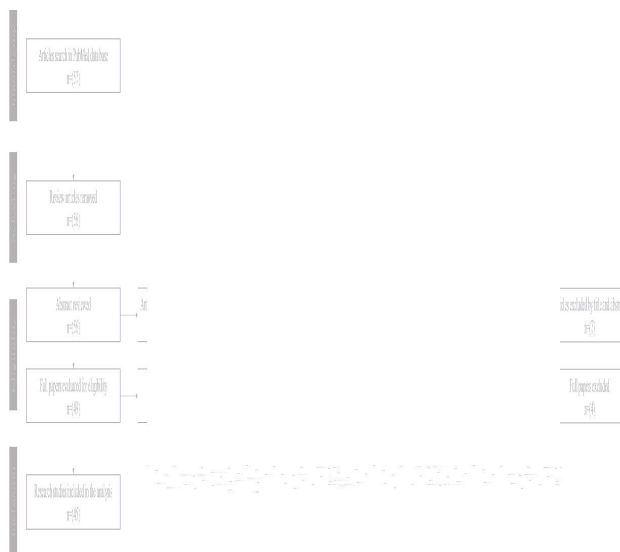
**Figure 1** – Number of articles in the PubMed database for the keywords “pain” and “rat” or “pain” and “mice” for 2010-2023. (A) Articles by year ; (B) Total number for the period.



**Figure 2** – Comparison of rat grimaces without pain (left) and with pain (right).

A comprehensive search of the PubMed database was conducted, covering articles up to October 23, 2023, using the keywords “rat grimace scale” and “pain”. The aim was to analyze the utilization of the

scale in various pain models, assess its suitability for gauging pain status, and determine the optimal timing for obtaining photographs post-surgery or injection. The article selection workflow is outlined in Figure 3.



**Figure 3** – Scheme for selecting articles for analysis.



The application of the rat grimace scale extends to various pain models, which can be broadly categorized into five main types: surgical and postoperative pain models, inflammatory pain models, orthodontic and orofacial pain models, neuropathic pain models and others (Table 1).

**Table 1** – Studies that have used RGS to assess different pain models

Type of Pain	Pain Model	Reference	Was RGS sensitive in the model? (the time of the significant increase if mentioned)
Surgical and postoperative pain models	Laparotomy	Sotocinal <i>et al.</i> (2011) [3]	Yes, there was a significant increase until 6 hours, with the highest level observed at 6 hours
		Chi <i>et al.</i> (2013) [4]	Yes, there was a significant increase until 8 hours, with the highest level observed at 4 hours
		Kawano <i>et al.</i> (2014) [5]	Yes, there was a significant increase until 8 hours, with the highest level observed at 4 hours
		Waite <i>et al.</i> (2015) [6]	Yes
		Thomas <i>et al.</i> (2016) [7]	Yes, there was a significant increase until 8 hours
		Gao <i>et al.</i> (2017) [8]	Yes
		Guo <i>et al.</i> (2017) [9]	Yes, all surgical groups developed significant acute pain starting 2 h postoperatively and recovered to baseline level 12 h after surgery
		Klune <i>et al.</i> (2019) [10]	Yes, with the highest level observed at 0.5 hour post-operatively
		Koyama <i>et al.</i> (2019) [11]	Yes, with the highest level observed at 2, 4, 6 hours after inhalation period
	Implantation surgery	Oliver <i>et al.</i> (2014) [12]	Yes, there was a significant increase until 8 hours, with the highest level observed at 4 hours
	Incisional pain	De Rantere <i>et al.</i> (2016) [13]	Yes, there was a significant increase at 6 hours and 9 hours
		Kawano <i>et al.</i> (2016) [14]	Yes, there was a significant increase at 2 hours
		Yamanaka <i>et al.</i> (2017) [15]	Yes, there was a significant increase at 2 hours post incision
	Laminectomy	Schneider <i>et al.</i> (2017) [16]	Yes, animals exhibited a significant increase in average grimace score 20 sec after the acetone application
		Krishnan <i>et al.</i> (2019) [17]	Yes, presence of pain was evident until Day 7 in the conventionally spinal cord injured group
		Harikrishnan <i>et al.</i> (2021) [18]	Yes
		Pal <i>et al.</i> (2022) [19]	Yes, all rats exhibited pain, which diminished by 10 days and stayed low
		Semita <i>et al.</i> (2023) [20]	Yes
	Craniotomy model	Tsaousi <i>et al.</i> (2022) [21]	Yes

Type of Pain	Pain Model	Reference	Was RGS sensitive in the model? (the time of the significant increase if mentioned)
Inflammatory pain models	Complete Freund's adjuvant (CFA) model	Sotocinal <i>et al.</i> (2011) [3]	Yes, there was a significant increase until 24 hours, with the highest level observed at 6 hours
		Asgar <i>et al.</i> (2015) [22]	Yes, the RGS score was significantly increased from the baseline at 6 hour, day 1 (the highest) and day 3 and returned to the baseline level by day 7
		De Rantere <i>et al.</i> (2016) [13]	Yes, the highest increase was at 4 hours
	Kaolin/carrageenan carrageenan model	Sotocinal <i>et al.</i> (2011) [3]	Yes, there was a significant increase at 3 hours
		De Rantere <i>et al.</i> (2016) [13]	Yes, there was a significant increase at 6 hours and 9 hours
		Leung <i>et al.</i> (2016) [23]	Yes, there was a peak in carrageenan-induced pain at 6 hours
		Leung <i>et al.</i> (2019) [24]	Yes, with an expected peak in carrageenan-induced pain at 6 hours
	Lipopolysaccharide-induced dental pulp inflammation	Nurhapsari <i>et al.</i> (2023) [25]	Yes
Experimental Acute Rhinosinusitis	Lovrenčić <i>et al.</i> (2020) [26]	Yes, within 40 minutes after injection	
Orthodontic and orofacial pain models	Tooth Movement	Liao <i>et al.</i> (2014) [27]	Yes, there was a significant increase on day 1 and day 3
		Long <i>et al.</i> (2015) [28]	Yes, it started to increase on day 1, peaked on day 3, maintained at the increased level on day 5 and day 7, and returned to baseline level on day 14
		Gao <i>et al.</i> (2016) [29]	Yes, RGS scores were significantly higher on day 1, day 3, day 5, and day 7
		Guo <i>et al.</i> (2019) [30]	Yes, there was a significant increase until 7 days, with the highest level observed on day 3
	Jaw loading	Sperry <i>et al.</i> (2018) [31]	Yes, there was a significant increase until 7 days, with the highest level observed on day 5
	Force-induced pain	Thammanichanon <i>et al.</i> (2021) [32]	Yes, there was a significant increase until 3 days
	Orofacial Pain	Long <i>et al.</i> (2017) [33]	Yes, the pain levels were the highest on days 1 and 3
Neuropathic pain models	Cervical Radiculopathy	Philips <i>et al.</i> (2017) [34]	Yes, RGS values were the highest at 6 hours after cervical nerve root compression
	Trigeminal neuropathic pain	Akintola <i>et al.</i> (2017) [35]	Yes, RGS scores 10 days 27 days after CCI were higher in experimental group

Table continuation

Type of Pain	Pain Model	Reference	Was RGS sensitive in the model? (the time of the significant increase if mentioned)
Other pain models	Burn model	Goder <i>et al.</i> (2021) [36]	Yes
		Goder <i>et al.</i> (2022) [37]	Yes
	Model of intracerebral hemorrhage	Saine <i>et al.</i> (2016) [38]	Yes
		Wilkinson <i>et al.</i> (2020) [39]	Yes
	Model of Chemotherapy-Induced Mucositis	George <i>et al.</i> (2019) [40]	No, RGS lacked the sensitivity to successfully discriminate pain in this model
	Model of fibromyalgia	Nagakura <i>et al.</i> (2019) [41]	Yes, a significant increase in the RGS score, which was sustained for 2 weeks or more after the induction of fibromyalgia-like state by reserpine injection
	Model of fibromyalgia Traumatic Injury	Tanei <i>et al.</i> (2020) [42]	Yes, RGS score for reserpine-induced fibromyalgia-like rats was significantly higher compared to that for control group
		Uddin <i>et al.</i> (2019) [43]	Yes
	Traumatic Injury NGF-Induced Trunk Mechanical Hyperalgesia	Kudsi <i>et al.</i> (2023) [44]	Yes
		Reed <i>et al.</i> (2020) [45]	Yes, RGS scores increases reached significance on Day 5 + 4 h
	Temporomandibular joint osteoarthritis chronic pain	Liu <i>et al.</i> (2022) [46]	Yes
Endometriosis model	Chen <i>et al.</i> (2024) [47]	Yes	

In terms of the number of scorers, vary in their approach, ranging from a single experienced scorer to several researchers trained in the use of the scale but lacking prior experience in image assessment. It is crucial to highlight that these scorers analyzed the images blindly, without information about the groups or conditions of the study. Data analysis commonly involves calculating the mean values of each scorers' scores for each of the four functional units, followed by averaging these values across all assessors. This method ensures the generation of reliable and objective results, minimizing the potential impact of subjective assessments by individual scorers. In cases involving multiple assessors, statistical measures such as Cronbach's alpha are often employed. Ponterotto and Ruckdeschel [48] proposed that alpha values exceeding 0.75 are excellent for scales with a small number of items. Two methods are employed for obtaining images of rats: video recording of rats over a period of a

specified period, followed by photo extraction, and direct photography of rats. It's worth noting that both frontal and profile images of rats can be used for grimace estimation. Following photography, the images undergo processing, including randomization and the removal of identifying features, before being presented to assessors for evaluation.

The RGS has emerged as a valuable tool for pain assessment in laboratory rats, offering several advantages over other methods. Most of the methods assess pain by evaluating responses to nociceptive stimuli like mechanical, thermal, and chemical reactions or overall changes in behavior such as weight loss and socialization pattern changes. Although these tests offer valuable insights into the well-being of rats, conventional evaluations of pain responses face challenges in establishing a direct correlation between behavior and the actual pain experience. Many of these tests primarily monitor secondary responses to pain, such as withdrawal

latency from a stimulus, rather than directly capturing the subjective pain experience itself.

The RGS measures characteristic changes in facial expressions associated with pain, providing a non-invasive means of pain evaluation. This method has been shown to be sensitive in different pain models, demonstrating its versatility and effectiveness in different pain contexts. Compared to other pain assessment tools, the RGS has been noted for its ability to capture spontaneous pain, representing the animal's affective response to pain [32]. This is a crucial advantage, as the RGS's remarkable ability to measure spontaneous pain, particularly in conditions like migraine characterized by this type of pain, holds immense potential for successfully translating basic science findings into clinically relevant applications.

The RGS provides ethical advantages in the assessment of pain in laboratory rats. By offering a non-invasive method for quantifying pain through facial expressions, the RGS reduces the need for invasive procedures or distressing manipulations that may be involved in other pain assessment methods. This aligns with the ethical principle of minimizing harm and distress to research animals, as the RGS allows for pain assessment without subjecting the animals to additional stress or discomfort.

The primary goal of this study was to investigate the potential of the RGS as a tool for pain assessment across diverse scientific research contexts. Subsequently, the secondary aim was to reassess the effectiveness of the RGS in evaluating pain in rats, with a specific focus on a model of nitroglycerin-induced migraines. Lastly, the tertiary objective aimed to advocate for the integration of technological advancements in pain assessment methods.

## Materials and Methods

### *Ethical approval.*

All experiments conducted in this study received ethical approval from the local Ethics Committee of Al-Farabi Kazakh National University located in Almaty, Republic of Kazakhstan. Approval was granted with the permission number IRB-377 on 24 February 2022.

### *Animals and their housing.*

The study utilized sexually mature male white laboratory mongrel rats born and bred in the educational and scientific laboratory base of Al-Farabi Kazakh National University. Animals

were housed under natural light conditions at a temperature of 21-22°C, in cages with hard floor and soft bedding. Food and water were provided to the animals *ad libitum*. Prior to behavioral tests, animals underwent a one-week acclimatization period and were familiarized with the test equipment and procedures. All tests were conducted between 8:00 to 14:00.

### *Migraine model.*

To induce and chronicize migraine, five intraperitoneal injections of nitroglycerin at a dose of 10 mg/kg were administered every other day for ten days, using an insulin syringe with a 30G needle. Animals in the control group received injections of 0.9% saline solution in the same volume. The injected volume was determined by measuring the weight of the animals on the day of the study. Following injection, animals were placed in recovery cages and observed for several minutes.

### *Rat grimace scale.*

The rat grimace scale was employed to quantify pain. Photographs were manually taken 30 minutes after each of the five injections. Evaluation was based on the image that best depicted orbital tightening, based on a 3-point scale (0 – no change, 1 – moderate change, 2 – obvious change). Two independent investigators, unaware of the groups, performed these evaluations.

### *Methods of statistical processing of data.*

Data were statistically analyzed using GraphPad Prism version 10.0.3 and SPSS 29.0 software. Results are presented as mean values (MEAN) with standard error (SEM). Two-way ANOVA was employed to determine the statistical significance of the behavioural results, with significance defined as  $P < 0.05$ .

## Results and Discussion

### *Image collection*

A total of 60 images (see Figure 4A), gathered from 12 rats on each of the 5 days during the induction of migraine episodes, were selected for analysis. The scores were averaged across the two raters to derive an overall pain score for each rat.

### *Reliability assessment*

Reliability varied based on the action unit being rated. The overall inter-rater reliability, as measured by was Cronbach's alpha, was 0.89 (see Figure 3B).



*Grimace scores and stability*

Grimace scores were consistently higher in the NTG group, remaining relatively stable over the course of the 5 test sessions when compared to the control group (refer to Figure 3C).

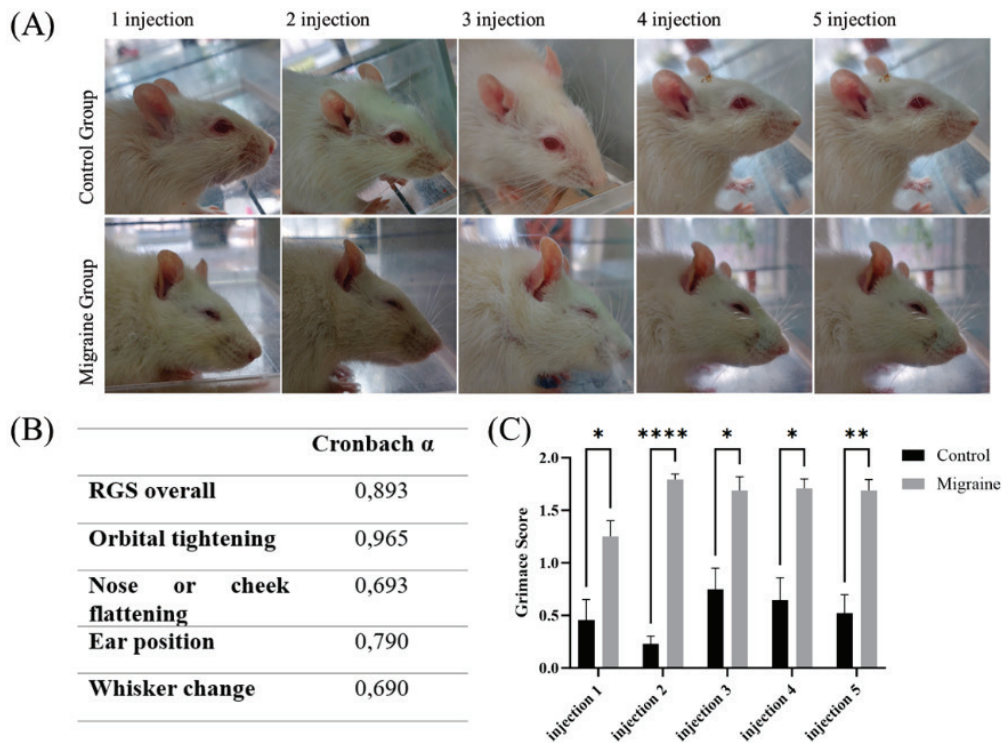
*ANOVA results*

A two-way ANOVA conducted on this dataset revealed substantial main effects for Treatment [F(1,10) = 63.00, p < 0.0001] and the Treatment x Test Session interaction [F(4,40) = 2.755, p = 0.0409]. However, the Test Session [F(2.970,29.70) = 2.741, p = 0.0613] did not reach significance.

In the context of migraine research, the RGS proves to be a valuable tool for evaluating pain in various pain models, demonstrating consistent patterns in response to nitroglycerin across multiple migraine episodes. Among the four functional units comprising the Rat Grimace Scale, orbital tightening emerges as the most observable and quantifiable in this rodent migraine model. The data reveal the highest inter-rater agreement in assessing orbital tightening. According to the Harris *et al.* [49], orbital tightening may represent a behavioral manifestation of acute hyperalgesia related to

migraine photosensitivity. On the other hand, Yamamoto *et al.* study in 2016 [50] offers evidence supporting the idea that nausea can influence the eye action unit.

However, there are several critical aspects surrounding the application of grimace scales in rats that should be considered. Notably, in both the original study and subsequent investigations, no sex differences were identified in grimace responses among rats. However, a notable observation is that the majority of grimace studies in rats appear to have been conducted in a singular sex, signifying a potential gap in our understanding of sex-specific responses. Furthermore, external environmental factors, such as the presence of observers, have been shown to influence grimace responses in rodents. The study by Sorge *et al.* suggests that the gender of the observer can affect grimace scores, with significant decreases recorded in the presence of male observers, indicating a potential physiological stress response [51]. This finding prompts questions about the potential confounding effects of external stimuli on grimace scales and underscores the necessity for careful consideration of environmental factors in experimental design.



**Figure 4** – (A) Representative images used to evaluate the RGS, (B) Internal consistency of scoring (Cronbach  $\alpha$ ) among 2 blinded raters, (C) RGS across 5 test sessions. Values represent mean  $\pm$  SEM. \*Indicates p < 0.05, \*\* indicates p < 0.01, \*\*\*\* indicates p < 0.0001. Sample size was n=6 per group.

While grimace scales offer valuable insights into pain assessment in rats, the discussion underscores the need for a comprehensive exploration of factors influencing grimace responses, including sex differences and external environmental stimuli.

## Conclusion

In conclusion, the field of rat grimace scale in biomedical research holds immense promise, with the potential to transform both preclinical pain research and veterinary pain management. Despite a decade of investigation, widespread adoption has been hindered by labor-intensive methodologies involving manual image extraction and scoring. However, recent advancements, particularly the integration of Artificial Intelligence (AI) and object recognition technologies, offer exciting possibilities for automation and efficiency.

The future trajectory of grimace scales is poised to benefit significantly from AI, streamlining tasks such as image selection, parameter randomization, data reassembly, and statistical

processing. AI systems have the potential to excel in key areas, including selecting optimal photographs, standardizing images, and conducting measurements. This technological evolution not only enhances efficiency but also opens avenues for large-scale implementation, addressing practical challenges associated with dealing with substantial numbers of animals.

Furthermore, the success demonstrated in mice, as evidenced by Tuttle *et al.* [52] convolutional neural network achieving a remarkable accuracy of approximately 93%, underscores the viability and reliability of machine learning and AI in grimace recognition. As these technologies mature, they hold the promise of making rat grimace scale scoring a routine outcome measure through facility-automated systems, addressing public concerns about ethical decision-making in biomedical research. The integration of AI is not just a technological advancement but a pivotal step toward unlocking the full transformative potential of grimace scales in advancing pain research and management.

## References

1. Darwin C. The expression of emotions in animals and man // London: Murray. – 1872. – Vol. 11. – P. 1872.
2. Langford D. J., Bailey A. L., Chanda M. L., Clarke S. E., Drummond T. E., Echols S., Glick S., Ingrao J., Klassen-Ross T., LaCroix-Fralish M.L., Matsumiya L., Mogil J. S. Coding of facial expressions of pain in the laboratory mouse // *Nature methods*. – 2010. – Vol. 7. – P. 447-449.
3. Sotocina S. G., Sorge R. E., Zaloum A., Tuttle A. H., Martin L. J., Wieskopf J. S., Mapplebeck J.C., Wei P., Zhan S., Zhang S., Mogil J. S. The Rat Grimace Scale: a partially automated method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions // *Molecular pain*. – 2011. – Vol. 7. – P. 1744-8069.
4. Chi H., Kawano T., Tamura, T., Iwata, H., Takahashi, Y., Eguchi, S., Yamazaki F., Kumagai N., Yokoyama, M. Postoperative pain impairs subsequent performance on a spatial memory task via effects on N-methyl-D-aspartate receptor in aged rats // *Life sciences*. – 2103. – Vol. 93. – P. 986-993.
5. Kawano T., Eguchi S., Iwata H., Yamanaka D., Tateiwa H., Locatelli F. M., Yokoyama M. Effects and underlying mechanisms of endotoxemia on post-incisional pain in rats // *Life science*. – 2016. – Vol. 148. – P. 145-153.
6. Waite M. E., Tomkovich A., Quinn T. L., Schumann A. P., Dewberry L., Totsch S. K., Sorge R. E. Efficacy of common analgesics for postsurgical pain in rats // *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. – 2015. – Vol. 54. – P. 420-425.
7. Thomas A., Miller A., Roughan J., Malik A., Haylor K., Sandersen C., Flecknell P., Leach M. Efficacy of intrathecal morphine in a model of surgical pain in rats // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11. – P. e0163909.
8. Gao Z., Cui F., Cao X., Wang D., Li X., Li T. Local infiltration of the surgical wounds with levobupivacaine, dexibuprofen, and norepinephrine to reduce postoperative pain: A randomized, vehicle-controlled, and preclinical study // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. – 2017. – Vol. 92. – P. 459-467.
9. Guo P., Hu S. P. Thalidomide alleviates postoperative pain and spatial memory deficit in aged rats // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. – 2017. – Vol. 95. – P. 583-588.
10. Klune C. B., Larkin A. E., Leung V. S., Pang D. Comparing the rat grimace scale and a composite behaviour score in rats // *PloS one*. – 2019. – Vol. 14. – P. e0209467.
11. Koyama T., Kawano T., Iwata H., Aoyama B., Eguchi S., Nishigaki A., Yokoyama, M. Acute postoperative pain exacerbates neuroinflammation and related delirium-like cognitive dysfunction in rats // *Journal of anesthesia*. – 2019. – Vol. 33. – P. 482-486.
12. Oliver V., De Rantere D., Ritchie R., Chisholm J., Hecker K. G., Pang D. S. Psychometric assessment of the Rat Grimace Scale and development of an analgesic intervention score // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9. – P. e97882.
13. De Rantere D., Schuster C. J., Reimer, J. N., Pang, D. S. The relationship between the Rat Grimace Scale and mechanical hypersensitivity testing in three experimental pain models // *European Journal of Pain*. – 2016. – Vol. 20(3). – P. 417-426.

14. Kawano T., Takahashi T., Iwata H., Morikawa A., Imori S., Waki, S., Tamura T., Yamazaki F., Eguchi S., Kumagai N., Yokoyama M. Effects of ketoprofen for prevention of postoperative cognitive dysfunction in aged rats // *Journal of anesthesia*. – 2014. – Vol. 28. – P. 932-936.
15. Yamanaka D., Kawano T., Nishigaki A., Aoyama B., Tateiwa H., Shigematsu-Locatelli M., Locatelli F.M., Yokoyama, M. The preventive effects of dexmedetomidine on endotoxin-induced exacerbated post-incisional pain in rats // *Journal of anesthesia*. – 2017. – Vol. 31. – P. 664-671.
16. Schneider L. E., Henley K. Y., Turner O. A., Pat B., Niedzielko T. L., Floyd C. L. Application of the rat grimace scale as a marker of supraspinal pain sensation after cervical spinal cord injury // *Journal of neurotrauma*. – 2017. – Vol. 34. – P. 2982-2993.
17. VS H., Krishnan L. K., Abelson K. S. A novel technique to develop thoracic spinal laminectomy and a methodology to assess the functionality and welfare of the contusion spinal cord injury (SCI) rat model // *Plos one*. – 2019. – Vol. 14. – P. e0219001.
18. Harikrishnan V. S., Palekkodan H., Fasaludeen A., Krishnan L. K., Abelson K. S. Refinement of the spinal cord injury rat model and validation of its applicability as a model for memory loss and chronic pain // *Heliyon*. – 2021. – Vol. 7.
19. Pal A., Park H., Ramamurthy A., Asan A. S., Bethea T., Johnkutty M., Carmel J. B. Spinal cord associative plasticity improves forelimb sensorimotor function after cervical injury // *Brain*. – 2022. – Vol. 145. – P. 4531-4544.
20. Semita I. N., Utomo D. N., Suroto H., Sudiana I. K., Gandhi P. The mechanism of human neural stem cell secretomes improves neuropathic pain and locomotor function in spinal cord injury rat models: Through antioxidant, anti-inflammatory, anti-matrix degradation, and neurotrophic activities // *The Korean Journal of Pain*. – 2023. – Vol. 36. – P. 72-83.
21. Tsaousi G., Pourzitaki C., Kapanidis K., Mavrantoni E., Kapoukranidou D., Kouvelas D. Modulation of nociception and pain-evoked neurobehavioral responses by levetiracetam in a craniotomy pain model // *Behavioural Brain Research*. – 2022. – Vol. 420. – P. 113728.
22. Asgar J., Zhang Y., Saloman J. L., Wang S., Chung M. K., Ro J. Y. The role of TRPA1 in muscle pain and mechanical hypersensitivity under inflammatory conditions in rats // *Neuroscience*. – 2015. – Vol. 310. – P. 206-215.
23. Leung V., Zhang E., Pang D. S. Real-time application of the Rat Grimace Scale as a welfare refinement in laboratory rats // *Scientific reports*. – 2016. – Vol. 6. – P. 31667.
24. Leung V. S., Benoit-Biancamano M. O., Pang D. S. Performance of behavioral assays: The Rat Grimace Scale, burrowing activity and a composite behavior score to identify visceral pain in an acute and chronic colitis model // *Pain Reports*. – 2019. – Vol. 4.
25. Nurhapsari A., Cilmiaty R., Prayitno A., Purwanto B., Soetrisno S. The Role of Asiatic Acid in Preventing Dental Pulp Inflammation: An in-vivo Study // *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*. – 2023. – P. 109-119.
26. Lovrenčić L., Matak I., Lacković Z. Association of intranasal and neurogenic dural inflammation in experimental acute rhinosinusitis // *Frontiers in Pharmacology*. – 2020. – Vol. 11. – P. 586037.
27. Liao L., Long H., Zhang L., Chen H., Zhou Y., Ye N., Lai W. Evaluation of pain in rats through facial expression following experimental tooth movement // *European journal of oral sciences*. – 2014. – Vol. 122. – P. 121-124.
28. Long H., Liao L., Gao M., Ma W., Zhou Y., Jian F., Wang Y., Lai W. Periodontal CGRP contributes to orofacial pain following experimental tooth movement in rats // *Neuropeptides*. – 2015. – Vol. 52. – P. 31-37.
29. Gao M., Long H., Ma, W., Liao L., Yang X., Zhou Y., Shan D., Huang R., Jian F., Lai, W. The role of periodontal ASIC3 in orofacial pain induced by experimental tooth movement in rats // *European journal of orthodontics*. – 2016. – Vol. 38. – P. 577-583.
30. Guo R., Zhou Y., Long H., Shan D., Wen J., Hu H., Yang H., Wu Z., Lai W. Transient receptor potential Vanilloid 1-based gene therapy alleviates orthodontic pain in rats // *International journal of oral science*. – 2019. – Vol. 11. – P. 11.
31. Sperry M. M., Yu Y. H., Welch R. L., Granquist E. J., Winkelstein B. A. Grading facial expression is a sensitive means to detect grimace differences in orofacial pain in a rat model // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – P. 13894.
32. Thammanichanon P., Kaewpitak A., Binlath T., Pavasant P., Leethanakul C. Varied temporal expression patterns of trigeminal TRPA1 and TRPV1 and the neuropeptide CGRP during orthodontic force-induced pain // *Archives of Oral Biology*. – 2021. – Vol. 128. – P. 105170.
33. Long H., Liao L., Zhou Y., Shan D., Gao M., Huang R., Yang X., Lai W. A novel technique of delivering viral vectors to trigeminal ganglia in rats // *European Journal of Oral Sciences*. – 2017. – Vol. 125. – P. 1-7.
34. Philips B. H., Weisshaar C. L., Winkelstein B. A. Use of the rat grimace scale to evaluate neuropathic pain in a model of cervical radiculopathy // *Comparative medicine*. – 2017. – Vol. 67. – P. 34-42.
35. Akintola T., Raver C., Studlack P., Uddin O., Masri R., Keller A. The grimace scale reliably assesses chronic pain in a rodent model of trigeminal neuropathic pain // *Neurobiology of Pain*. – 2017. – Vol. 2. – P.13-17.
36. Goder D., Giladi S., Furer A., Zilberman M. Bupivacaine-eluting soy protein structures for controlled release and localized pain relief: An in vitro and in vivo study // *Journal of Biomedical Materials Research Part A*. – 2021. – Vol. 109. – P. 1681-1692.
37. Goder D., Eshkol-Yogev I., Matsliah L., Lemberger M., Harlev M., Furer A., Zilberman M., Egozi D. In vivo study of the efficacy of bupivacaine-eluting novel soy protein wound dressings in a rat burn model // *Burns*. – 2022. – Vol. 48. – P. 623-632.
38. Saine L., Hélie P., Vachon P. Effects of fentanyl on pain and motor behaviors following a collagenase-induced intracerebral hemorrhage in rats // *Journal of Pain Research*. – 2016. -P. 1039-1048.
39. Wilkinson C. M., Kalisvaart A. C., Kung T. F., Maisey D. R., Klahr A. C., Dickson C. T., Colbourne F. The collagenase model of intracerebral hemorrhage in awake, freely moving animals: The effects of isoflurane // *Brain Research*. – 2020. – Vol. 1728. – P. 146593.
40. George R. P., Howarth G. S., Whittaker, A. L. Use of the rat grimace scale to evaluate visceral pain in a model of chemotherapy-induced mucositis // *Animals*. – 2019. – Vol. 9. – P. 678.

41. Nagakura Y., Miwa M., Yoshida M., Miura R., Tanei S., Tsuji M., Takeda H. Spontaneous pain-associated facial expression and efficacy of clinically used drugs in the reserpine-induced rat model of fibromyalgia // *European Journal of Pharmacology*. – 2019. – Vol. 864. – P. 172716.
42. Tanei S., Miwa M., Yoshida M., Miura R., Nagakura Y. The method simulating spontaneous pain in patients with nociplastic pain using rats with fibromyalgia-like condition // *MethodsX*. – 2020. – Vol. 7. – P. 100826.
43. Uddin O., Studlack P. E., Parihar S., Keledjian K., Cruz A., Farooq T., Shin N., Gerzanich V., Simard J.M., Keller A. Chronic pain after blast-induced traumatic brain injury in awake rats // *Neurobiology of Pain*. – 2019. – Vol. 6. – P. 100030.
44. Kudsi S. Q., de David Antoniazzi C. T., Camponogara C., Meira G. M., de Amorim Ferreira M., da Silva A. M., Trevisan G. Topical application of a TRPA1 antagonist reduced nociception and inflammation in a model of traumatic muscle injury in rats // *Inflammopharmacology*. – 2023. -P. 1-14.
45. Reed W. R., Little J. W., Lima C. R., Sorge R. E., Yazar-Fisher C., Eraslan M., Hurt C.P., Ness T.J., Gu J.G., Martins D.F., Li P. Spinal mobilization prevents NGF-induced trunk mechanical hyperalgesia and attenuates expression of CGRP // *Frontiers in Neuroscience*. – 2020. -Vol. 14. – P. 385.
46. Liu W., Jiang H., Liu X., Hu S., Li H., Feng Y., Ke J., Long X. Melatonin Abates TMJOA chronic pain by MT2R in trigeminal ganglion neurons // *Journal of Dental Research*. – 2022. – Vol. 101. – P. 111-119.
47. Chen D., Ren Y., Jin J., Liu S., Zhan X., Li X., Liang R., Ding, Z. Pingchong Jiangni recipe through nerve growth factor/transient receptor potential vanilloid 1 signaling pathway to relieve pain in endometriosis model rats // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2024. – Vol. 318. – P.116940.
48. Ponterotto J. G., Ruckdeschel D. E. An overview of coefficient alpha and a reliability matrix for estimating adequacy of internal consistency coefficients with psychological research measures// *Perceptual and motor skills*. – 2007. -Vol. 105. – P. 997-1014.
49. Harris H. M., Carpenter J. M., Black J. R., Smitherman T. A., Sufka K. J. The effects of repeated nitroglycerin administrations in rats; modeling migraine-related endpoints and chronification// *Journal of Neuroscience Methods*. – 2017. – Vol. 284. – P. 63-70.
50. Yamamoto K., Tatsutani S., Ishida T. Detection of nausea-like response in rats by monitoring facial expression // *Frontiers in pharmacology*. – 2014. – Vol. 7. – P. 534.
51. Sorge R. E., Martin L. J., Isbester K. A., Sotocinal S. G., Rosen S., Tuttle A. H., Wieskopf J.S., Acland E.L., Dokova A., Kadoura B., Mogil J. S. Olfactory exposure to males, including men, causes stress and related analgesia in rodents // *Nature methods*. – 2014. – Vol. 11. – P. 629-632.
52. Tuttle A. H., Molinaro M. J., Jethwa J. F., Sotocinal S. G., Prieto J. C., Styner M. A., Mogil J.S., Zylka M. J. A deep neural network to assess spontaneous pain from mouse facial expressions // *Molecular pain*. – 2018. – Vol.14. – P. 1744806918763658.

### References

1. Akintola T., Raver C., Studlack P., Uddin O., Masri R., Keller A. (2017). The grimace scale reliably assesses chronic pain in a rodent model of trigeminal neuropathic pain. *Neurobiology of Pain*, vol. 2, pp.13-17.
2. Asgar J., Zhang Y., Saloman J. L., Wang S., Chung M. K., Ro J. Y. (2015). The role of TRPA1 in muscle pain and mechanical hypersensitivity under inflammatory conditions in rats. *Neuroscience*, vol. 310, pp. 206-215.
3. Chen D., Ren Y., Jin J., Liu S., Zhan X., Li X., Liang R., Ding, Z. (2024). Pingchong Jiangni recipe through nerve growth factor/transient receptor potential vanilloid 1 signaling pathway to relieve pain in endometriosis model rats. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 318, pp.116940.
4. Chi H., Kawano T., Tamura, T., Iwata, H., Takahashi, Y., Eguchi, S., Yamazaki F., Kumagai N., Yokoyama, M. (2013). Postoperative pain impairs subsequent performance on a spatial memory task via effects on N-methyl-D-aspartate receptor in aged rats. *Life sciences*, vol. 93, pp. 986-993.
5. Darwin C. (1872). The expression of emotions in animals and man. *London: Murray*, vol. 11, pp. 1872.
6. De Rantere D., Schuster C. J., Reimer, J. N., Pang, D. S. (2016). The relationship between the Rat Grimace Scale and mechanical hypersensitivity testing in three experimental pain models. *European Journal of Pain*, vol. 20(3), pp. 417-426.
7. Gao M., Long H., Ma, W., Liao L., Yang X., Zhou Y., Shan D., Huang R., Jian F., Lai, W. (2016). The role of periodontal ASIC3 in orofacial pain induced by experimental tooth movement in rats. *European journal of orthodontics*, vol. 38, pp. 577-583.
8. Gao Z., Cui F., Cao X., Wang D., Li X., Li T. (2017). Local infiltration of the surgical wounds with levobupivacaine, dexibuprofen, and norepinephrine to reduce postoperative pain: A randomized, vehicle-controlled, and preclinical study. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 92, pp. 459-467.
9. George R. P., Howarth G. S., Whittaker, A. L. (2019). Use of the rat grimace scale to evaluate visceral pain in a model of chemotherapy-induced mucositis. *Animals*, vol. 9, pp. 678.
10. Goder D., Eshkol-Yogev I., Matsliah L., Lemberger M., Harlev M., Furer A., Zilberman M., Egozi D. (2022). In vivo study of the efficacy of bupivacaine-eluting novel soy protein wound dressings in a rat burn model. *Burns*, vol. 48, pp. 623-632.
11. Goder D., Giladi S., Furer A., Zilberman M. (2021). Bupivacaine-eluting soy protein structures for controlled release and localized pain relief: An in vitro and in vivo study. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, vol. 109, pp. 1681-1692.
12. Guo P., Hu S. P. (2017). Thalidomide alleviates postoperative pain and spatial memory deficit in aged rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 95, pp. 583-588.
13. Guo R., Zhou Y., Long H., Shan D., Wen J., Hu H., Yang H., Wu Z., Lai W. (2019). Transient receptor potential Vanilloid 1-based gene therapy alleviates orthodontic pain in rats. *International journal of oral science*, vol. 11, pp. 11.



14. Harikrishnan V. S., Palekkodan H., Fasaludeen A., Krishnan L. K., Abelson K. S. (2021). Refinement of the spinal cord injury rat model and validation of its applicability as a model for memory loss and chronic pain. *Heliyon*, vol. 7.
15. Harris H. M., Carpenter J. M., Black J. R., Smitherman T. A., Sufka K. J. (2017). The effects of repeated nitroglycerin administrations in rats; modeling migraine-related endpoints and chronification. *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 284, pp. 63-70.
16. Kawano T., Eguchi S., Iwata H., Yamanaka D., Tateiwa H., Locatelli F. M., Yokoyama M. (2016). Effects and underlying mechanisms of endotoxemia on post-incisional pain in rats. *Life sciences*, vol. 148, pp. 145-153.
17. Kawano T., Takahashi T., Iwata H., Morikawa A., Imori S., Waki, S., Tamura T., Yamazaki F., Eguchi S., Kumagai N., Yokoyama M. (2014). Effects of ketoprofen for prevention of postoperative cognitive dysfunction in aged rats. *Journal of anesthesia*, vol. 28, pp. 932-936.
18. Klune C. B., Larkin A. E., Leung V. S., Pang D. (2019). Comparing the rat grimace scale and a composite behaviour score in rats. *PloS one*, vol. 14, pp. e0209467.
19. Koyama T., Kawano T., Iwata H., Aoyama B., Eguchi S., Nishigaki A., Yokoyama, M. (2019). Acute postoperative pain exacerbates neuroinflammation and related delirium-like cognitive dysfunction in rats. *Journal of anesthesia*, vol. 33, pp. 482-486.
20. Kudsi S. Q., de David Antoniazzi C. T., Camponogara C., Meira G. M., de Amorim Ferreira M., da Silva A. M., Trevisan G. (2023). Topical application of a TRPA1 antagonist reduced nociception and inflammation in a model of traumatic muscle injury in rats. *Inflammopharmacology*, pp. 1-14.
21. Langford D. J., Bailey A. L., Chanda M. L., Clarke S. E., Drummond T. E., Echols S., Glick S., Ingrao J., Klassen-Ross T., LaCroix-Fralish M.L., Matsumiya L., Mogil J. S. (2010). Coding of facial expressions of pain in the laboratory mouse. *Nature methods*, vol. 7, pp. 447-449.
22. Leung V. S., Benoit-Biancamano M. O., Pang D. S. (2019). Performance of behavioral assays: The Rat Grimace Scale, burrowing activity and a composite behavior score to identify visceral pain in an acute and chronic colitis model. *Pain Reports*, vol. 4.
23. Leung V., Zhang E., Pang D. S. (2016). Real-time application of the Rat Grimace Scale as a welfare refinement in laboratory rats. *Scientific reports*, vol. 6, pp. 31667.
24. Liao L., Long H., Zhang L., Chen H., Zhou Y., Ye N., Lai W. (2014). Evaluation of pain in rats through facial expression following experimental tooth movement. *European journal of oral sciences*, vol. 122, pp. 121-124.
25. Liu W., Jiang H., Liu X., Hu S., Li H., Feng Y., Ke J., Long X. (2022). Melatonin Abates TMJOA chronic pain by MT2R in trigeminal ganglion neurons. *Journal of Dental Research*, vol. 101, pp. 111-119.
26. Long H., Liao L., Gao M., Ma W., Zhou Y., Jian F., Wang Y., Lai W. (2015). Periodontal CGRP contributes to orofacial pain following experimental tooth movement in rats. *Neuropeptides*, vol. 52, pp. 31-37.
27. Long H., Liao L., Zhou Y., Shan D., Gao M., Huang R., Yang X., Lai W. (2017). A novel technique of delivering viral vectors to trigeminal ganglia in rats. *European Journal of Oral Sciences*, vol. 125, pp. 1-7.
28. Lovrenčić L., Matak I., Lacković Z. (2020). Association of intranasal and neurogenic dural inflammation in experimental acute rhinosinusitis. *Frontiers in Pharmacology*, vol. 11, pp. 586037.
29. Nagakura Y., Miwa M., Yoshida M., Miura R., Tanei S., Tsuji M., Takeda H. (2019). Spontaneous pain-associated facial expression and efficacy of clinically used drugs in the reserpine-induced rat model of fibromyalgia. *European Journal of Pharmacology*, vol. 864, pp. 172716.
30. Nurhapsari A., Cilmiaty R., Prayitno A., Purwanto B., Soetrisno S. (2023). The Role of Asiatic Acid in Preventing Dental Pulp Inflammation: An in-vivo Study. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, pp. 109-119.
31. Oliver V., De Rantere D., Ritchie R., Chisholm J., Hecker K. G., Pang D. S. (2014). Psychometric assessment of the Rat Grimace Scale and development of an analgesic intervention score. *PLoS One*, vol. 9, pp. e97882.
32. Pal A., Park H., Ramamurthy A., Asan A. S., Bethea T., Johnkutty M., Carmel J. B. (2022). Spinal cord associative plasticity improves forelimb sensorimotor function after cervical injury. *Brain*, vol. 145, pp. 4531-4544.
33. Philips B. H., Weisshaar C. L., Winkelstein B. A. (2017). Use of the rat grimace scale to evaluate neuropathic pain in a model of cervical radiculopathy. *Comparative medicine*, vol. 67, pp. 34-42.
34. Ponterotto J. G., Ruckdeschel D. E. (2007). An overview of coefficient alpha and a reliability matrix for estimating adequacy of internal consistency coefficients with psychological research measures. *Perceptual and motor skills*, vol. 105, pp. 997-1014.
35. Reed W. R., Little J. W., Lima C. R., Sorge R. E., Yarar-Fisher C., Eraslan M., Hurt C.P., Ness T.J., Gu J.G., Martins D.F., Li P. (2020). Spinal mobilization prevents NGF-induced trunk mechanical hyperalgesia and attenuates expression of CGRP. *Frontiers in Neuroscience*, vol. 14, pp. 385.
36. Saine L., Hélie P., Vachon P. (2016). Effects of fentanyl on pain and motor behaviors following a collagenase-induced intracerebral hemorrhage in rats. *Journal of Pain Research*, pp. 1039-1048.
37. Schneider L. E., Henley K. Y., Turner O. A., Pat B., Niedzielko T. L., Floyd C. L. (2017). Application of the rat grimace scale as a marker of supraspinal pain sensation after cervical spinal cord injury. *Journal of neurotrauma*, vol. 34, pp. 2982-2993.
38. Semita I. N., Utomo D. N., Suroto H., Sudiana I. K., Gandi P. (2023). The mechanism of human neural stem cell secretomes improves neuropathic pain and locomotor function in spinal cord injury rat models: Through antioxidant, anti-inflammatory, anti-matrix degradation, and neurotrophic activities. *The Korean Journal of Pain*, vol. 36, pp. 72-83.
39. Sorge R. E., Martin L. J., Isbester K. A., Sotocinal S. G., Rosen S., Tuttle A. H., Wieskopf J.S., Acland E.L., Dokova A., Kadoura B., Mogil J. S. (2014). Olfactory exposure to males, including men, causes stress and related analgesia in rodents. *Nature methods*, vol. 11, pp. 629-632.

40. Sotocina S. G., Sorge R. E., Zaloum A., Tuttle A. H., Martin L. J., Wieskopf J. S., Mapplebeck J. C., Wei P., Zhan S., Zhang S., Mogil J. S. (2011). The Rat Grimace Scale: a partially automated method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions. *Molecular pain*, vol. 7, pp. 1744-8069.
41. Sperry M. M., Yu Y. H., Welch R. L., Granquist E. J., Winkelstein B. A. (2018). Grading facial expression is a sensitive means to detect grimace differences in orofacial pain in a rat model. *Scientific Reports*, vol. 8, pp. 13894.
42. Tanei S., Miwa M., Yoshida M., Miura R., Nagakura Y. (2020). The method simulating spontaneous pain in patients with nociplastic pain using rats with fibromyalgia-like condition. *MethodsX*, vol. 7, pp. 100826.
43. Thammanichanon P., Kaewpitak A., Binlath T., Pavasant P., Leethanakul C. (2021). Varied temporal expression patterns of trigeminal TRPA1 and TRPV1 and the neuropeptide CGRP during orthodontic force-induced pain. *Archives of Oral Biology*, vol. 128, pp. 105170.
44. Thomas A., Miller A., Roughan J., Malik A., Haylor K., Sandersen C., Flecknell P., Leach M. (2016). Efficacy of intrathecal morphine in a model of surgical pain in rats. *PLoS One*, vol. 11, pp. e0163909.
45. Tsaousi G., Pourzitaki C., Kapanidis K., Mavrantonis E., Kapoukranidou D., Kouvelas D. (2022). Modulation of nociception and pain-evoked neurobehavioral responses by levetiracetam in a craniotomy pain model. *Behavioural Brain Research*, vol. 420, pp. 113728.
46. Tuttle A. H., Molinaro M. J., Jethwa J. F., Sotocina S. G., Prieto J. C., Styner M. A., Mogil J. S., Zylka M. J. (2018). A deep neural network to assess spontaneous pain from mouse facial expressions. *Molecular pain*, vol. 14, pp. 1744806918763658.
47. Uddin O., Studlack P. E., Parihar S., Keledjian K., Cruz A., Farooq T., Shin N., Gerzanich V., Simard J. M., Keller A. (2019). Chronic pain after blast-induced traumatic brain injury in awake rats. *Neurobiology of Pain*, vol. 6, pp. 100030.
48. VS H., Krishnan L. K., Abelson K. S. (2019). A novel technique to develop thoracic spinal laminectomy and a methodology to assess the functionality and welfare of the contusion spinal cord injury (SCI) rat model. *Plos one*, vol. 14, pp. e0219001.
49. Waite M. E., Tomkovich A., Quinn T. L., Schumann A. P., Dewberry L., Totsch S. K., Sorge R. E. (2015). Efficacy of common analgesics for postsurgical pain in rats. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, vol. 54, pp. 420-425.
50. Wilkinson C. M., Kalisvaart A. C., Kung T. F., Maisey D. R., Klahr A. C., Dickson C. T., Colbourne F. (2020). The collagenase model of intracerebral hemorrhage in awake, freely moving animals: The effects of isoflurane. *Brain Research*, vol. 1728, pp. 146593.
51. Yamamoto K., Tatsutani S., Ishida T. (2017). Detection of nausea-like response in rats by monitoring facial expression. *Frontiers in pharmacology*, vol. 7, pp. 534.
52. Yamanaka D., Kawano T., Nishigaki A., Aoyama B., Tateiwa H., Shigematsu-Locatelli M., Locatelli F. M., Yokoyama, M. (2017). The preventive effects of dexmedetomidine on endotoxin-induced exacerbated post-incisional pain in rats. *Journal of anesthesia*, vol. 31, pp. 664-671.

#### Information about authors:

Zhantleuova Aisha (corresponding author) — 3rd year PhD student of the Department of Biophysics, Biomedicine and Neuroscience of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhantleuova\_aisha@live.kaznu.kz).

Karimova Altynay — Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Biophysics, Biomedicine and Neuroscience of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: altynai.karimova@kaznu.edu.kz).

Davletov Bazbek — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biomedical Science of the University of Sheffield (Sheffield, UK, e-mail: b.davletov@sheffield.ac.uk).

#### Авторлар туралы мәлімет:

Жантлеуова Айша Канатовна (корреспондентный автор) — эл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Биофизика, биомедицина және нейробиология кафедрасының 3 курс PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, e-mail: zhantleuova\_aisha@live.kaznu.kz).

Каримова Алтынай Сагидуллаевна — Медицина ғылымдарының кандидаты, эл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Биофизика, биомедицина және нейробиология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, e-mail: altynai.karimova@kaznu.edu.kz).

Давлетов Базбек Абубакирович — Биология ғылымдарының докторы, Шеффилд Университеті, Биомедициналық ғылымдар кафедрасының профессоры (Шеффилд, Ұлыбритания, e-mail: b.davletov@sheffield.ac.uk).

Received November 29, 2023

Accepted February 20, 2024

6-бөлім  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

---

Section 6  
**BIOTECHNOLOGY**

---

Раздел 6  
**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

**А.Н. Аралбаев**

Алматинский технологический университет, Казахстан, г. Алматы

e-mail: altayaralbayev@gmail.com

## ОЦЕНКА СОРБИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ШРОТА КОРНЕЙ КАТРАНА КОЧИ (*CRAMBE COCHIANA*) И СВЕРБИГИ ВОСТОЧНОЙ (*BUNIAS ORIENTALIS L.*) ИЗ СЕМЕЙСТВА КАПУСТНЫЕ (*BRASSICACEAE B.*)

Проблема загрязнения окружающей среды является глобальной и имеет многосторонние последствия. Одно из них – попадание токсикантов в организм человека с питьевой водой и продуктами питания. Хроническая интоксикация тяжелыми металлами представляет чрезвычайную опасность здоровью человека. В связи с этим, разработки и поиск путей выведения из организма токсикантов и нейтрализации их неблагоприятного воздействия на организм не теряет актуальности. На сегодняшний день на основе многочисленных исследований и практики можно утверждать, что большая часть растительного сырья и их отходов является источником для получения разных продуктов, к примеру пищевых волокон, которые находят применение в качестве сорбентов. Наше исследование было направлено на оценку сорбирующих свойств из шрота корней таких нетрадиционных видов пищевых растений из семейства Капустные (*Brassicaceae B.*) как катран Кочи (*Crambe Cochiana*) и свербига восточная (*Bunias orientalis L.*) по отношению к солям свинца и кадмия. Как показали исследования, пищевые волокна корней данных растений обладают сорбционной активностью по отношению к ионам свинца и кадмия. Корни обоих растений обладали большим сродством к ионам кадмия, также выявлено, что сорбционный потенциал шрота корней свербиги несколько выше, чем у катрана, хотя при исследовании образцов на наличие пищевых волокон в корнях свербиги было обнаружено их меньшее содержание.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, сорбция, пищевые волокна, сорбционная емкость, константа равновесия.

A.N. Aralbayev

Almaty Technological University, Kazakhstan, Almaty

e-mail: altayaralbayev@gmail.com

### Evaluation of the sorption properties in *crambe Kochiana* and *bunia orientalis* (*Brassicaceae B. family*) roots' meals

The problem of environmental pollution is global and has multilateral consequences. One of them is the ingestion of toxicants into the human body with drinking water and food. Chronic intoxication with heavy metals poses an extreme danger to human health. In this regard, the development and search for ways to remove toxicants from the body and neutralize their adverse effects on the body does not lose relevance. Currently, based on numerous studies and practice, it can be argued that most of the plant raw materials and their waste is a source for obtaining various products, for example, dietary fibers, which are used as sorbents. Our study was aimed to evaluation of the sorption properties in *katran Kochiana* and *bunia orientalis* roots' meals on lead and cadmium salts. Studies have shown that the dietary fibers from the roots of these plants have sorption activity in relation to lead and cadmium ions. The roots of both plants had a greater affinity for cadmium ions, and it was also revealed that the sorption potential of the *bunias* roots' meals was slightly higher than that of *katran Kochiana*, although when examining samples for the presence of dietary fibers in the roots of *bunia orientalis*, their lower content was found.

**Key words:** sorption, heavy metals, dietary fibers, sorption capacity, equilibrium constant.



А.Н. Аралбаев

Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
e-mail: altayaralbayev@gmail.com

**Қырыққабаттар (*Brassicaceae B.*) тұқымдасына жататын Кочи қатыраны (*Crambe Cochiana*) мен шығыс майракебісі (*Bunias orientalis L.*) тамырларынан қалған шроттың сорбциялаушы қасиеттерін бағалау**

Қоршаған ортаның ластануы жаһандық деңгейдегі көпжақты салдары бар проблема. Ол салдарлардың бірі адам ағзасына токсиканттардың ауыз су және тамағы арқылы түсуі. Ауыр металлдармен ұзақ уақыт бойы улану адам денсаулығына орасан зор қауіп төндіреді. Сол себепті ағзадан уытты заттарды шығару және олардың келеңсіз әсерін төмендету жолдары мен әдістерін іздестіріп зерттеу мәселесі өзектілігін жоғалтпай отыр.

Бүгінгі таңда көптеген зерттеулер мен тәжірибеге сүйене отырып, өсімдік шикізатының көбісі және олардың қалдықтары әртүрлі өнімдерді, мысалы, сорбенттер ретінде қолданылатын диеталық талшықтарды алу көзі болып табылады деп айтуға негіз бар. Біздің зерттеулеріміз қорғасын мен кадмий тұздарына қатысты Кочи қатыраны (*Crambe Cochiana*) мен шығыс майракебісі (*Bunias orientalis L.*) сияқты дәстүрлі болып табылмайтын тағамдық өсімдіктер тамырларынан қалған шроттың сорбенттік қасиеттерін бағалауға бағытталды. Зерттеулер көрсеткендей, бұл өсімдік тамырларының диеталық талшықтары қорғасын мен кадмий иондарына қатысты сорбциялық белсенділікке ие. Екі өсімдік түрлерінің де тамырларының кадмий иондарына деген аффиндігі жоғары болды. Сонымен қатар майракебіс тамырының құрамындағы диеталық талшықтардың мөлшері қатыранмен салыстырғанда аз болса да, сорбциялық потенциалы біршама жоғары екендігі анықталды.

**Түйін сөздер:** сорбция, ауыр металлдар, тағамдық талшықтар, сорбциялық сыйымдылық, тепе-теңдік константасы.

### Сокращения и обозначения

ТМ – тяжелые металлы, ПВ – пищевые волокна, Pb<sup>2+</sup> -ионы свинца, Cd<sup>2+</sup> -ионы кадмия

### Введение

Повсеместное ухудшение экологической обстановки наблюдается год от года. Развитие агропромышленного сектора, высокие темпы урбанизации и индустриализации общества привели к повышению потребления энергии и ресурсов и как следствие увеличению сброса отходов. [1]. Известно множество веществ различной природы представляющих потенциальную опасность в плане загрязнения объектов окружающей среды и имеющих серьезные последствия, как для существования экосистем, так и напрямую для человека. Поэтому проблема негативного влияния химических соединений искусственного происхождения на здоровье людей и животных актуальна по сей день [2]. Среди различных поллютантов в отдельную группу выделяются тяжёлые металлы и их соединения, как органической, так и неорганической природы. Для них характерна большая распространенность, токсичность, для большинства из них — способность к кумуляции в организмах. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) происходит во всем

мире, это связано с их широким использованием в промышленном производстве наряду со слабыми системами очистки. ТМ попадают в окружающую среду с бытовыми сточными водами, в результате выпадения аэрозольных отходов промышленных и горнодобывающих предприятий. ТМ могут образовывать стабильные органические соединения, с высокой растворимостью, что способствует их миграции в воде [5-8]. Растения накапливают тяжелые металлы из разных источников – вследствие обработки пестицидов, из растворимых отходов, орошением сточными водами и т.д. В конечном результате тяжёлые металлы попадают продукты питания, загрязняя и отравляя их. С растительным сырьем они попадают в организм сельскохозяйственных животных и человека. [9-10].

Тяжелые металлы – группа широко распространенных экотоксикантов, оказывающих неблагоприятное действие на организм. На сегодняшний день тяжёлые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам. Тяжёлые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, в прогнозе же они должны стать самыми опасными [11]. Высоким потенциалом риска для здоровья обладают соединения хрома, кобальта, марганца, никеля, цинка, кадмия, меди, свинца и мышьяка. Такие металлы как марганец, цинк, медь и кобальт

являются эссенциальными и нужны организму в малых количествах для поддержания его функций в норме, тогда как соединения кадмия, свинца, мышьяка, хрома и никеля токсичны и являются причиной различных патологических состояний [12].

Достаточно много исследований посвящено токсичности тяжелых металлов. Тяжелые металлы индуцируют различные морфологические, физиологические и биохимические отклонения напрямую либо опосредованно и в конечном счете приводят к повреждениям. ТМ влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное, гонадотропное действие. Доказано эмбриотоксическое действие ТМ через фетоплацентарную систему, а также их мутагенное воздействие. Многие тяжелые металлы обладают тропностью – избирательно накапливаются в определенных органах и тканях, структурно и функционально нарушая их [13-14]. Поэтому вопрос детоксикации организма при поступлении ТМ не теряет своей актуальности.

Традиционным способом выведения соединений тяжелых металлов из организма является использование хелатирующих агентов, которые образуют менее токсичные комплексы с ионами тяжелых металлов и выводятся из организма [15].

Одним из способов детоксикации организма является применение различных веществ имеющих сорбирующий эффект. Ионы металлов могут связывать такие природные соединения как цеолиты, каррагинаны, альгинаты и их модифицированные препараты. Экспериментальные данные показывают, что названные соединения могут быть эффективным средством выведения токсинов из организма [16 - 19].

Одним из видов натуральных сорбентов могут выступать пищевые волокна, как нерастворимые (целлюлоза, хитин), так и растворимые (пектины, инулин), содержащиеся в продуктах растительного происхождения (злаках, овощах, фруктах, ягодах, водорослях, мхах, грибах, древесных опилках, коре деревьев, пшеничных отрубях, льняном волокне и др.). Большинство из них способны эффективно связывать ионы тяжелых металлов [20-21].

Целью нашего исследования явилась оценка сорбирующих свойств шрота из корней нетрадиционных пищевых растений из семейства Капустные (*Brassicaceae B.*) – катрана Кочи (*Crambe Cochiana*) и свербиги восточной (*Bunias orientalis L.*)

## Материалы и методы исследования

В связи с поставленной целью было проведено исследование образцов на наличие пищевых волокон и способность поглощать ионы тяжелых металлов из растворов.

Для исследования применяли шрот из корней растений полученный после вымывания крахмала. Для извлечения крахмала и большей части растворимых веществ корни растений измельчали и смешивали с водой в соотношении 5:1, полученную суспензию со взвесью мелкодисперсных частиц отделяли от шрота фильтрованием через сито. Шрот пятикратно промывали водой и подсушивали на поверхности обеспечивающей свободную циркуляцию воздуха при температуре 40 °С в сушильном шкафу.

Исследование в содержания корней пектина проводили по методу утвержденному ГОСТ 29059-91 и клетчатки по ГОСТ 31675-2012 [22-23].

Оценка сорбирующих свойств пищевых волокон из корней растений проводилась ионометрическим методом до и после контакта раствора с пищевыми волокнами. Скорость сорбции оценивали посредством измерения концентрации солей кадмия и свинца в десятиминутных промежутках времени. Сорбционную способность исследуемых образцов оценивали до и после взаимодействия пищевых волокон с растворами солей металлов с возрастающей концентрацией на протяжении 100 минут [24]. В экспериментах использовали водные растворы нитрата свинца ( $Pb^{2+}$ ) и сульфата кадмия ( $Cd^{2+}$ ), показатель pH растворов нейтральный. Для оценки сорбционной способности растительного сырья использовали растворы тяжелых металлов в следующих концентрациях: 0,05 ммоль/л, 0,1 ммоль/л, 0,25 ммоль/л, 0,5 ммоль/л, 1 ммоль/л, 2,5 ммоль/л, 5 ммоль/л, 10 ммоль/л. Время экспозиции – 24 часа, пробы периодически встряхивали и перемешивали. При достижении сорбционного равновесия через сутки раствор отделяли от сорбента центрифугированием при 10000 об./мин. и определяли равновесные концентрации адсорбатов. По окончании проводили ионометрическое измерение концентрации растворов.

Сорбционную способность рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(C_0 - C) \times V}{m}$$

где  $C_0$  – исходная концентрация ионов (ммоль/л);  $C$  – концентрация ионов после сорбции (равновесная концентрация) (ммоль/л);  $V$  – объем раствора (л);  $m$  – масса сорбента (г).

В обработке данных применяли уравнения Лэнгмюра.

Уравнение Лэнгмюра в общем виде :

$$A = A_{\infty} * \frac{bc}{b + c}$$

где,  $A_{\infty}$  – предельная(бесконечная) адсорбция или предельная емкость адсорбента,  $b$  – константа равновесия,  $C$  – равновесная концентрация.

Для определения числовых значений параметров  $b$  и  $A_{\infty}$  использовали линейную форму уравнения Ленгмюра и строили графическую зависимость  $1/a = f(1/c)$

Уравнение Лэнгмюра в линейной форме:

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_{\infty}} + \frac{1}{A_{\infty}b} * \frac{1}{c}$$

Величину предельной адсорбции вычисляли из отрезка, отсекаемого на оси ординат, и далее величину константы равновесия путем преобразования формулы [25].

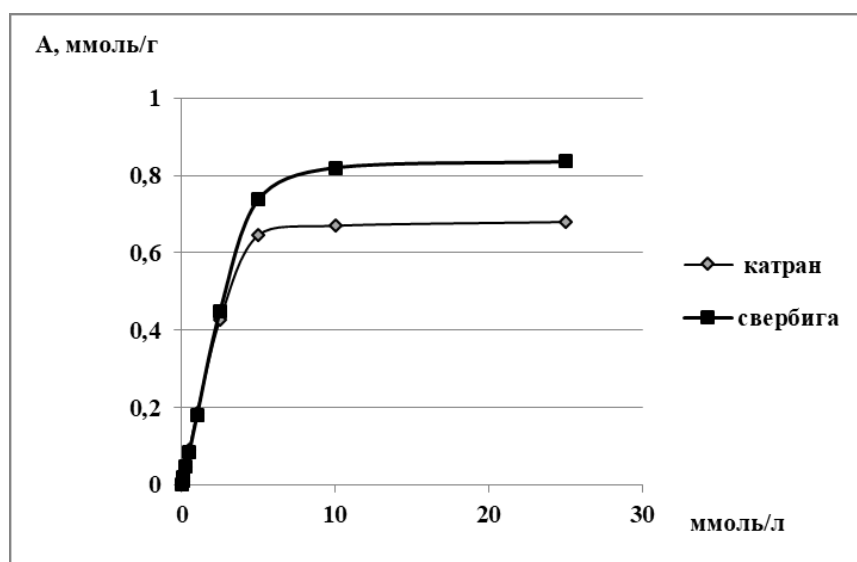
Для определения скорости сорбции применяли растворы с концентрацией 10 ммоль/л. В

колбу емкостью 200 мл помещали 100 мл раствора солей тяжелых металлов и 500 мг шрота корней растений, колбу с содержимым периодически встряхивали и перемешивали. Концентрацию ионов измеряли каждые 10 минут в течение 100 минут.

### Результаты исследования и их обсуждение

В соответствие с поставленной целью в первую очередь нами было проведено исследование содержания пищевых волокон и пектина в шроте корней катрана и свербиги. Как показали результаты экспериментальных исследований, в корнях катрана Кочи удельное содержание пищевых волокон составило 12,24% и пектина 2,28% от общей массы сухого вещества. Для корней свербиги восточной данный показатель составил 9,28% и 1,27%. Таким образом, в корнях катрана кочи содержание пищевых волокон превышает таковое в корнях свербиги практически в 1,5 раза и пектина практически в 2 раза.

Исследования количественного содержания пищевых волокон недостаточно для оценки данного растительного сырья в качестве сорбента. Для получения более полной картины проведены эксперименты для оценки сорбционной способности измельченного шрота корней катрана и свербиги по отношению к ионам свинца и кадмия (рисунок 1-2).

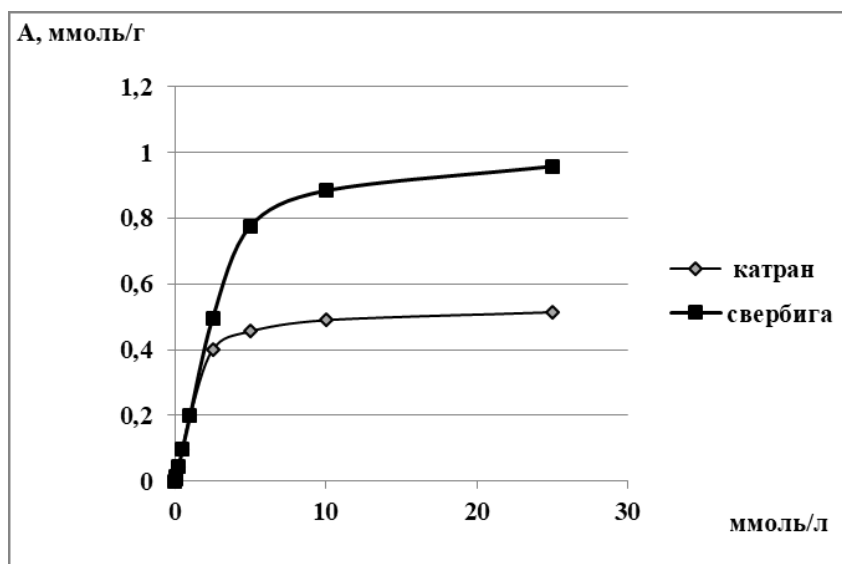


По оси абсцисс: концентрация  $Pb^{2+}$ ; адсорбционная емкость сорбента, ммоль/г

Рисунок 1 – Адсорбционная способность шрота корней по отношению к ионам свинца

В ходе исследований выявлено, что при внесении шрота корней растений в растворы соли свинца максимальная величина сорбции как для шрота корней катрана, так и для свербиги составило 10 ммоль/л. Показатель адсорбционной емкости для катрана составил 0,67 ммоль/г. Как

видно из рисунка, показатель адсорбционной емкости для свербиги в данной точке был выше, чем у катрана на 22 % и составляла 0,82 ммоль/г. В пересчете величина адсорбционной емкости по ионам свинца для катрана составляет 14 мг/г, для свербиги 17,1 мг/г.



По оси абсцисс: концентрация Cd<sup>2+</sup>; адсорбционная емкость сорбента, мг/г

Рисунок 2 – Адсорбционная способность шрота корней по отношению к ионам кадмия

Аналогичные эксперименты проведены и с растворами соли кадмия. Максимум сорбции для исследуемых образцов был достигнут при концентрации 25 ммоль/л. Величина адсорбционной способности корней катрана составила 0,68 ммоль/г, в перерасчете 13,7 мг/г, тогда как адсорбционная емкость корней свербиги равнялась 0,83 ммоль/г или 16,8 мг/г.

Уравнение Лэнгмюра является уравнением мономолекулярной адсорбции и полностью описывает изотерму адсорбции на твердом адсорбенте. На основе полученных экспериментальных данных была построена графическая зависимость  $1/a = f(1/c)$ , с помощью которой определена максимальная сорбционная емкость адсорбентов и проведены расчеты констант адсорбции (рисунок 3-4).

Предельная сорбционная емкость характеризует количество связывающих центров на адсорбенте, тогда как константа равновесия выступает показателем аффинности адсорбента и адсорбата [26-27].

Как показал расчетный анализ, величина предельной емкости шрота корней катрана по

отношению к ионам свинца равна 0,4 ммоль/г (8,3 мг/г), к ионам кадмия 0,6 ммоль/г (12,5 мг/г). Соответственно константы равновесия составили величины 8,17 и 13,13. Таким образом, можно заключить, что ПВ корней катрана более эффективно связывают ионы кадмия по сравнению с ионами свинца, так как проявляют большее сродство.

Аналогичные расчеты экспериментальных и графических данных полученных в ходе исследования корней свербиги выявили, что показатель предельной сорбционной емкости данного образца составил 0,3 ммоль/г (6,3 мг/г) по отношению к ионам свинца и 0,4 ммоль/г (8,3 мг/г) по отношению к ионам кадмия. Константы равновесия равны 17,0 и 14,0 соответственно, что свидетельствует о большей аффинности шрота корней свербиги к ионам кадмия.

При сравнении полученных данных с литературными источниками, можно сказать, что по величине предельной сорбционной емкости шрот из корней исследованных растений не является сильным натуральным адсорбентом как



древесный уголь, некоторые виды каррагинанов и их наномодифицированные производные, тем не менее, данные образцы можно противопоставить некоторым природным объектам обладающих сорбционной активностью [16, 28-29]. В дополнение, экспериментально показано, что сорбционная активность различных сорбентов зависит и от таких факторов как показатель рН, температуры раствора и времени экспозиции

[30]. В нашем исследовании, показатель кислотности раствора колебался в пределах 6.8 – 7.0 , поэтому изменение сорбционной активности анализируемых образцов в зависимости от температуры и показателя рН требует дальнейших изысканий.

Результаты исследования скорости сорбции ионов тяжелых металлов на ПВ образцов представлены на рисунках 5-6.

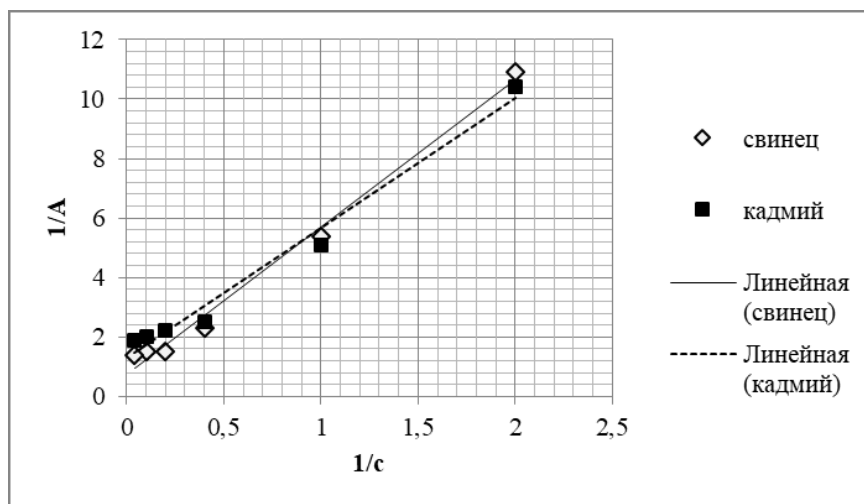


Рисунок 3 – Изотерма адсорбции в линейных координатах уравнения Ленгмюра (шрот из корней катрана Кочи)

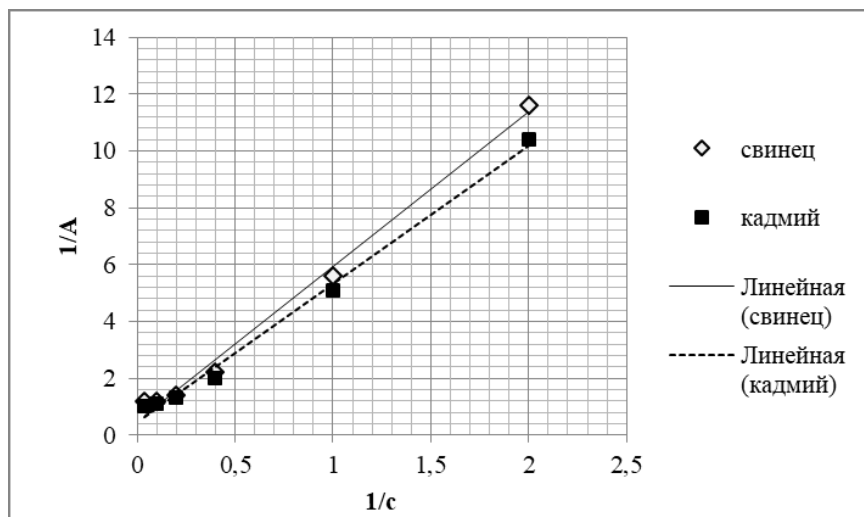
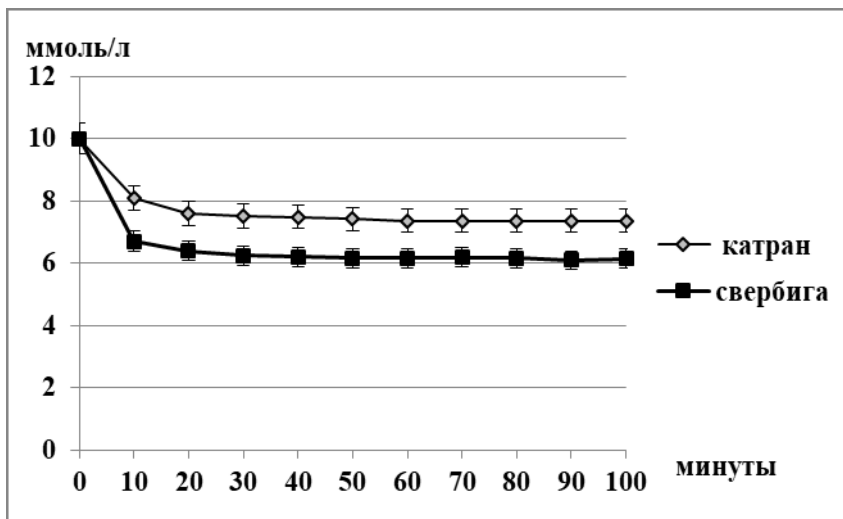


Рисунок 4 – Изотерма адсорбции в линейных координатах уравнения Ленгмюра (шрот из корней свербиги восточной)

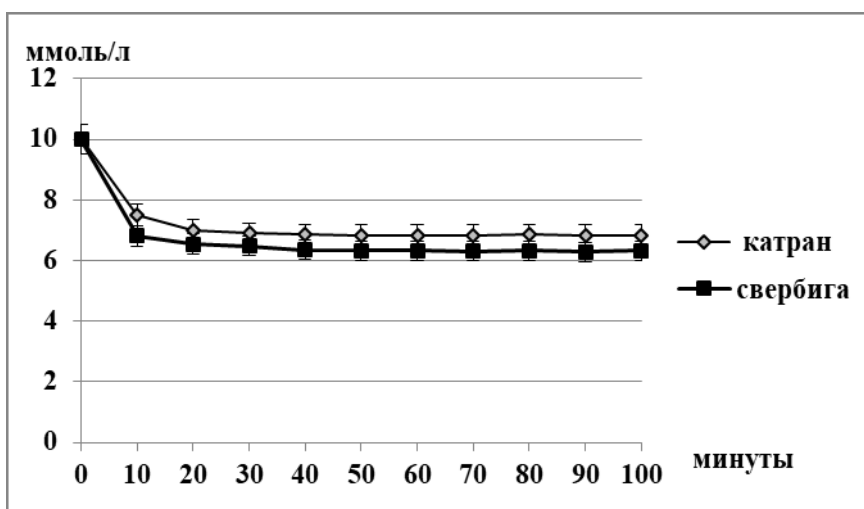


По оси абсцисс: время взаимодействия адсорбента и адсорбата, минуты;  
по оси ординат: концентрация Pb<sup>2+</sup>, ммоль/л

Рисунок 5 – Изменение концентрации ионов свинца в водном растворе

Из рисунка 5 видно, равновесная концентрация ионов свинца в растворе достигалась после 30 минут абсорбции пищевыми волокнами из шрота корней исследуемых растений.

Следует отметить, что процесс сорбции Pb<sup>2+</sup> пищевыми волокнами шрота свербиги протекал эффективнее на 17 % по сравнению с корнями катрана.



По оси абсцисс: время взаимодействия адсорбента и адсорбата, минуты;  
по оси ординат: концентрация Cd<sup>2+</sup>, ммоль/л

Рисунок 6 – Изменение концентрации ионов кадмия в водном растворе

Согласно кинетической кривой представленной на рисунке 6, можно сделать заключение, что время достижения равновесия в исследуемых системах адсорбат-адсорбент составляет 20 минут. Эффективность связывания ионов кадмия шротом из корней свербиги и шрота из корней катрана оказалась практически на одном уровне.

### Заключение

В результате исследования выявлено, что шрот из корней свербиги и катрана проявляют адсорбционные свойства по отношению к солям таких тяжелых металлов как свинец и кадмий. При сравнении эффективности сорбции данных металлов на пищевых волокнах из шрота катрана и свербиги можно отметить, что ионы кадмия связывались более интенсивно, о чем свидетельствует меньшее время, затрачиваемое на достижение равновесной концентрации и величины констант равновесия. Сорбционная емкость пищевых волокон из шрота корней свербиги превышала данный показатель корней катрана, хотя

содержание ПВ и пектина в корнях катрана несколько выше, чем в корнях свербиги. Данный факт может свидетельствовать о неоднородной химической структуре ПВ диссидуемого сырья. Можно предположить, что на пищевых волокнах из шрота корней свербиги присутствует большее количество отрицательных функциональных групп способствующих связыванию катионов тяжелых металлов.

Как показало исследование, показатели сорбционной емкости и констант равновесия для корней катрана и свербиги не были значительными по сравнению некоторых видов сорбентов приведенных в различных источниках литературы, что говорит об их слабовыраженной сорбционной активности. Исследования в данной сфере требуют более детального разрешения вопроса для эффективного применения рассматриваемого вида сырья. Тем не менее, полученные результаты могут дать обоснование для применения ПВ из корней исследованных растений при комплексной детоксикации организма, как дополняющего компонента и источника биологически активных веществ.

### Литература

1. Yang J, Li X, Xiong Z, Wang M, Liu Q. Environmental Pollution Effect Analysis of Lead Compounds in China Based on Life Cycle // *Int J Environ Res Public Health*. – 2020.- Vol.17. – № 7. – P.2184.
2. Mathew BB, Singh H, Biju VG, Krishnamurthy NB. Classification, Source, and Effect of Environmental Pollutants and Their Biodegradation // *J Environ Pathol Toxicol Oncol*.- 2017.- Vol. 36.- № 1. – P.55-71.
3. El-Khatib AA, Barakat NA, Youssef NA, Samir NA. Bioaccumulation of heavy metals air pollutants by urban trees // *Int J Phytoremediation*.- 2020. Vol. 22. -№ 2. – P:210-222.
4. El Bahgy HEK, Elabd H, Elkorashey RM. Heavy metals bioaccumulation in marine cultured fish and its probabilistic health hazard // *Environ Sci Pollut Res Int*.- 2021.- № 30. – P.41431-41438.
5. Izydorczyk G, Mikula K, Skrzypczak D, Moustakas K, Witek-Krowiak A, Chojnacka K. Potential environmental pollution from copper metallurgy and methods of management// *Environ Res*. – 2021. – № 197. – P.111050.
6. Adeli M, Mohammadi Z, Keshavarzi B, Amjadian K, Kafi M. Heavy metal(loid) pollution of a hard-rock aquifer: evidence, distribution, and source // *Environ Sci Pollut Res Int*. – 2021. Vol. 28.- № 26. – P.34742-34761
7. Ojuederie OB, Babalola OO. Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review // *Int J Environ Res Public Health*. – 2017. – Vol. 14.- № 12.- P.1504.
8. Chowdhury S, Mazumder MAJ, Al-Attas O, Husain T. Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries // *Sci Total Environ*. 2016.-№ 569-570. – P. 476-488.
9. Shahid M., Pourrut B., Dumat C., Nadeem M., Aslam M., Pinelli E Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants // *Rev Environ Contam Toxicol*.- 2014. – № 232.- P. 1-44.
10. Жаймьшева С.С. Токсичные элементы в сырье и продуктах питания // *Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры (с международным участием)»*. -2015.- С. 928-931.
11. Kallel A, Ksibi M, Ben Dhia H, Khélifi N. Pollutant removal and the health effects of environmental pollution // *Environ Sci Pollut Res Int*. – 2020. Vol.27.-№ 19. – P. 23375-23378.
12. Hussain S, Habib-Ur-Rehman M, Khanam T, Sheer A, Kebin Z, Jianjun Y. Health Risk Assessment of Different Heavy Metals Dissolved in Drinking Water // *Int J Environ Res Public Health*.- 2019. – Vol.16.-№ 10. – P.1737.
13. Flora S.J.S., Mittal M., Mehta A Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy// *Indian J Med Res*. -2008.- №128. – P. 501-523
14. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды / Теплая Г.А. // *Астраханский Вестник экологического образования*.- 2013. – №1. – С. 182-192.

15. Crisponi G, Dean A, Di Marco V, Lachowicz JI, Nurchi VM, Remelli M, Tapparo A. Different approaches to the study of chelating agents for iron and aluminium overload pathologies // *Anal Bioanal Chem.* – 2013. – Vol. 405. – № 2-3. P.585-601.
16. Khotimchenko YS, Khozhaenko EV, Khotimchenko MY, Kolenchenko EA, Kovalev VV. Carrageenans as a new source of drugs with metal binding properties // *Mar Drugs.* - 2010. – Vol.8. № 4. – P.1106-21.
17. Malamis S, Katsou E. A review on zinc and nickel adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite: examination of process parameters, kinetics and isotherms // *J. Hazard Mater.* – 2013 – № 252-253. P.428-61.
18. Topashka-Ancheva M, Beltcheva M, Metcheva R, Rojas JA, Rodriguez-De la Fuente AO, Gerasimova T, Rodríguez-Flores LE, Teodorova SE. Modified natural clinoptilolite detoxifies small mammal's organism loaded with lead II: genetic, cell, and physiological effects // *Biol Trace Elem Res.* – 2012.- Vol. 147. – №1-3. – P. 206-16.
19. Jiang H, Yang Y, Lin Z, Zhao B, Wang J, Xie J, Zhang A. Preparation of a novel bio-adsorbent of sodium alginate grafted polyacrylamide/graphene oxide hydrogel for the adsorption of heavy metal ion // *Sci Total Environ.* – 2020.-№744. – P.140653.
20. Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Модина Е.А. Сольватационно-координационный механизм сорбции ионов тяжелых металлов целлюлозосодержащим сорбентом из водных сред // *Химия растительного сырья.* - 2010. – №4.- С. 23-30.
21. Chong HL, Chia PS, Ahmad MN. The adsorption of heavy metal by Bornean oil palm shell and its potential application as constructed wetland media // *Bioresour Technol.*-2013.- №130. – P.181-186.
22. ГОСТ 29059-91. Продукты переработки плодов и овощей Титриметрический метод определения пектиновых веществ.- М. : Стандартинформ, 2010. – 6с.
23. ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. – М. : Стандартинформ, 2014. – 12 с.
24. Мосталыгина Л.В., Баймышева М.А., Двухватская К.П., Кискина Л.А., Елизарова С.Н., Костин А.В. Изучение сорбции ионов свинца на пищевом волокне // *Вестник Курганского государственного университета.* – 2013. – Т.30, №3. – С. 82-85.
25. Михеева Е.В. Адсорбция на однородной твердой поверхности. Уравнение Лэнгмюра: методические указания к выполнению расчетной лабораторной работы по дисциплинам «Поверхностные явления и дисперсные системы и «Коллоидная химия»» для студентов ИПР/ – Томск, 2011. – 36 с.
26. Кисиева М.Т., Мыкоц Л.П., Туховская Н.А., Бондарь С.Н., Зяблицева Н.С., Компанцев В.А., Белоусова А.Л. Исследование сорбционной способности пектина, полученного кислотным экстрагированием из клубней топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*) // *Сиб. мед. журн. (Иркутск).* – 2010. – №8. – С.147-150.
27. Самсонов Ф.А. Изучение металлосвязывающей способности альгината натрия // *Литьё и металлургия.* – 2015. – Том 78, №1. – С.77-79.
28. Visa A, Maranescu B, Lupa L, Crisan L, Borota A. New Efficient Adsorbent Materials for the Removal of Cd(II) from Aqueous Solutions // *Nanomaterials (Basel).* -2020.- Vol. 10. – №5. –P. 899.
29. Baby R, Saifullah B, Hussein MZ. Palm Kernel Shell as an effective adsorbent for the treatment of heavy metal contaminated water // *Sci Rep.* – 2019 – Vol. 9. – №1. –P. 18955.
30. Mokrzycki J, Michalak I, Rutkowski P. Tomato green waste biochars as sustainable trivalent chromium sorbents // *Environ SciPollut Res Int.* – 2021. Vol.;28. -№19. –P.24245-24255.

## References

1. Adeli M, Mohammadi Z, Keshavarzi B, Amjadian K, Kafi M. (2021) Heavy metal(loid) pollution of a hard-rock aquifer: evidence, distribution, and source. *Environ SciPollut Res Int.*, vol. 28, no 26, pp.34742-34761
2. Baby R, Saifullah B, Hussein MZ. (2019) Palm Kernel Shell as an effective adsorbent for the treatment of heavy metal contaminated water. *Sci Rep.*, vol. 9, no1, pp. 18955.
3. Chong HL, Chia PS, Ahmad MN. (2013) The adsorption of heavy metal by Bornean oil palm shell and its potential application as constructed wetland media. *Bioresour Technol.* no 130, pp.181-186.
4. Chowdhury S, Mazumder MAJ, Al-Attas O, Husain T. (2016) Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries. *Sci Total Environ*, no 569-570, pp. 476-488.
5. Crisponi G, Dean A, Di Marco V, Lachowicz JI, Nurchi VM, Remelli M, Tapparo A. (2013) Different approaches to the study of chelating agents for iron and aluminium overload pathologies. *Anal Bioanal Chem.*, vol. 405, no 2-3, pp.585-601.
6. El Bahgy HEK, Elabd H, Elkorashey RM. Heavy metals bioaccumulation in marine cultured fish and its probabilistic health hazard (2021). *Environ SciPollut Res Int.*, no 30, pp. 41431-41438.
7. El-Khatib AA, Barakat NA, Youssef NA, Samir NA. (2020) Bioaccumulation of heavy metals air pollutants by urban trees. *Int J Phytoremediation.*, vol. 22, no 2, pp:210-222.
8. Flora S.J.S., Mittal M., Mehta A (2008). Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. *Indian J Med Res.*, 128, pp.501-523
9. GOST 29059-91. (2010) Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ [StST 29059-91. Processed fruits and vegetables Titrimetric method for the determination of pectin substances].- Moscow : Standartinform, p. 6.
10. GOST 31675-2012 (2014) Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. [StST 31675-2012. Stern. Methods for determining the content of crude fiber using intermediate filtration]- Mjscow : Standartinform, p.12.



11. Hussain S, Habib-Ur-Rehman M, Khanam T, Sheer A, Kebin Z, Jianjun Y. (2019) Health Risk Assessment of Different Heavy Metals Dissolved in Drinking Water .*Int J Environ Res Public Health*, vol.16.,no 10., pp.1737.
12. Izydorczyk G, Mikula K, Skrzypczak D, Moustakas K, Witek-Krowiak A, Chojnacka K. (2021). Potential environmental pollution from copper metallurgy and methods of management *Environ Res.*, no 197, pp.111050
13. Jiang H, Yang Y, Lin Z, Zhao B, Wang J, Xie J, Zhang A. (2020) Preparation of a novel bio-adsorbent of sodium alginate grafted polyacrylamide/graphene oxide hydrogel for the adsorption of heavy metal ion. *Sci Total Environ.*, no 744, pp. 140653.
14. Kallel A, Ksibi M, Ben Dhia H, Khélifi N. (2020) Pollutant removal and the health effects of environmental pollution *.Environ SciPollut Res Int.* , vol.27, no 19, pp. 23375-23378.
15. Khotimchenko YS, Khozhaenko EV, Khotimchenko MY, Kolenchenko EA, Kovalev VV. (2010) Carrageenans as a new source of drugs with metal binding properties *.Mar Drugs*, vol.8, no 4, pp.1106-21.
16. Kisieva M.T., Mykoc L.P., Tuhovskaya N.A., Bondar' S.N., Zyabliceva N.S., Kompancev V.A., Belousova A.L. (2010) Issledovanie sorbcionnoj sposobnosti pektina, poluchennogo kislotnym ekstragirovaniem iz klubnej topinambura (*Helianthus tuberosus L.* ) [Study of the sorption capacity of pectin obtained by acid extraction from Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus L.*)].- *Sibirskij medicinskij zhurnal (Irkutsk)* , no8, pp. 147-150.
17. Malamis S, Katsou E.(2013) A review on zinc and nickel adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite: examination of process parameters, kinetics and isotherms . *J. Hazard Mater*, no 252-253, pp.428-61.
18. Mathew BB, Singh H, Biju VG, Krishnamurthy NB. (2017) Classification, Source, and Effect of Environmental Pollutants and Their Biodegradation. *J Environ PatholToxicolOncol.*, vol. 36, no 1,pp.55-71.
19. Miheeva E.V. (2011) Adsorbciya na odnorodnoj tverdoj poverhnosti. Uravnenie Lengmyura: metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu raschetnoj laboratornoj raboty po disciplinam «Poverhnostnye yavleniyai dispersnye sistemy i «Kolloidnaya himiya»» dlya studentov IPR. [Adsorption on a homogeneous solid surface. Langmuir Equation: Methodological Instructions for Performing Calculation Laboratory Work in the Disciplines “Surface Phenomena and Disperse Systems and “Colloid Chemistry”” for students of IPR]. Tomsk, p. 36
20. Mokrzycki J, Michalak I, Rutkowski P. (2021) Tomato green waste biochars as sustainable trivalent chromium sorbents. *Environ SciPollut Res Int.*, vol.:28, no 19, pp.24245-24255.
21. Mostalygina L.V. Mostalygina L.V., Bajmysheva M.A., Dvuhvatskaya K.P., Kiskina L.A., Elizarova S.N., Kostin A.V. (2013) Izuchenie sorbcii ionov svinca na pishchevom volokne. [Study of the sorption of lead ions on dietary fiber]. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennog ouniversiteta.* , no 30, pp. 82-85.
22. Nikiforova T.E., Kozlov V.A., Modina E.A. (2010) Sol'vacionno-koordinacionnyj mekhanizm sorbcii ionov tyazhelyh metallov cellyulozosoderzhashchim sorbentom iz vodnyh sred [Solvation-coordination mechanism of sorption of heavy metal ions by cellulose-containing sorbent from aqueous media]. *Himiyarastitel'nogosyr'ya*, Vol.4, pp. 23-30.
23. Ojuederie OB, Babalola OO. (2017) Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review. *Int J Environ Res Public Health.* , vol. 14, no 12, p.1504.
24. Samsonov F.A. (2015) Izuchenie metallosvyazyvayushchej sposobnosti al'ginata natriya [Study of the metal-binding capacity of sodium alginate]. *Lit'yo i metallurgiya.*, no78, pp.77-79.
25. Shahid M., Pourrut B., Dumat C., Nadeem M., Aslam M., Pinelli E. (2014) Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants. *Rev Environ ContamToxicol*, no 232, pp.1-44
26. Teplaya G.A. (2013) Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchej sredy. [Heavy metals as a factor of environmental pollution]. *Astrahanskij Vestnik ekologicheskogo obrazovaniya.*, Vol.1, pp. 182-192.
27. Topashka-Ancheva M, Beltcheva M, Metcheva R, Rojas JA, Rodriguez-De la Fuente AO, Gerasimova T, Rodríguez-Flores LE, Teodorova SE. (2012) Modified natural clinoptilolite detoxifies small mammal's organism loaded with lead II: genetic, cell, and physiological effects . *Biol Trace Elem Res.* ,vol. 147, no 1 – 3, pp. 206-16.
28. Visa A, Maranescu B, Lupa L, Crisan L, Borota A. (2020) New Efficient Adsorbent Materials for the Removal of Cd(II) from Aqueous Solutions . *Nanomaterials (Basel).*, vol. 10, no 5, pp. 899.
29. Yang J, Li X, Xiong Z, Wang M, Liu Q. (2020) Environmental Pollution Effect Analysis of Lead Compounds in China Based on Life Cycle. *Int J Environ Res Public Health.*, vol.17, no 7, p.2184.
30. ZHajmysheva S.S.(2015) Toksichnye elementy v syr'e i produktah pitaniya. [Toxic elements in raw materials and food]. *Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii «Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury*, pp. 928-931.

**Information about an author:**

Aralbaev Altai Nugmanovich (corresponding author) —3rd year doctoral student, Department of Food Biotechnology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, email: altayaralbayev@gmail.com

**Информация об авторе:**

Аралбаев Алтай Нугманович (корреспондентный автор) – докторант 3 курса, кафедра «Пищевая биотехнология», Алматинский Технологический Университет, Алматы, Казахстан, email: altayaralbayev@gmail.com

Поступила 5 января 2023 года  
Принята 20 февраля 2024 года

А.Н. Зорбекова<sup>1,2\*</sup>, Н.В. Терлецкая<sup>1,2</sup>,  
Е.В. Шуйская<sup>3</sup>, Н.К. Корбозова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Институт генетики и физиологии, Казахстан, г. Алматы

<sup>3</sup>Институт Физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской Академии Наук, Россия, г. Москва

\*e-mail: zorbekova92@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ ОДИНОЧНЫХ И КОМБИНИРОВАННОГО АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ БИОСИНТЕЗА ФЕРМЕНТАТИВНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ У *CHENOPODIUM QUINOA* L.

Растения, адаптированные к высокой инсоляции и засушливым условиям, проявляют высокую активность фермента (SOD). Активация антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза (SOD), играет ключевую роль в снижении окислительного стресса у растений киноа. В хлоропластах, где происходит фотосинтез, возникают активные формы кислорода. Уровень активности SOD повышается при дефиците воды и питательных веществ, что указывает на активацию антиоксидантной защиты хлоропластов еще до появления видимых признаков физиологического стресса. Переход от нормального состояния к стрессовому, вероятно, приводит к подавлению антиоксидантных процессов, сопровождаемому уменьшением активности SOD. В конечном итоге которого в киноа образуется набор вторичных метаболитов, способных синтезировать различные соединения с обширным спектром биологической активности.

В данном абстракте представлены результаты исследований изменения активности таких ферментативных антиоксидантов, как супероксиддисмутаза и пероксидаза у молодых растений *Chenopodium quinoa* L в ответ на осмотический, солевой и комбинированный стресс. Полученные данные демонстрируют связь между уровнем антиоксидантной защиты в системе *Chenopodium quinoa* L и ее способностью справляться с различными видами стресса. Результаты, полученные при комбинированном воздействии 200 мМ NaCl + PEG на молодые растения киноа, свидетельствуют о переходе от молодых растений киноа эустресса к дистрессу.

**Ключевые слова:** киноа, ферментативные антиоксиданты, осмотический стресс, солевой стресс, комбинированный стресс, эустресс, дистресс.

A.N. Zorbekova<sup>1,2\*</sup>, N.V. Terletskaia<sup>1,2</sup>,  
E.V. Shuyskaya<sup>3</sup>, N.K. Korbozova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Institute of Genetics and Physiology, Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup>Institute of Plant Physiology named after K.A. Timiryazev Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow

\*e-mail: zorbekova92@mail.ru

### Influence of single and combined abiotic stress on changes in the biosynthesis of enzymatic antioxidants in *Chenopodium quinoa* L.

Plants adapted to high insolation and dry conditions exhibit high enzyme activity (SOD). Activation of antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD) plays a key role in reducing oxidative stress in quinoa plants. In chloroplasts, where photosynthesis occurs, reactive oxygen species appear. The level of SOD activity increases with water and nutrient deficiency, indicating activation of chloroplast antioxidant defenses even before the appearance of visible signs of physiological stress. The transition from a normal state to a stressful one probably leads to a suppression of antioxidant processes, accompanied by a decrease in SOD activity. Ultimately, a set of secondary metabolites are formed in quinoa, capable of synthesizing various compounds with a wide spectrum of biological activity.

This abstract presents the results of studies of changes in the activity of enzymatic antioxidants such as superoxide dismutase and peroxidase in young *Chenopodium quinoa* L plants in response to osmotic, salt and combined stress. The findings demonstrate a link between the level of antioxidant defense in the *Chenopodium quinoa* L system and its ability to cope with various types of stress. Results obtained

from the combined exposure of young quinoa plants to 200 mM NaCl + PEG indicate a transition from eustress to distress in young quinoa plants.

**Key words:** quinoa, enzymatic antioxidants, osmotic stress, salt stress, combined stress, eustress, distress.

А.Н. Зорбекова<sup>1,2\*</sup>, Н.В. Терлецкая<sup>1,2</sup>,  
Е.В. Шуйская<sup>3</sup>, Н.К. Корбозова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Генетика және физиология институты, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup>Қ.А.Тимирязев атындағы өсімдіктер физиологиясы институты Ресей ғылым академиясы, Ресей, Мәскеу қ.

\*e-mail: zorbekova92@mail.ru

### ***Chenopodium quinoa* L. ферменттік антиоксиданттарының биосинтезінің өзгеруіне тұзды стресс және аралас абиотикалық стрестің әсері**

Жоғары инсоляцияға және құрғақ жағдайларға бейімделген өсімдіктер жоғары ферменттік белсенділікті (SOD) көрсетеді. Супероксиддисмутаза (SOD) сияқты антиоксиданттық ферменттерді белсендіру квиноа өсімдіктеріндегі тотығу стрессін төмендетуде маңызды рөл атқарады. Фотосинтез жүретін хлоропласттарда реактивті оттегі түрлері пайда болады. SOD белсенділігінің деңгейі су мен қоректік заттардың жетіспеушілігімен артады, бұл физиологиялық стресстің көрінетін белгілері пайда болғанға дейін хлоропластың антиоксиданттық қорғанысының белсендірілуін көрсетеді. Қалыпты жағдайдан стресстік күйге өту, мүмкін, антиоксиданттық процестердің басылуына әкеледі, бұл SOD белсенділігінің төмендеуімен бірге жүреді. Сайып келгенде, квиноада биологиялық белсенділіктің кең спектрі бар әртүрлі қосылыстарды синтездеуге қабілетті қайталама метаболиттер жиынтығы түзіледі. Бұл зерттеу жұмыстарында жас *Chenopodium quinoa* L өсімдіктеріндегі осмостық, тұздық және аралас стресске жауап ретінде супероксиддисмутаза және пероксидаза сияқты ферменттік антиоксиданттардың белсенділігінің өзгеруін зерттеу нәтижелерін ұсынады. Нәтижелер *Chenopodium quinoa* L жүйесіндегі антиоксиданттық қорғаныс деңгейі мен оның әртүрлі стресс түрлеріне төтеп беру қабілеті арасындағы байланысты көрсетеді. Жас квиноа өсімдіктерінің 200 mM NaCl + PEG біріктірілген экспозициясынан алынған нәтижелер жас квиноа өсімдіктерінде эустресстен күйзеліске өтуді көрсетеді.

**Түйін сөздер:** квиноа, ферменттік антиоксиданттар, осмостық стресс, тұзды стресс, аралас стресс, эстресс, дистресс.

## **Введение**

Современное развитие фармацевтической индустрии определяется стремлением обнаружить новые источники лекарственных средств, извлекаемых из растительного мира и содержащих разнообразные биологически активные соединения. Важным аспектом также является разработка методов, которые позволяют целенаправленно синтезировать ценные биологически активные вещества, характерные для того или иного вида растений.

Известно, что все растения, даже те, которые обычно рассматриваются как «лекарственные», в первую очередь производят биологически активные соединения для своих собственных потребностей [1]. Например, растения *Chenopodium quinoa* L (киноа) - это однолетнее растение, относящееся к классу СЗ, являющееся факультативным галофитом и псевдозлаком. Принадлежит семейству амарантовых и известно своей высокой адаптивностью к неблагоприятным условиям выращивания [2,3] и способны создавать не

менее 193 различных видов вторичных метаболитов, которые выполняют разные функции в их физиологии и взаимодействии с окружающей средой. Эти метаболиты включают в себя фенольные кислоты, флавоноиды, терпеноиды, стероиды и азотсодержащие соединения [1]. Обычно здоровый человеческий организм располагает своей собственной внутренней системой антиоксидантов, которая может бороться с избытком свободных радикалов. Однако, при возникновении чрезмерного образования свободных радикалов, важную роль играет внешняя часть антиоксидантной системы, то есть антиоксиданты, получаемые из пищи. Так как растения обладают сложной многоуровневой системой антиоксидантной защиты и способностью поддерживать внутриклеточный гомеостаз, включая ферментативные и неферментативные компоненты, на протяжении всей истории человечество использовало эти адаптации растений к экстремальным условиям среды как источник полезных биоактивных соединений в различных формах [4-6]. Растительные антиоксиданты

способны регулировать различные физиологические системы человеческого организма и снижать риск развития хронических заболеваний, вызванных свободнорадикальным окислением [7, 8].

В исследовании, проведенном с участием людей, потреблявших функциональный напиток на основе киноа, было выявлено значительное увеличение уровней биохимических антиоксидантов, таких как супероксиддисмутаза и пероксидаза [9].

Супероксиддисмутаза (SOD) и пероксидаза (POD) составляют важную часть антиоксидантной системы растений, которая предохраняет клетки от окислительных повреждений. Эти ферменты помогают растениям приспосабливаться к различным стрессовым условиям, таким как экстремальные температуры, интенсивное солнечное излучение и другие агенты окружающей среды, способствуя их выживанию и здоровому росту [10]. Супероксиддисмутаза играет критически важную роль в растениях, обеспечивая их выживание и способность адаптироваться к различным окружающим условиям. Этот фермент поддерживает целостность клеток, повышает их устойчивость к стрессу и обеспечивает нормальный рост и развитие растений. Пероксидаза также выполняет немаловажную функцию в растениях, устраняя перекись водорода ( $H_2O_2$ ), образующуюся в процессе различных биохимических реакций в клетках. Этот фермент способствует поддержанию баланса между окислителями и антиоксидантами, предотвращая накопление токсичного  $H_2O_2$ .

Исследования показывают, что диета, богатая растительными антиоксидантами, может снизить риск развития множества заболеваний, включая воспалительные, сердечно-сосудистые, рак, диабет и другие. Это делает растительные антиоксиданты важными для химиопрофилактической терапии [6, 11].

Таким образом, знание о системе антиоксидантов в растительных продуктах и лекарственных растениях становится чрезвычайно ценным.

В условиях недостаточного увлажнения или засоления земель, ухудшенных изменением климата, растения активируют антиоксидантные механизмы для защиты от стресса, что приводит к метаболическим изменениям. Эти изменения позволяют растениям производить высококачественные семена и биосинтезировать ценные соединения, имеющие значение для фармацевтики и пищевой промышленности [12, 13].

В настоящее время разработка методов, направленных на улучшение синтеза вторичных метаболитов путем управления стрессовыми факторами при выращивании коммерчески ценных растений, является важным стимулом [14, 15]. Глобальные абиотические факторы часто воздействуют на растения одновременно, вызывая комплекс стрессов, включая ионную токсичность, осмотическое давление, окислительное повреждение и недостаток питательных веществ [16]. Комплексное воздействие нескольких стрессов одновременно могут сильно осложнить жизненный цикл растений [17].

Реакции растений на стресс зависят от множества факторов, включая тип и интенсивность стрессора, длительность его действия, состояние растения в момент стресса, и особенности вида [18]. Так, представители семейства амарантовых, такие как *Chenopodium quinoa* L, представляющие собой важный источник эссенциальных антиоксидантных растительных метаболитов [19, 10], обладают очень хорошей способностью адаптироваться к различным абиотическим стрессовым факторам [20, 21]. Но совместное действие нескольких стрессовых факторов часто более разрушительно, чем каждый из них в отдельности [22, 16]. Это показали наши недавние исследования морфологии и анатомии фотосинтетических органов молодых растений киноа [23].

Исходя из вышесказанного, данная работа нацелена на изучение воздействия одиночных и комбинированных стрессов на ферментативные антиоксидантные механизмы в фотосинтетических органах молодых растений лебеды. Мы предполагаем, что стресс вызывает количественные и качественные изменения таких ферментативных антиоксидантов как SOD и POD в растениях киноа. Эти изменения, в свою очередь, могут быть связаны с адаптацией растений к стрессу и оптимизацией синтеза ценных фитохимических компонентов, имеющих фармацевтическую или пищевую ценность. Исследования в этой области могут способствовать более глубокому пониманию того, как растения реагируют на стресс, и каким образом они могут использовать стрессовые факторы для улучшения синтеза ценных биоактивных соединений.

## Материалы и методы исследования

### *Растительный материал.*

В данном исследовании использовали сорт киноа (*Chenopodium quinoa* L.) Таджикской се-



лекции «Вахдат». Семена киноа для исследования были предоставлены Центром генетических ресурсов Таджикской академии сельскохозяйственных наук (ЦГР ТААС). Для проведения экспериментов использовали 40-дневные молодые растения, которые были без семян и имели четыре ряда развернутых и функционирующих листьев. Для исследования отбирали два верхних развернутых листа и часть стебля между ними.

#### Условия роста.

Растения были выращены в контролируемых условиях в климатической камере. Освещение осуществлялось с использованием люминесцентных ламп с интенсивностью светового потока 200 микроль/м<sup>2</sup> в секунду (ФАР) при фотопериоде 16 часов и температуре 25°C. Саженьцы также выращивались под циркадным освещени-

ем, используя коммерческие лампы белого света, при фотопериоде 10/14 часов, интенсивности светового потока 200 микроль/м<sup>2</sup> в секунду (ФАР), измеренной с помощью люксметра LI-205 (Li-Cor, США), и при температуре 25 ± 5°C.

Процесс выращивания начинался с проращивания семян в чашках Петри, наполненных дистиллированной водой, в течение 5 дней. Затем саженьцы пересаживались в пластиковые горшки размером 24 см в длину, 20 см в ширину и 10 см в глубину, по 20 саженьцев в каждом горшке. Каждый пластиковый горшок помещался на отдельный пластиковый поднос.

Саженьцы выращивались в течение 26 дней с добавлением 50% питательного раствора Хогланда в каждый пластиковый лоток. Затем, в течение следующих 14 дней, проводились испытания с добавлением стрессовых агентов в соответствии с таблицей 1 (Таблица 1).

Таблица 1 – Экспериментальные условия выращивания *Chenopodium quinoa* L.

Вариант опыта	Название на рисунках	Условия
1	контроль	14 дней на 50% р-ра Хогланда
2	PEG	10 дней на 50% р-ра Хогланда + 4 дня на 12,5% (вес/объем) PEG-6000
3	100 Na	14 дней на 50% р-ра Хогланда + 100 mM NaCl
4	200 Na	14 дней на 50% р-ра Хогланда + 200 mM NaCl
5	300 Na	14 дней на 50% р-ра Хогланда + 300 mM NaCl
6	100 NaP	10 дней на 50% р-ра Хогланда + 100 mM NaCl + 4 дня на 12,5% (вес/объем) PEG-6000
7	200 NaP	10 дней на 50% р-ра Хогланда + 200 mM NaCl + 4 дня на 12,5% (вес/объем) PEG-6000
8	300 NaP	10 дней на 50% р-ра Хогланда + 300 mM NaCl + 4 дня на 12,5% (вес/объем) PEG-6000

Для анализа активности антиоксидантных ферментов были предприняты следующие шаги:

1. Сбор и подготовка образцов: Замороженные побеги растений массой 0,3 г были гомогенизированы в 0,1 М трис-НСl (рН 7,4), содержащем 1 мМ дитиотреитола (ДТТ) и 0,5 мМ фенолметилсульфонилфторида (ФМСФ) в ДМСО. Гомогенизация проводилась с использованием предварительно охлажденной ступки и пестика. Полученные гомогенаты были центрифугированы при 4°C и 10000 g в течение 15 минут. Супернатант (верхний слой) использовался для проведения ферментных анализов. Содержание белка в супернатанте определялось по методу Брэдфорда, используя бычий сывороточный

альбумин («Sigma-Aldrich», США) в качестве стандарта [17].

2. Определение активности супероксиддисмутазы (SOD): Активность SOD определялась с использованием реакционной смеси, включая 0,1 М трис-НСl (рН 7,8), нитросинего тетразолия (NBT, конечная концентрация 50 мкМ), 10 мМ L-метионина, 0,025% Тритон X-100, 3 мкМ рибофлавина и 100 мкл ферментного экстракта согласно методу Бошампа и Фридовича [24]. Активность СОД выражалась в единицах (U) на миллиграмм белка (мг-1 белка).

3. Активность пероксидазы (POD; ЕС 1.11.1.7) измеряли, наблюдая увеличение поглощения при 470 нм во время окисления гвая-

кола [18]. Реакционный раствор содержал 0,1 М Трис-НСl (рН 7,4), 7 мМ гваякола, 4 мМ Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub> и 20–40 мкл ферментного экстракта. Активность выражали в мкмоль гваякола(мин мг белка).

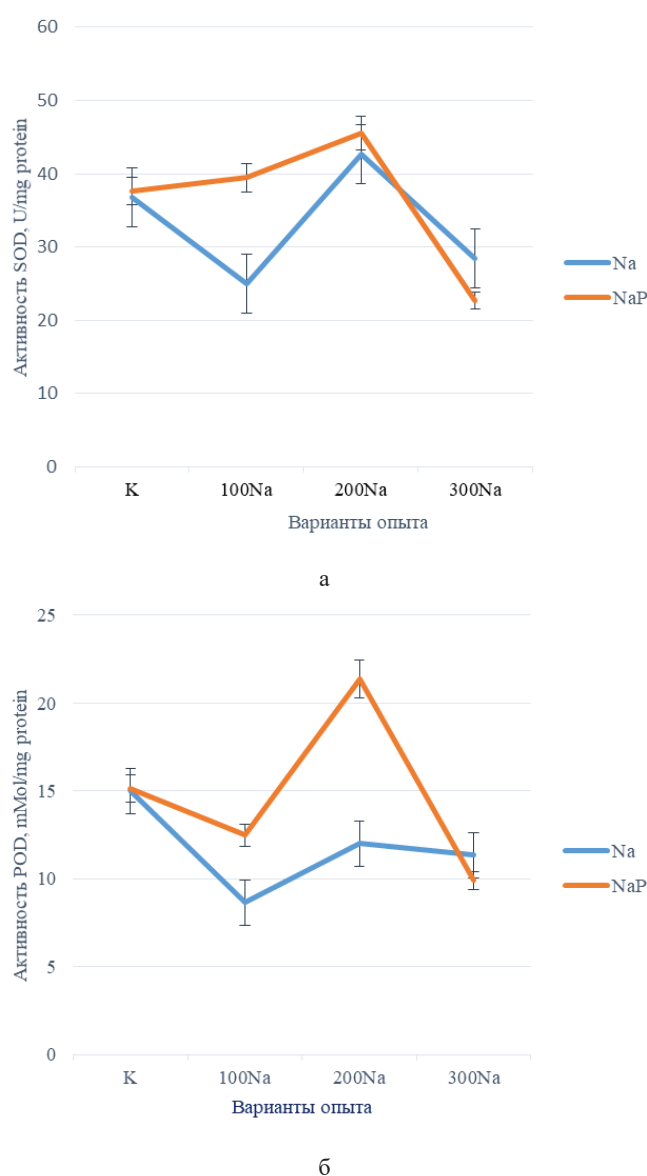
### Результаты и обсуждение

Результаты исследования показали, что стрессовые условия оказывают разнообразное воздействие на активность антиоксидантных ферментов в растениях киноа (Ринунок1).

Из данных, представленных на рисунке 1 следует, что осмотический стресс не оказал ви-

димого влияния на активность SOD и POD по отношению к контролю.

Выявлено, что активность SOD оставалась на уровне контрольных значений при комбинированном стрессе 100 мМ NaCl + PEG. Пик максимальной активности SOD и POD была обнаружена при концентрации 200 мМ NaCl в условиях солевого и комбинированного стрессов, но при комбинированном стрессе активность этих ферментов была заметно выше. Во всех остальных вариантах опыта отмечено статистически значимое снижение ферментативной активности как для SOD, так и для POD.



**Рисунок 1** – Изменение активности антиоксидантных ферментов от стрессовых условий: а. супероксиддисмутаза (SOD); б. пероксидаза (POD)

Низкая активность ферментов при невысоком уровне стрессового воздействия может быть связано как с наличием небольшого конститутивного пула фермента, так и с тем, что при относительно низком уровне стресса эти ферменты не играют существенной роли в разложении перекиси в побегах. Так, аналогичное снижение активности антиоксидантных ферментов при засолении показано для некоторых сортов киноа [25, 20].

Как правило, высокая активность этих ферментов является адаптивным механизмом и указывает на более эффективную защиту клеток от повреждений, вызванных свободными радикалами и окислительным стрессом [26, 27]. Увеличение активности при комбинированном стрессе 200 мМ NaCl + PEG, вероятно, обеспечивает синтез новых молекул ферментов или изоферментов. Этот синтез мог быть инициирован самим образующимся пероксидом в связи с известной сигнальной ролью этого вещества. Отмеченный пик ферментативной активности позволяет предположить, что эта интенсивность стресса может быть потенциально критичной для молодых растений киноа, и дальнейшее увеличение стрессовой нагрузки может привести к необратимым изменениям [16].

Отмеченное снижение активности ферментов при повышении стрессового воздействия можно объяснить чрезвычайно высоким уровнем АФК или их быстрой инактивацией в ходе катализируемой реакции [20].

На основании ранее проведенного нами исследования [23], посвященного морфофизиоло-

гическим особенностям киноа, было установлено, что при использовании концентрации соли 200 мМ NaCl нарушаются индивидуальные механизмы адаптации, в то время как при концентрации 300 мМ NaCl наблюдаются значительные изменения в водном балансе растений, связанные с структурными повреждениями клеток.

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что воздействие одиночного стресса оказалось менее существенным по сравнению с эффектом комбинированного стресса, а результаты, полученные при комбинированном воздействии 200 мМ NaCl + PEG, свидетельствуют о переходе от эустресса («положительный» стресс, способствующий адаптации) к дистрессу («отрицательный» стресс, вызывающий нарушения) у молодых растений киноа.

Выявленные закономерности в изменении активности ферментативных антиоксидантов под воздействием одиночного и сочетанного стресса способствуют лучшему пониманию механизмов стрессоустойчивости киноа. Так как изучаемые антиоксиданты могут найти применение в производстве пищевых продуктов и в фармакологии, улучшая качество продукции и обеспечивая защиту от окислительного стресса, полученные нами результаты могут послужить основой для разработки методов целенаправленного синтеза полезных ферментов-антиоксидантов растительного происхождения.

### Литература

1. Lin M., Han P., Li Y., Wang W., Lai D., Zhou L. Quinoa secondary metabolites and their biological activities or functions // *Molecules*. – 2019.- Vol. 24.- 2512p.
2. Тимохин А.К. Сравнительная анатомия вегетативных органов представителей семейства Amaranthaceae Juss// 1984-Москва.
3. Барабанов Е. И. Ботаника: учебник для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия».- 2006. — С. 247. — 448 с.
4. Wurtzel E.T., Kutchan T.M., Plant metabolism, the diverse chemistry set of the future // *Science*.- 2016, Vol. 353- 1232p.
5. Tasiu I., Stress and defense responses in plant secondary metabolites production // *Biol. Res.*- 2019, Vol. 52.
6. Hameed A., Gulzar S., Aziz I., Hussain T., Gul B., Khan M.A., Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte // *AoB Plants*.- 2015, Vol. 7: plv004.
7. Baral M., Datta A., Chakraborty S., Chakraborty P., Pharmacognostic studies on stem and leaves of *Amaranthus spinosus* Linn // *Int. J. Appl. Biol. Pharm. Technol.*-2011, Vol. 2, p. 41.
8. Dumanović J., Nepovimova E., Natić M., Kuča K., Jačević V., The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: a concise overview // *Front. Plant Sci.*- 2021, Vol. 11: 552969p.
9. Tsai T.-Y., Lin R.-J., Liu C., Tseng Y.-P., Chan, L.-P., Liang C.-H Djulis supplementation against oxidative stress and ultraviolet radiation-induced cell damage: The influence of antioxidant status and aging of skin in healthy subjects, *J. Cosmet // Dermatol.*- 2021, Vol. 21, 2945p.
10. Sharma Pallavi., Jha Ambuj Bhushan., Dubey Rama Shanker., Pessarakli, Mohammad. Reactive Oxygen Species, Oxida-

tive Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions// Journal of Botany.- 2012, 1–26p.

11. Gins M.S, Gins V.K, Motyleva S.M, Kulikov I.M, Medvedev S.M, Pivovarov V.F, Mertvishcheva M.E, Metabolites with antioxidant and protective functions from leaves of vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L), *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya //Agricultural Biology*.- 2017.- Vol. 52, p. 1030.

12. Selmar D., Kleinwächter M., Abouzeid S., Yahyazadeh M., Nowak M., The impact of drought stress on the quality of spice and medicinal plants. In: Ghorbanpour M., Varma A // *Medicinal Plants and Environmental Challenges*, Springer.- 2017.- -Vol. 17, p.159.

13. Terletskaia N.V., Seitimova G.A., Kudrina N.O., Meduntseva N.D., Ashimuly K. The reactions of photosynthetic capacity and plant metabolites of *Sedum hybridum* L. in response to mild and moderate abiotic stresses// *Plants*. -2022.- Vol. 11, p.828.

14. He M., He C.Q., Ding N.Z. Abiotic stresses: General defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance// *Front. Plant Sci*.- 2018. -Vol. 9, 1771p.

15. Bhargava A., Srivastava S. Response of *Amaranthus* sp. to salinity stress: a review, *Emerging Research in Alternative Crops*, Cham // Springer-Verlag.- 2020.- p. 245.

16. Derbali W., Manaa A., Goussi R., Derbali I., Abdelly C., Koyro H.-W. Post-stress restorative response of two quinoa genotypes differing in their salt resistance after salinity release// *Plant Physiol. Biochem*.- 2021.- Vol. 164, p. 222.

17. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Anal. Biochem*.- 1976.- vol. 72, p. 248.

18. Shevyakova N.I., Stetsenko L.A., Meshcheryakov A.B., Kuznetsov V.I.V. The activity of the peroxidase system in the course of stress-induced CAM development, *Russ. J // Plant Physiol*.- 2002.- vol. 49, p. 598.

19. Tovmasyan A., Maia C.G., Weitner T., Carballeda S., Sampaio R.S., Lieb D., Ghazaryan R. Ivanovic-Burmazovic, I., Ferrer-Sueta, G., Radi, R., Reboucas, J.S., Spasojevic, I., Benov, L., Batinic-Haberle, I., A comprehensive evaluation of catalase-like activity of different classes of redox-active therapeutics, *Free Radic // Biol. Med*.- 2015.- Vol. 86, p. 308.

20. Slimani N., Arraouadi S., Hajlaoui H., Borgi M.A., Boughattas N.E.H., De Feo V. Snoussi, M., The impact of greenhouse and field growth conditions on *Chenopodium quinoa* Willd accessions' response to salt Stress: a comparative approach // *Agronomy*.- 2023.-Vol. 13, 2303p.

21. Gawęł S, Wardas M, Niedworok E, Wardas P. Dialdehyd malonowy (MDA) jako wskaźnik procesów peroksydacji lipidów w organizmie [Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker] // *Wiad Lek*.- 2004.- vol. 57, p. 453.

22. Soriano G., Kneeshaw S., Jimenez-Aleman G., Zamarre A.M., Franco-Zorrilla J.M., Rey-Stolle M.F., Barbas C., Garcia-Mina J.M., Solano R. An evolutionarily ancient fatty acid desaturase is required for the synthesis of hexadecatrienoic acid, which is the main source of the bioactive jasmonate in *Marchantia polymorpha* // *New Phytol*.-2022.- Vol. 233, p.1401.

23. Terletskaia, N.V., Erbay, M., Zorbekova, A.N., Prokofieva, M.Yu., Saidova, L.T., Mamirova, A., Influence of osmotic, salt and combined stress on morphophysiological parameters of *Chenopodium quinoa* photosynthetic organs, *Agriculture*, 2023, vol. 13, p. 1.

24. Beauchamp C., Fridovich I., Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels // *Anal. Biochem*.- 1971.- Vol. 44, p. 276.

25. Hajjhashemi S., Jahantigh O., Alboghobeish S. The redox status of salinity-stressed *Chenopodium quinoa* under salicylic acid and sodium nitroprusside treatments. *Front // Plant Sci*.-2022.-Vol. 13, 1030938p.

26. Gill S.S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants // *Plant Physiol. Biochem*.- 2010.- Vol. 48, p.909.

27. Yue Y., Su L., Hao M., Li W., Zeng L., Yan S. Evaluation of peroxidase in herbal medicines based on an electrochemical sensor // *Front. Chem*.- 2021.- vol. 9, 709487.

## References

1. Barabanov E.I (2006) *Botanica:uchebnik dlya studentov vyshykh uchebnykh zavedeniy-M:Izdatelski tsentr «Academya» [Botany: a textbook for students of higher educational institutions – M: Publishing center “Academy”] S.247-448.*

2. Baral M., Datta A., Chakraborty S., Chakraborty P. (2011) Pharmacognostic studies on stem and leaves of *Amaranthus spinosus* Linn, *Int. J. Appl. Biol. Pharm. Technol*, vol. 2, p. 41.

3. Beauchamp C., Fridovich I. (1971) Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal. Biochem*, vol. 44, p. 276.

4. Bhargava A., Srivastava S. (2020) Response of *Amaranthus* sp. to salinity stress: a review, *Emerging Research in Alternative Crops*, Cham. Springer-Verlag, p. 245.

5. Bradford M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*, vol. 72, p. 248.

6. Derbali W., Manaa A., Goussi R., Derbali I., Abdelly C., Koyro H.W.(2021) Post-stress restorative response of two quinoa genotypes differing in their salt resistance after salinity release. *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 164, p. 222.

7. Dumanović J., Nepovimova, E., Natić, M., Kuća, K., Jačević, V., The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: a concise overview, *Front. Plant Sci.*, 2021, vol. 11: 552969.

8. Gawęł S, Wardas M, Niedworok E, Wardas P. (2004) Dialdehyd malonowy (MDA) jako wskaźnik procesów peroksydacji lipidów w organizmie [Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker]. *Wiad Lek*, vol. 57, p. 453. (Polish.)

9. Gill S.S., Tuteja N. (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiol. Biochem*, vol. 48, p. 909.



10. Gins M.S., Gins V.K., Motyleva S.M., Kulikov I.M., Medvedev S.M., Pivovarov V.F., Mertvishcheva M.E. (2017) Metabolites with antioxidant and protective functions from leaves of vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.), Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. Agricultural Biology, vol. 52, p. 1030.
11. Hajhashemi S., Jahantigh O., Alboghobeish S. (2022) The redox status of salinity-stressed *Chenopodium quinoa* under salicylic acid and sodium nitroprusside treatments. Front. Plant Sci, vol. 13, 1030938p.
12. Hameed A., Gulzar S., Aziz I., Hussain T., Gul B., Khan M.A. (2015) Effects of salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial halophyte. AoB Plants, vol. 7: plv004.
13. He M., He C.Q., Ding N.Z. (2018) Abiotic stresses: General defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. Front. Plant Sci, vol. 9, p.1771.
14. Lin M., Han P., Li Y., Wang W., Lai D., Zhou L. (2019) Quinoa secondary metabolites and their biological activities or functions. Molecules, Vol. 24, p. 2512.
15. Selmar D., Kleinwächter M., Abouzeid S., Yahyazadeh M., Nowak M. (2017) The impact of drought stress on the quality of spice and medicinal plants /In: Ghorbanpour, M., Varma, A. (Eds.). Medicinal Plants and Environmental Challenges, Springer, p. 159.
16. Sharma Pallavi., Jha Ambuj Bhushan., Dubey Rama Shanker., Pessaraki Mohammad (2012) Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. Journal of Botany, 1–26p.
17. Shevyakova N.I., Stetsenko L.A., Meshcheryakov A.B., Kuznetsov V.I.V. (2002) The activity of the peroxidase system in the course of stress-induced CAM development. Russ. J. Plant Physiol, vol. 49, p. 598.
18. Slimani N., Arraouadi S., Hajlaoui H., Borgi M.A., Boughattas N.E.H., De Feo V., Snoussi M. (2023) The impact of greenhouse and field growth conditions on *Chenopodium quinoa* Willd accessions' response to salt Stress: a comparative approach. Agronomy, vol. 13, 2303p.
19. Soriano G., Kneeshaw S., Jimenez-Aleman G., Zamarre A.M., Franco-Zorrilla J.M., Rey-Stolle M.F., Barbas, C., Garcia-Mina J.M., Solano R. (2022) An evolutionarily ancient fatty acid desaturase is required for the synthesis of hexadecatrienoic acid, which is the main source of the bioactive jasmonate in *Marchantia polymorpha*, New Phytol, vol. 233, p. 1401.
20. Tasiu I. (2019) Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. Biol. Res, vol. 52.
21. Terletskaya N.V., Erbay M., Zorbekova A.N., Prokofieva M.Yu., Saidova L.T., Mamirova A. (2023) Influence of osmotic, salt and combined stress on morphophysiological parameters of *Chenopodium quinoa* photosynthetic organs. Agriculture, vol. 13, p.1.
22. Terletskaya N.V., Seitimova G.A., Kudrina N.O., Meduntseva N.D., Ashimuly K. (2022) The reactions of photosynthetic capacity and plant metabolites of *Sedum hybridum* L. in response to mild and moderate abiotic stresses. Plants, vol. 11, p.828.
23. Timohin A.K. (1984) Sravnitel'naya anatomia vegetativnykh organov predstavitelei semeystva Amaranthaceae [Comparative anatomy of the vegetative organs of representatives of the family Amaranthaceae Juss Juss]. Moskva.
24. Tovmasyan A., Maia C.G., Weitner T., Carballal S., Sampaio R.S., Lieb D., Ghazaryan R., Ivanovic-Burmazovic I., Ferrer-Sueta G., Radi R., Reboucas J.S., Spasojevic I., Benov L., Batinic-Haberle I. (2015) A comprehensive evaluation of catalase-like activity of different classes of redox-active therapeutics. Free Radic. Biol. Med, vol. 86, p. 308.
25. Tsai T.Y., Lin R.J., Liu C., Tseng Y.P., Chan L.P., Liang C.H. (2021) Djulis supplementation against oxidative stress and ultraviolet radiation-induced cell damage: The influence of antioxidant status and aging of skin in healthy subjects, J. Cosmet. Dermatol, vol. 21, p.2945.
26. Wurtzel E.T., Kutchan T.M. (2016) Plant metabolism, the diverse chemistry set of the future. Science, vol. 353, p. 1232.
27. Yue Y., Su L., Hao M., Li W., Zeng L., Yan S. (2021) Evaluation of peroxidase in herbal medicines based on an electrochemical sensor. Front. Chem, vol. 9, 709487p.

**Information about authors:**

*Zorbekova Aigerim Nurlanovna (corresponding author) – PhD student, senior lecturer of the Department of Biodiversity and Bioresources of KazNU named after Al-Farabi and junior researcher of the Laboratory of Environmental Physiology of Plants of the Republican State Enterprise “Institute of Genetics and Physiology” under the right of economic management of the Scientific Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: zorbekova92@mail.ru)*

*Terletskaya Nina Vladimirovna -Candidate of Biological Sciences, Al-Farabi KazNU, Associate Professor of Biodiversity and Bioresources Department and Head of the Laboratory of Environmental Physiology of Plants, Republican State Enterprise “Institute of Genetics and Physiology” under the Scientific Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: teni02@mail.ru)*

*Shuyskaya Elena Victorovna – Candidate of biological sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Global Ecology of Photosynthesis at the institute of plant physiology. K.A. Timiryazev Russian Academy of sciences (Moscow, Russia, email: evshuya@mail.ru)*

*Korbozova Nazym Kurmanbaevna – PhD, Al-Farabi KazNU, Senior Lecturer of the Department of Biodiversity and Bioresources and Senior Researcher of the Laboratory of Environmental Physiology of Plants, Republican State Enterprise “Institute of Genetics and Physiology” under the Scientific Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: naz-ik@mail.ru)*

**Сведения об авторах:**

*Зорбекова Айгерим Нурланкызы (корреспондентный автор)- PhD студент, старший преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов КазНУ им. Аль-Фараби и младший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений Республиканского государственного предприятия «Институт генетики и физиологии» по праву управления экономикой Научного комитета Министерства образования и науки Республики Казахстан (Алматы, Қазақстан, email: zorbekova92@mail.ru)*

*Терлецкая Нина Владимировна – кандидат биологических наук КазНУ им. аль-Фараби, доцент кафедры биоразнообразия и биоресурсов и заведующая лабораторией экологической физиологии растений Республиканского государственного предприятия «Институт генетики и физиологии» Научного Комитета Министерства образования и науки Республики Казахстан (Алматы, Қазақстан, email: teni02@mail.ru)*

*Шуйская Елена Викторовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории глобальной экологии фотосинтеза Института физиологии растений имени К.А. Тимирязева, Российская академия наук (Москва, Россия email: evshuya@mail.ru)*

*Корбозова Назым Курманбаевна – PhD КазНУ им. аль-Фараби, старший преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов и старший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений Республиканского государственного предприятия «Институт генетики и физиологии» Научного комитета Министерства образования и науки Республики Казахстан (Алматы, Қазақстан, email: naz-ik@mail.ru)*

*Поступила 25 декабря 2023 г.*

*Принята 20 февраля 2024 г.*

---

## АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ INFORMATION FOR AUTHORS

### Требования к научной статье для опубликования в журнале «Вестник КазНУ. Серия биологическая»:

✓ Редакционная коллегия принимает ранее неопубликованные экспериментальные статьи по научным направлениям журнала. Статья представляется в электронном формате (в форматах .doc, .docx, .rtf) ТОЛЬКО посредством ее загрузки через функционал сайта журнала (Open Journal System или Editorial Manager).

✓ Кегль шрифта – 12 (аннотация, ключевые слова, литература – 10, текст таблиц – 9-11), шрифт – Times New Roman, выравнивание – по ширине текста, интервал – одинарный, абзацный отступ – 0,8 см, поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое и правое – 2 см.

✓ Объем статьи (без учета названия, сведений об авторах, аннотации, ключевых слов, библиографического списка) должен составлять не менее 1 500-7 000 слов для естественнонаучных и технических направлений.

✓ При подаче статьи авторы должны отправить заполненную заявку, сопроводительное письмо и рукопись статьи, оформленную по нижеуказанным правилам.

✓ Авторы в ОБЯЗАТЕЛЬНОМ порядке должны указать в сопроводительном письме в системе Open Journal System или Editorial Manager о том, что направляемая статья/рукопись нигде ранее не публиковалась, и что в статье отсутствуют заимствованные фрагменты текста из других работ без ссылок на них.

✓ Порядок оплаты и стоимость за публикацию статьи устанавливается издательским домом «Қазақ университеті» и производится автором после одобрения внешними рецензентами и научным редактором.

### Структура статьи:

Работы, оформленные без соблюдения этих правил, возвращаются без рассмотрения.

#### *Первая страница:*

**Первая строка – номер МРНТИ**

**Название статьи (Заголовок)**

**Автор(ы) статьи**

**Орсид ID номера авторов**

**Сокращения и обозначения**


**Аннотация**

**Ключевые слова/словосочетания**

**Первая строка – номер МРНТИ** (в исключительных случаях УДК), выравнивание – по левому краю, шрифт – полужирный. Номер МРНТИ необходимо найти на сайте <http://grnti.ru/>.

**Название статьи (Заголовок)** должно отражать суть и содержание статьи и привлекать внимание читателя. Название должно быть кратким, информативным и не содержать жаргонизмов или аббревиатур. Оптимальная длина заголовка – 5-7 слов (в некоторых случаях 10-12 слов). Название статьи должно быть представлено на русском, казахском и английском языках. Название статьи представляется полужирным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру.

✓ **Автор(ы) статьи** – количество авторов не ограничено. В список должны входить данные авторов, которые имеют прямое отношение к написанию статьи, те кто выполнял эксперименты и получил данные и результаты, отраженные в статье, те кто является автором основной идеи публикации.

Сведения об авторах представляются обычным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру. Принадлежность авторов к определенному месту работы указывается в виде надстрочных индексов до фамилии<sup>1,2,3</sup>. Авторы из одной и той же организации указываются под одинаковой надстрочной цифрой. Для авторов КазНУ обязательное указание ID номеров ORCID с использованием гиперссылки в значке , для авторов сторонних организаций по желанию. Корреспондентный автор отмечается надстрочным знаком\*.

<sup>1</sup>Инициалы и фамилия, <sup>2</sup>Инициалы и фамилия\*

<sup>1</sup>место работы (аффилиация), страна, город

<sup>2</sup>место работы (аффилиация), страна, город

\*Корреспондентный автор – e-mail

Корреспондентным автором является тот автор, который ведет переписку с редакцией до и после печати и отвечает на все замечания и исправления по статье. Важно указать действующий электронный адрес и контактные данные при подаче статьи.

- 
1. **Сокращения и обозначения** – если имеются.
  - ✓ **Аннотация** объемом **не менее 150 слов, не более 300 слов** на русском, казахском и английском языках.
  - Структура аннотации включает в себя следующие **ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ пункты**:
    1. Вступительное слово о теме исследования.
    2. Цель, основные направления и идеи научного исследования.
    3. Краткое описание научной и практической значимости работы.
    4. Краткое описание методологии исследования.
    5. Основные результаты и анализ, выводы исследовательской работы.
    6. Ценность проведенного исследования (внесенный вклад данной работы в соответствующую область знаний).
    7. Практическое значение итогов работы.
  - ✓ **Ключевые слова/словосочетания** – количеством 3-5 на русском, казахском и английском языках.

**Последующая страница (новая):**

**Введение**

**Материалы и Методы**

**Результаты и Обсуждение**

**Заключение, выводы**

**Благодарности**

**Источник финансирования**

**Конфликт интересов**

**Литература**

**Введение** состоит из следующих основных элементов:

✓ Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. В обосновании выбора темы на основе описания опыта предшественников сообщается о наличии проблемной ситуации (отсутствие каких-либо исследований, появление нового объекта и т.д.). Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

✓ В секции должны быть охвачены фундаментальные и новые труды по исследуемой тематике зарубежных авторов на английском языке (не менее 15 трудов), анализ данных трудов с точки зрения их научного вклада, а также пробелы в исследовании, которые Вы дополняете в своей статье.

✓ Определение объекта, предмета, целей, задач, методов, подходов, гипотезы и значения вашей работы. Цель исследования связана с доказательством тезиса, то есть представлением предмета исследования в избранном автором аспекте.

**Материалы и Методы** – должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

✓ Характеристика или описание материала исследования включает его представление в качественном и количественном отношении. Характеристика материала – один из факторов, определяющий достоверность выводов и методов исследования.

✓ В этом разделе описывается, как проблема была изучена: подробная информация без повторения ранее опубликованных установленных процедур; используется идентификация оборудования (программного обеспечения) и описание материалов, с обязательным внесением новизны при использовании материалов и методов.

✓ Научная методология должна включать в себя:

✓ - исследовательский вопрос(-ы);

✓ - выдвигаемую гипотезу (тезис);

✓ - этапы исследования;

✓ - методы исследования;

✓ - результаты исследования.

✓ **НЕДОПУСТИМО** наличие множества ссылок, не имеющих отношения к работе, или неуместные суждения о ваших собственных достижениях, ссылки на Ваши предыдущие работы.

**Результаты и Обсуждение** – приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами иностранных и отечественных авторов, анализами и выводами.

**Заключение, выводы**

Обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

Структура заключения должна содержать следующие вопросы: Каковы цели и методы исследования? Какие результаты получены? Каковы выводы? Каковы перспективы и возможности внедрения, применения разработки?



---

**Конфликт интересов** – желательно указать имеющиеся конфликты интересов со стороны авторов и соавторов касательно материалов статьи. Если нет никаких конфликтов к опубликованию материалов в статье, указать, что авторы не имеют конфликта интересов.

**Благодарности** – Перечислите людей, которые оказали помощь во время исследования (например, предоставили помощь в переводе, письменную помощь или предоставили материал/оборудование для работы и т.д.)

**Источник финансирования** – Следует указать в рамках какого проекта или программы была выполнена работа, указать год и номер договора по проекту/программе.

### **Литература**

Список используемой литературы, или Библиографический список состоит из не менее 25 наименований литературы для естественнонаучных и технических направлений и из общего числа наименований на английском языке должно быть не менее 50%.

Для естественнонаучных статей ссылки оформляются в квадратных скобках с указанием нумерации по мере появления цитируемых работ в тексте. Стиль оформления списка литературы согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (требование к изданиям, входящих в перечень ККСОН).

Далее следует второй список литературы (**References**, который должен быть предоставлен в другой форме, то есть – романизированным алфавитом (транслитерация). **References** ТОЛЬКО те работы, которые цитируются в тексте. Reference оформляется в алфавитном порядке!

Романизированный список литературы должен выглядеть в следующем виде для источников на кириллице: автор(-ы) (транслитерация) → (год в круглых скобках) → название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть), выходные данные с обозначениями на английском языке.

**Например:** Gokhberg L., Kuznetsova T. (2011) Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki [Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy]. *Foresight-Russia*, vol. 5, no 4, pp. 8–30.

Стиль оформления Романизированного списка литературы из источников на английском (другом иностранном) языке для естественнонаучных и технических направлений – Chicago Style ([www.chicagomanualofstyle.org](http://www.chicagomanualofstyle.org)).

Cramer W., Bondeau A., Woodward F.I., Prentice I.C., Betts R.A., Brovkin V., Cox P.M., Fisher V., Foley J.A., Friend A.D., Kucharik C., Lomas M.R., Ramankutty N., Sitch S., Smith B., White A., Young-Molling C. (2001) Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO<sub>2</sub> and climate change: Results from six dynamic global vegetation models. *Glob. Change Biol.*, vol. 7, pp. 357–373.

#### **В данном разделе необходимо учесть:**

- Цитируются основные научные публикации, передовые методы исследования, которые применяются в данной области науки и на которых основана работа автора.
- Избегайте чрезмерных самоцитирований.
- Избегайте чрезмерных ссылок на публикации авторов СНГ/СССР, используйте мировой опыт (Pubmed, Web of Science). Не следует ссылаться на энциклопедии, монографии, диссертации и материалы, на которые нет общего доступа.
- Библиографический список должен содержать фундаментальные и наиболее актуальные труды, опубликованные известными зарубежными авторами и исследователями по теме статьи.

**Стоимость публикации** – 2000 тенге/страница

#### **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 KZ19998СТВ0000567141 – тенге

ИИК KZ40998СТВ0000567151 – USD

БИК TSESKZKA

## МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақаласы	Review articles	Обзорные статьи
<i>B.N. Usenbekov, S.K. Mukhambetzhonov, D. Mynbayeva, A.K. Amirova, Kh. Berkimbay, A. Ospanova, Ch. Turganova</i> Rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) androgenesis in vitro .....		4
<i>Б.Н. Шамишев, А. Боромбаев, З.И. Молошев, А.Н. Пернеев, Ж. Карабаев</i> Анализ экологического состояния и перспективы развития особо охраняемых природных территорий Кыргызстана....		12
<b>1-бөлім</b> <b>Ботаника</b>	<b>Section 1</b> <b>Botany</b>	<b>Раздел 1</b> <b>Ботаника</b>
<i>G.A. Amertayeva, A.T. Mamurova, B.B. Osmonali</i> Distribution of the medicinal species <i>Ajania fastigiata</i> (C.Winkl.) Poljakov in Kazakhstan.....		26
<i>А.Р. Алдибекова, М.С. Қурманбаева, Г.Н. Нысанбаева</i> Соғды шағаны ( <i>Fraxinus sogdiana</i> Bunge) ағаш өсімдіктері қатысатын қауымдастықтардың флоралық құрамы.....		34
<i>Ч.Ж. Алдасугурова, А.А. Аметов, А.Ж. Чилдибаева, Т.Б. Рысқали, А.С. Нурмаханова, А. Қажикенова</i> Іле Алатуының Түрген шатқалы орманды белдеуінде эндемдік түр <i>Rosa Potentilliflora</i> Chrshan. Et. M. Pop. кездесетін өсімдіктер қауымдастығын геоботаникалық тұрғыдан талдау.....		47
<i>D.S. Tokasheva, R.T. Omarov</i> Evaluation of effect of exogenous molybdenum and tungsten on seed germinability and on symptoms of virus infection in plants.....		57
<i>А.Д. Дукенбаева, М.Д. Альжанова</i> Оценка современного состояния древесно-кустарниковой флоры некоторых районов города Астана.....		72
<b>2-бөлім</b> <b>Микробиология</b>	<b>Section 2</b> <b>Microbiology</b>	<b>Раздел 2</b> <b>Микробиология</b>
<i>Е.А. Бекешев, А.М. Бағышев, Е.Ю. Степанова, А.Б. Джумагазиева, Қ.Б. Бекешева</i> Исследование воздействия нефтепродуктов на микробную флору почвы.....		84
<b>3-бөлім</b> <b>Молекулалық</b> <b>биология және генетика</b>	<b>Section 3</b> <b>Molecular</b> <b>biology and genetics</b>	<b>Раздел 3</b> <b>Молекулярная</b> <b>биология и генетика</b>
<i>О.Г. Чередниченко, С.К. Нуралиев, А.Л. Пилюгина, Д.Э. Азизбекова</i> Сравнительный анализ эффективности использования растительной тест-системы <i>Allium cepa</i> для оценки радиационного воздействия.....		98
<b>4-бөлім</b> <b>Зоология</b>	<b>Section 4</b> <b>Zoology</b>	<b>Раздел 4</b> <b>Зоология</b>
<i>I.G. Frolov, B.T. Berdikulov</i> Recent avifaunistic analysis in the floodplains of the Kara Yertis (Black Irtysh) and Yertis river in the Pavlodar region.....		112
<i>Е.С. Чаликова, С.Х. Зарипова, А.Ж. Абаев, Б.Б. Арынов</i> Итоги и перспективы орнитологического мониторинга в Государственном природном парке «Көлсай көлдері» .....		127
<i>S.S. Kantarbayev, A.A. Grachev, Yu.A. Grachev, N.A. Bizhanova</i> The influence of the protected areas on the present distribution of the Himalayan brown bear ( <i>Ursus arctos isabellinus</i> Horsfield, 1826) population in the Trans-Ili Alatau, South-East Kazakhstan.....		137

---

**5-бөлім**  
**Адам және жануарлар**  
**физиологиясы**

**Section 5**  
**Human and animal**  
**physiology**

**Раздел 5**  
**Физиология**  
**человека и животных**

*A.K. Zhantleuova, A.S. Karimova, B.A. Davletov*

Use of Rat Grimace Scale in pain research..... 154

**6-бөлім**  
**Биотехнология**

**Section 6**  
**Biotechnology**

**Раздел 6**  
**Биотехнология**

*A.H. Аралбаев*

Оценка сорбирующих свойств шрота корней катрана Кочи (*Crambe Cochiana*) и свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.) из семейства Капустные (*Brassicaceae* B.)..... 168

*A.H. Зорбекова, Н.В.Терлецкая, Е.В. Шуйская, Н.К. Корбозова*

Влияние одиночных и комбинированного абиотических стрессов на изменение биосинтеза ферментативных антиоксидантов у *Chenopodium Quinoa* L..... 178

Авторларға арналған ақпарат..... 187