

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҮЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ

# ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№4 (73)

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2022



KazNU Science · ҚазҰУ Ғылыми · Наука КазНУ

# ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №4 (73) желтоқсан



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

Күелік № 16501-Ж

Журнал жылына 4 рет жарықта шыгады  
(наурыз, маусым, қыркүйек, желтоқсан)

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Омирбекова Аиель Адилевна, PhD, и.о. доцента  
E-mail: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

Мамилов Н.Ш., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Инелова З.А., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Кушнаренко С.В., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)

Маторин Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Рахман Е., PhD, профессор (Қытай)

Тамо Таңғыя, PhD, профессор (Жапония)

Аллахвердиев Сулайман, б.ғ.д., профессор (Ресей)

Каримов Б., б.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

## ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Амангельдин М.С., оқытушы (Қазақстан)

Экология сериясы қоршаган органдың қорғау және қоршаган ортада антропогендік факторлардың әсері,  
қоршаган орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау, биологиялық  
алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері бағыттарын қамтиды.



Жоба менеджери  
Гульмира Шаккозова  
Телефон: +7 701 724 2911  
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Компьютерде беттеген  
Айғүл Алдашева

ИБ №148883  
Пішімі 60x84/8. Қолемі 10,1 б.т. Тапсырыс №16.  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің  
«Қазақ университеті» баспа үйі.  
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.  
«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында  
басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2022

**ШОЛУ МАҚАЛАЛАР**

---

**REVIEW ARTICLES**

---

**ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ**

**A.A. Toktarova<sup>1</sup> , C. Ives<sup>2</sup> , A.S. Seitkan<sup>2\*</sup> **

<sup>1</sup>Astana International University, Kazakhstan, Astana

<sup>2</sup>University of Nottingham, United Kingdom, Nottingham

\*e-mail: seitkanainur.77@mail.ru

## CHALLENGES OF PROTECTED AREAS MANAGEMENT

Protected Areas (PAs) is a cornerstone and essential preservation strategies at a national and international level for biodiversity preservation and to maintain healthy ecological function. PAs have continuously been increase over the last decades. However, their effectiveness significantly depends on their management and planning strategies. This paper presents an overview of the main challenges in PAs management. Findings of the present study highlights an importance of involvement of stakeholders in the decision-making process in the management of PAs, public attitudes and perception towards Pas. The understanding of the main challenges in such as uncontrolled human activities (hunting, poaching, fishing), unsustainable development of tourism, climate change also important taking into account in achieving sustainable conservation objectives, and in the design and implementation of new environmental policies. PAs management depends on many interactions such as policy agenda, social and economic situation, cultural issues, stakeholders, individual preferences and governance. Therefore, to conduct an effective PAs management, it is essential to strengthen responses to these multiple obstacles.

**Key words:** environmental management, protected areas management, public perception, climate change, stakeholder's participation.

А.А. Тоқтарова<sup>1</sup>, К. Ивс<sup>2</sup>, А.С. Сейткан<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Астана халықаралық университеті, Қазақстан, Астана к.

<sup>2</sup>Ноттингем университеті, Ұлыбритания, Ноттингем к.

\*e-mail: seitkanainur.77@mail.ru

## Ерекше қорғалатын табиғи аумақтарды басқару мәселелері

Ерекше қорғалатын табиғи аумақтар (ЕҚТА) – биоэртурлілікті сақтау және салауатты экологиялық функцияны ұлттық және халықаралық деңгейде сақтаудың негізі және маңызды стратегиясы. Соңғы он жылдықтарда ЕҚТА территориясы үнемі өсіп отырды. Алайда олардың тиімділігі көбінесе басқару және жоспарлау стратегияларына байланысты. Аталған зерттеу жұмысы ЕҚТА басқарудағы негізгі мәселелерге шолу жасайды. Осы зерттеудің нәтижелері ЕҚТА басқару шешімдерін қабылдау процесіне мүдделі тараптарды тартудың маңыздылығын, жүртшылықтың ЕҚТА-ны қабылдауда көзқарасын көрсетеді. Адамның бақылаусызы әрекеті (аң аулау, браконьерлік, балық аулау), туризмнің тұрақсыз дамуы, климаттың өзгеруі сияқты негізгі мәселелерді тұсіну тұрақты даму максаттарына жету кезінде және жаңа экологиялық саясаты өзірлеу мен енгізу барысында да маңызды. ЕҚТА қоршаған ортаны қорғаудың тиімді құралы ретінде танылғанына қарамастан, оларды басқару кезінде көптеген аспектілер қажет. Мысалы, ЕҚТА-ны басқару саяси күн тәртібінде, әлеуметтік және экономикалық жағдай, мәдени мәселелер, мүдделі тараптар, жеке қалаулар және басқару сияқты көптеген өзара әрекеттесулерге байланысты. Сондықтан ЕҚТА-ны тиімді басқаруды жүзеге асыру үшін осы көптеген кедергілерге жауап беру шараларын қүшейту маңызды.

**Түйін сөздер:** ерекше қорғалатын табиғи аумақтарды басқару, қоғамдық пікір, климат өзгеруі, мүдделі тараптардың қатысуы.

А.А. Токтарова<sup>1</sup>, К. Ивс<sup>2</sup>, А.С. Сейткан<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Международный университет Астана, Казахстан, г. Астана

<sup>2</sup>Ноттингемский университет, Великобритания, г. Ноттингем

\*e-mail: seitkanainur.77@mail.ru

## Проблемы управления особо охраняемыми природными территориями

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются краеугольным камнем и важнейшей стратегией сохранения биоразнообразия и поддержания экологической функции на национальном и международном уровнях. В течение последних десятилетий территория ООПТ

постоянно увеличивались. Однако их эффективность в значительной степени зависит от их стратегий управления и планирования. В данной исследовательской работе представлены обзоры основных проблем при управлении ООПТ. Результаты настоящего исследования подчеркивают важность вовлечения заинтересованных сторон в процесс принятия решений по управлению ООПТ, отношение общественности и восприятие ООПТ. Понимание основных проблем, таких, как неконтролируемая деятельность человека (охота, браконьерство, рыболовство), неустойчивое развитие туризма, изменение климата, также важно учитывать при достижении целей устойчивого сохранения, а также при разработке и внедрении новой экологической политики. Несмотря на то, что ООПТ признаны эффективным инструментом сохранения окружающей среды, при управлении ими необходимо учитывать многие аспекты. Так, управление ООПТ зависит от многих взаимодействий, таких, как политическая повестка дня, социальная и экономическая ситуация, культурные проблемы, заинтересованные стороны, индивидуальные предпочтения и управление. Следовательно, для проведения эффективного управления ООПТ важно усилить меры реагирования на эти многочисленные проблемные вопросы.

**Ключевые слова:** менеджмент особо охраняемых природных территорий, общественное восприятие, изменение климата, участие заинтересованных сторон.

## Introduction

Over the last few decades, natural resource management have become a major concern worldwide due to the loss threatening essential ecological processes. For example, biodiversity benefits human well-being and sustains lives on earth by providing valuable direct and indirect ecosystem services, resiliency, and social relations [1]. Therefore, in order to provide conservation efforts, the establishment of Protected Areas (PAs) is a cornerstone and essential preservation strategies at a national and international level for biodiversity preservation and to maintain healthy ecological function. According to IUCN PAs cover around 16% of the world's land area and have continuously been increase over the last decades [2]. Currently, the expansion of the global network of PAs has reached an unprecedented rate and reflects a growing recognition of their value. This is a fundamental element of sustainable development.

Despite the increasing number of PAs, biodiversity is still under threat of extinction worldwide because of destruction of the natural environment over the last 50 years [1]. For instance, populations of wildlife declined 58% all over the world between 1970 and 2012, and there is suggestion of a decline of two-thirds of global biodiversity between 1970 and 2020 [3]. Clearly, conservation of biodiversity in the ecosystem is one of the substantial challenges facing modern society. However, PAs may not be immune to this issue as biodiversity rates continue to decline even within PAs.

Therefore, integrated management of PAs is a vital element of biodiversity conservation. PAs management depends on many interactions such as pol-

icy agenda, social and economic situation, cultural issues, stakeholders, individual preferences and governance. Therefore, to conduct an effective PA management, it is essential to strengthen responses to these multiple obstacles.

Hence, there is no universal solution to effectively manage PAs. Solutions should be linked to the characteristics and natural heritage of each country, the level of its development, the effectiveness of its institutions, and nature and extent of the defects in the prevailing market mechanism, in range of sectors, the nation's priority objectives and targets, and other factors specific to the country.

## The role of protected areas

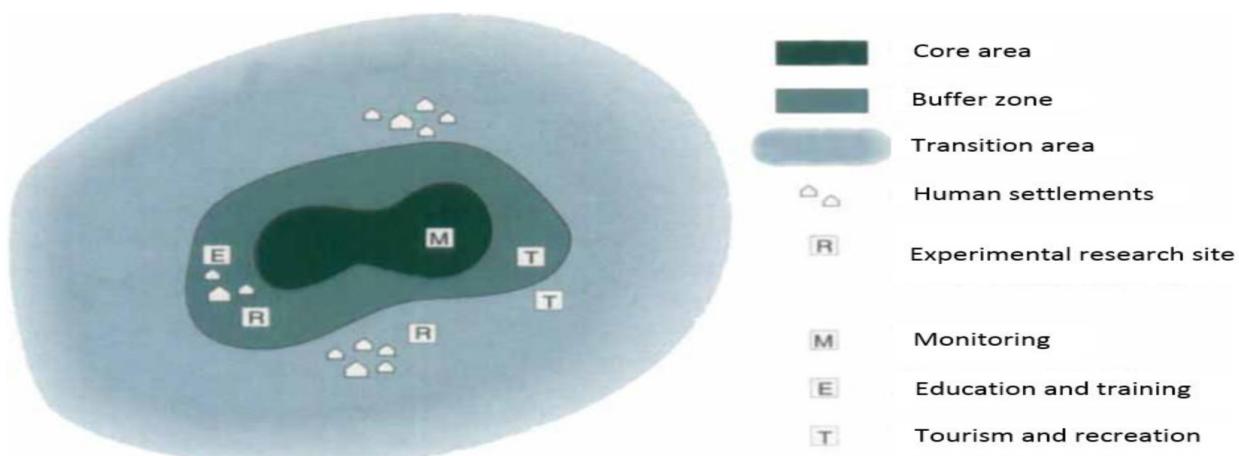
According to the Convention on Biological Diversity (CBD) PAs can be defined as 'a geographically defined area, which is designed or regulated and managed to achieve specific conservation objectives' [4]. The International Union for Conservation of Nature presented a widely accepted definition of PAs, which is a 'clearly defined geographical space, recognised, dedicated and managed, through legal or other effective means, to achieve the long-term conservation of nature with associated ecosystem services and cultural values' [5]. The literature review provided a variety of PAs definitions but all had the similar aim of facilitating the long-term conservation of species and nature within their borders while reducing the impact of human activities [6]. PAs are classified into six categories, which are based on a variety of management objectives, such as the level of protection, restriction (Table 1) [5].

**Table 1** – The categories of protected areas

Category	Definition of Management Objective
<b>Category I a Strict Nature Reserve</b>	Strictly controlled areas for protection of its biodiversity, geological or landform features. They are managed mainly for scientific purposes.
<b>Category I b Wilderness Area</b>	Protected areas without permanent or significant human habitation, which are managed for wilderness protection.
<b>Category II National Park</b>	Large natural or near natural areas dedicated to preserve ecosystem. Can be used for eco-friendly recreation purposes.
<b>Category III Natural Monument/ Feature</b>	Quite small protected areas dedicated for protection of a specific natural monument (landform, seamount, submarine cavern, geological features), often with visitor opportunities.
<b>Category IV Habitat/Species Management Area</b>	Areas, which are managed mainly for protection of particular species or habitats through management intervention.
<b>Category V Protected Landscape/ Sea scape</b>	A protected area of distinct character with significant ecological, biological, cultural and scenic value. The objective is to maintain landscape and biodiversity as well as harmonious interaction of nature and culture. This category can be used for recreation and tourism
<b>Category VI Protected Area with Sustainable Use of Nature Resources</b>	Protected areas managed to ensure long-term protection of natural ecosystems and habitats, together with associated cultural values and sustainable natural resource management and production purposes.

In order to effectively provide conservation initiatives and protect nature from human disturbances, zoning schemes were designed for PAs. This scheme lists the allowable and prohibited activities in the different areas [7]. According to UNESCO, PAs are delineated into three distinct territorial components. The first area is the core area which is devoted to long-term conservation aims, sufficiently large to achieve these goals, and where stricter wildlife conservation is enforced. The second area is clearly

identified as a buffer zone where activities such as scientific research, activities with educational purposes, non-destructive tourism, and natural resource use and recreational activities are allowed. The third zone is the transition zone where people could derive some benefits from this area but sustainable practices are promoted and developed. These territorial zones of PAs could minimise human influence and ensure proper protection within an allocated area (Figure 1).

**Figure 1** – Zoning of Protected areas [7]

However, this zoning system approach is questioned because many PAs are not functioning within boundaries as originally planned despite adequate management systems. This could be explained by the fact that human activities in areas surrounding a reserve could change ecological functioning and species decline within core areas. It has been suggested that issues such as ‘changes in the effective size of protected areas with consequences for a minimum dynamic area, species abundance; alterations in ecological flow into and out of reserves; loss of crucial habitats for seasonal migrations and population source areas; exposure to human activities through poaching, hunting and disease could effect on the ecological processes within reserves’ [8].

For example, changes in ecosystem size could decrease the effective size of the PAs which would also reduce the number of ecological processes and organisms. Therefore, the reduction of effective size could have a negative impact on the ecological functioning and variety of species present in the PAs [8].

Island Biogeography Theory could insert some clarity in this. According to this theory, the number of species in protected areas formed as a balance between species migrated to PAs and those extinct. If nature reserves situated too far from migration routes that feed local fauna, extinction then will be prevailed in fauna formation process affecting to the balance in protected areas and their quantity will continue downward movement [9]. Therefore, it is important to handle carefully the issues of recolonization within the boundaries of PAs. Impacts caused by nature within and outside the boundaries of PAs are essential because they define the dynamics and create resources for the survival of organisms. This meant that areas with a minimal change dynamic are the smallest territories where these changes affect keeping constant balance.

According to [10] an allocated space should be no less than 50 times bigger than the largest area of natural impact to ensure the above-mentioned balance. These methods include ecosystem size alterations, with the suggestion for a minimal dynamic area, species’ inhabitancy impact and structure; changes in movement of materials and effects to inside and from outside areas of reserves; influences for important local residential areas, and seasonal migrated species population.

PAs are one of the key strategies employed by national and local powers to tackle anthropogenic factors leading to a decline in biodiversity with the aim of enhancing the safety of food and water re-

sources, promoting community’s resilience to address natural disasters and reduce the consequences of climate change [11]. Liu et al. [12], suggested that PAs help prevent the extinction of many threatened species and maintain a variety of ecosystem services around the world [5]. These ecosystem services contribute to the wellbeing of human societies. Additionally, PAs could deliver benefits for socio-economic development, such as employment opportunities, recreational activities, tourism, and economic growth by supporting the livelihoods of local residents [13]. Thus, PAs are beneficial not only to nature but to human wellbeing because they provide vital ecosystem services [2]. For example, PAs with a well-managed system could provide clean water and food supplies and assist in the reduction of poverty [11].

PAs are also important in strengthening the sustainable development of regions and in integrating the sustainability principles in natural resource practices. The concept of sustainable development emerged after releasing the Brundtland Commission report ‘Our Common Future’ and is defined as ‘development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs’ [14]. However, it is often criticised as a utopian term due to the perceived impossibility of achieving ideal sustainable development [15].

However, despite the significant value of PAs, their effectiveness depends on their being well managed and well-planned [16]. PAs management effectiveness assessments have been used around the world to conduct appraisals of current PAs management systems and assist with the implementation of enhanced methods of preservation activities [17].

One of the issues to emerge from PAs management is keeping the balance between the socio-economic development of locals and the biodiversity preservation activities that could be a potentially complicated issue. Many important areas, in terms of providing a vital ecological function, are situated in less economically developed territories. Therefore, the prohibition on using its resources should also consider effective measures to compensating locals for a lack of income. These issues are crucial to an efficient PAs management [18].

### **Public attitudes and perceptions to protected areas**

The importance of the PAs as a successful conservation initiative requires acceptance and un-

derstanding by the local communities [19]. The achievement of the conservation objectives in PAs has been known to conflict with local residents' attitudes and needs [20]. Some of the main causes of this conflict are the access restrictions to PAs, which could be imposed on land use practices namely, agricultural practices, fisheries, hunting, and extraction of natural resources [21]. These are one of the reasons for the negative attitude of people to PAs, which could cause major challenges to effective biodiversity conservation.

Therefore, people's understanding and perspectives of PAs play a key role in planning sustainable preservation and acceptance of environmental policies [22].

The literature recommends that any possible evaluation should include people's attitudes, demands and choices concerning the quality of the environment to enhance the planning process [23, 24]. Having broad and essential information about local individuals' perception to PAs and their management is crucial because this knowledge could be used in the planning of environmental management and enhance the level of sustainable development. For example, the success of implementing the new policy regulation depends on whether participants are influenced by the preservation of biodiversity positively or negatively [25].

It is essential to consider the fact that perceptions can be established under the impact of various social aspects such as socio-economic and demographic factors as well as psychological components such as personal values, needs, or attribution of individuals. Environmentally orientated psychological research, conducted to investigate the connection between perception and behaviour, found that attitudes are vital in establishing eco-friendly behaviour [26]. Moreover, the social aspects of a person (age, gender, education) could affect residents' understanding and views about their relationship to the environment. It is in this way that their behavioural patterns towards nature have been established [27]. Another factor which can be influenced by the community's perception is the level of trust in the environmental organisations [28]. This understanding is important in achieving sustainable conservation objectives, and in the design and implementation of new environmental policies and for sustainable development [29].

### **Stakeholders' participation in the environmental management**

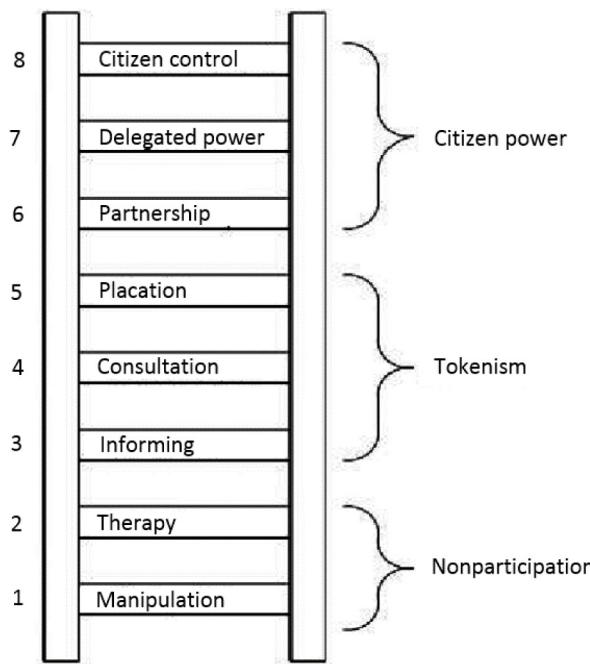
Until 1970, most countries around the world followed the 'preservation-oriented' approach, which

was based on centrally regulated control and excluded humans from management in order to protect biodiversity [30]. However, that traditional conservation strategy came in for criticism and were no longer considered as a viable solution due to the decreasing biodiverse population around the world. This approach has often generated human-wildlife conflicts caused by agricultural expansion, over-exploitation of natural resources, and poaching. In the 1970 – 80's, the rights of local residents and the needs of the environmental management system were more widely acknowledged and as a response to these concerns new participatory approach has been implemented [31].

Thus, in order to successfully manage conservation, greater stakeholders' participation was required in the environmental decision-making process [32]. Preservation activists claim that without the involvement of domestic societies in conservation activities, certain levels of protected areas cannot function successfully [33].

Participation in the environmental decision-making process is defined as 'a process where individuals, groups and, organisations choose to take an active role in making a decision that affects them' [34]. Arnstein [35] identified an 8-rung ladder of participation and non-participation (Figure 2).

The bottom levels are manipulation and therapy, which are described as 'non-participation' and are a replacement for a real participant. The real objective of this is not to provide people with a possibility of being part of the planning or controlling works of projects but instead to provide authorities with abilities to influence project participants to obtain results that they desired. The next rung is Tokenism, which includes informing, consultation and placation and allows participants to hear and be heard. However, this level limits participants' power to having their views only taken into account during the decision-making process. This level of power does not give enough power to the people to change a current situation. The final decision-making power rests with the authorities, allowing non-participants to make only suggestions. Rung (5) Placation can be defined as the highest level of tokenism. Further up the ladder are stages of residents' power with a rising level of possibilities to make the decision. According to Arnstein, citizens could move into a (6) Partnership level that allows them to obtain a consensus on arguable issues with authorities. At the top levels, Delegated Power (7) and Citizen Control (8) non-participants own the most of positions or even totally obtain the power to govern.



**Figure 2 – An 8-rung ladder of participation and non-participation in decision-making process [adapted from [35]]**

There are different types of participation, namely normative and pragmatic. ‘Normative participation suggests that residents have a democratic right to be involved in the decision-making process’ [34]. The focus of the normative approach is pointed towards benefits for democracy in society. For instance, there is a claim that active participation of stakeholders in decision-making leads to minimizing possibilities of marginalisation of those on the periphery, in terms of having power to influence decisions. Therefore, the wider involvement of suitable stakeholders in the decision-making process could be beneficial in achieving the positive development of a sense of community.

Pragmatic participation could enhance the quality of the decisions about environmental issues that have been made with the involvement and interaction of a diverse interest group. This type of involvement allows the usage of various technologies to comply with domestic, cultural, and environmental situations. This could increase the effectiveness of acceptance among local focus groups, and their ability to address domestic demands and preferences [34].

Kooiman [36] underlines that multiple actors’ whose livelihoods are affected by the decision-making process should have a voice in the process. For example, in the case of wildlife conservation, local residents’ involvement and their ability to express

their views about maintaining preservation activities are critically essential in achieving meaningful and successful conservation [37]. This process leads to legitimacy and compliance to the management process. However, co-governance is not just managing resource; it is governing the stakeholders’ relationship [38].

Involvement in environmental decision-making is associated with the democratic right, enhancing the quality, durability and legitimacy of decisions, increasing the public trust, and generating a civil society [39]. Thus, the engagement of stakeholders in decision-making could demonstrate democracy, equity and procedural justice [34].

Moreover, Richard et al., [40] claim that participation of relevant stakeholders positively affects the fairness of environmental decisions because they are based on an acknowledgment of the complicated issues surrounding the relationship between people and the environment. It is claimed that the knowledge obtained by stakeholders from scientists through their participation increases their abilities to use this knowledge and so justifies stakeholders’ participation [41]. Social learning also can be promoted in this way [42] and public trust could be increased through the stakeholders’ engagement in the decision-making process [40].

The importance of stakeholders’ participation in the environmental decision-making process indicat-

ed that theoretical expectations could be challenging in practice.

This approach does not focus on reducing poverty or the empowerment of the marginalised. Rather, stakeholders' involvement leads to strengthening of a local elite and the exclusion of marginal actors, who are deprived and politically weaker, and this could have negative consequences for the sense of justice and well-being in communities [43].

Additionally, the successful stakeholders' participation depends on involving participants whose influence could be problematic to detect. This is known as the 'tyranny of participation'. Although there are positive purposes of these so-called 'participatory' methods, they may not always provide the expected response and might be a legitimizing tool for the current situation [44]. Many of those who have experience of this describe a feeling of being part of a staged act with the sole purpose of legitimising already decided decisions. Others stated that it takes place only to present the event as democratic procedure and organisers of this do not want to take sole responsibility for a decision.

### **Climate change**

PAs face significant challenges that limit their ability to meet the growing demands to completely deliver all benefits and values. One of the new pressures for biodiversity conservation is climate change. It is considered a major obstacle to species preservation with serious long-term implications, which could force biodiversity loss in the future [45].

According to the International Panel Climate Change, climate change models in Central Asia suggested that there is decreasing precipitation in the summer period but it is increasing in winter [46]. The impact of changes in weather conditions, especially temperature extremes and increased droughts, are viewed as the main threat to steppe biodiversity in Kazakhstan [47]. For instance, climate change increases pressure on the life of the *Saiga (tatarica)* population. In 2015, as result of a mass mortality, during a 3-week period over 200 000 (80%) Saiga antelope died in Central Kazakhstan caused by *Pasteurella Multocida* bacteria. The amount that died are an estimated 60% of the global population of Saiga [48-50]. Kock et al.'s (2018) study reported that this could have been caused by climate change due to the summer in this year being unusually warm and humid because of wetland evaporation [48]. These factors trigger a rise in infection and cause the mass mortality of the Saiga population in Kazakhstan.

It is necessary to estimate the risk of climate change on biodiversity by environmentalists. Often despite the fact that climate change issues considered at a higher national scale, on the regional level, it might be ignored or there is a lack of awareness among PA managers on adaptation, and/or mitigation strategies. These could have serious implications on the biodiversity preservation and sustainable development in the long-term, for example, increased species extinction, spread in wildlife disease, an increase in non-native species, and habitat loss [51].

Thus, understanding how the PA will respond to future climate change requires to be incorporated into management and planning strategies to promote ecosystem resilience [52]. These strategies are categorised into 4 groups; 'land and water protection, direct species management, monitoring and planning, law and policy' [51]. However, every PA should develop their own strategies due to each individual circumstances requiring specific solutions.

### ***Unsustainable practices***

Pressure from human activities is one of the most frequent challenges to species preservation. Developing countries are faced with the overexploitation of natural resources such as fishing, due to the reliance of local communities on these for income. Over-exploitation of natural resources within and around PAs (fishing, land-use change, agricultural practices, poaching and unsustainable hunting) put pressure on biodiversity and ecosystem function. This could alter the ecological functioning of Pas and have an effect on biodiversity loss [12, 53].

These threats challenge the integrity and stability of the ecosystem and biodiversity conservation. For example, poachers for their meat and valuable horns targeted Saiga Antelopes (*Saiga tatarica*). They are widely used for medical purposes in China and are consequently a significant source of income [54]. For instance, some studies identified that intense poaching pressure on endangered species such as Saiga Antelopes and Brine Shrimp (*Artemia*) are the highest threats to biodiversity conservation in the Korgalzhyn state natural reserve in Kazakhstan [47,50,54,55 ].

Many researchers consider poaching and unsustainable hunting to be an even greater threat to biodiversity particularly threatened species and influencing mammal species extinction. This is serious conservation issue around the world [56,57,58,59]. One of the main reasons for poaching can be commercial and another is obtaining a hunting trophy.

This is supported by Muth and Bowe, (1998) and Meduna et al., (2009) who state that trophy poaching is one of the motivations for poaching [60,61]. In many cases, overexploitation of biological resources is directly linked to the poverty and socio-economic situation [62]. The lack of employment opportunities in countryside areas trigger the poaching of the Saiga because it is both a source of income and food. On the other hand, hunting has a long history in human development and in many countries; it is valued as a cultural tradition. Therefore, it could be controversial to eliminate hunting. To this end, probably increasing the amount of fines for poaching, reducing quotas for hunting and more effective awareness campaigns about sustainable hunting management might reduce the hunting rate.

Another challenge to conservation in PAs is fish overexploitation outside safe biological limits for commercial purposes. Reduction of fish stock often makes their recovery difficult. This alters the ecosystem function and has negative implications [63, 64].

It is challenging to prevent the unsustainable use of natural resources by locals in low economic development areas where employment opportunities are limited. Linkie et al., (2003) found that poverty triggers the development of illegal activities to nature [59]. Without a change in poverty reduction strategies, ‘biological diversity will pay the price for development yet again, and the human subsidy from nature will tax biodiversity to death’ [65].

Therefore, enhancement of the region’s economy and the preservation of biodiversity are two distinct objectives and could be achieved with two separate approaches but there is a link in practice. It means that these problems should be solved together with an integrated approach to natural resource management based on environmental, social and scientific disciplines [66]. In this regard, Steinmets et al., (2014) identified the key components as raising awareness, offer opportunities for action, and generate social pressure against poaching [67]. Such an approach has proved effective, reducing poaching by 88% in the Kuiburi National Park, Thailand. It is believed that implementation of these measures could be the initial stages in combatting the unsustainable exploitation of natural resources in PAs but a more complex solution seems to be required to tackle these issues.

### **Development of tourism**

Promoting tourism brings benefits by stimulating the local economy and providing employment

opportunities and without harming nature. This is supported by studies [68, 25], which state that tourism significantly contributed to the development of the local economy and alleviated poverty.

However, uncontrolled tourism have negative consequences for the PA’s biodiversity, ecosystem function and the environment. The limited awareness of tourists and their subsequent irresponsible behaviour are the main reasons for environmental degradation [69].

Studies show that growing demand for nature-based tourism has risen the number of tourists whilst at the same time has had adverse ecological implications and caused enormous stress to biodiversity [70, 23, 58]. For example, Müllner et al., (2004) found that birds in Cuyabeno Wildlife Reserve were sensitive to tourist presence and ‘even just watching animals during breeding can threaten their survival’ [71]. Additionally, according to [72], unprotected parts of PAs delivered less ecosystem services due to rural abandonment and development of tourism.

Another issue is that only some local elite’s benefit from tourism development whereas the local community is left with the degradation of the environment caused by tourism development. Timothy (2002) observed that the local communities do not have an equal opportunity to participate in tourism development due to their limited skills, knowledge and financial start-up capital [73]. Therefore, tourism can produce ‘a false sense of security’ [74] and should be considered as ‘low horizons for development’ [75]. These needs to be taken into account by reserve managers and sustainable tourism management approaches should be promoted, and the legal framework to deal with such threats should be established.

### **Conclusion**

The presented desk-based review highlights the complexity of challenges in PA’s management. Despite being recognized as an effective instrument of environment conservation, PAs require consideration of local social, cultural and economic aspects in terms of its management:

- It is essential to consider the fact that perceptions can be established under the impact of various social aspects such as socio-economic and demographic factors as well as psychological components such as personal values, needs, or attribution of individuals.

- Ensuring rights of stakeholders, i.e. legitimization of the process of stakeholder involvement

in the decision-making process is one of the key issues of PA's management. Developing efficient mechanisms of these procedures could be a viable solution of the issue. Innovative management approaches, advancement of current skills and new working procedures are needed to insert methods of participation into existing institutional framework.

– Uncontrolled human activities significantly affect PAs. Management should take actions to avoid degradation of ecosystem function in core areas. This needs to be taken into account by conservation managers during the development of the management plan for further sustainable development and effective biodiversity conservation. Therefore, legislation enforcement, strict penalisation, and increasing awareness from childhood thereby giving locals time to change their low cultural mentality in

a positive way to value nature – all could be required to deal with negative human pressures.

– The threat of climate change in many cases are overlooked in the PA's management plan. Identification of serious issues to biodiversity conservation such as climate might drive PAs to provide important insights where the risk might have previously been ignored. It is essential to prevent the threat to biodiversity and provide sustainable development in an era of climate change.

– Local authorities must be required to promote sustainable tourism and to develop the region to improve the socio-economic situation without compromising conservation. Providing environmental education for tourists to change their behaviour and development of a policy framework for sustainable tourism, may improve the situation.

## References

1. Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 2005.
2. Juffe-Bignoli D., Burgess N.D., Bingham H., Belle E.M.S., de Lima M.G., Deguignet, M., Bertzky B., Milam A.N., Martinez-Lopez, J., Lewis, E., Eassom, A., Wicander, S., Geldmann, J., van Soesbergen, A., Arnell, A.P., O'Connor, B., Park, S., Shi, Y.N., Danks, F.S., MacSharry, B., Kingston, N., 2014. *Protected Planet Report*. UNEP-WCMC: Cambridge, UK [online] Available at: [https://www.unepwcmc.org/system/dataset\\_file\\_fields/files/000/000/289/](https://www.unepwcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/289/) original/Protected\_Planet\_Report\_2014\_01122014\_EN\_web.pdf? 1420549522 [Accessed 16 Jul. 2022].
3. Butchart S.H., Walpole M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J.P., Almond, R.E., Baillie, J.E., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J. and Carpenter, K.E., Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, (2010):1187512.
4. Cbd.int. Convention on Biological Diversity (n.d.). *National financing: Asia-Pacific*. [Online] Available at: <https://www.cbd.int/financial/nf-asia.shtml> [Accessed 7 Oct. 2022].
5. Dudley, N. ed., *Guidelines for applying protected area management categories*. 2008.
6. Chape, S., Harrison, J., Spalding, M. and Lysenko, I., Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 360(1454), (2005):443-455.
7. Rotich, D., 2012. Concept of zoning management in protected areas. *Journal of Environment and Earth Science*, 2(10), (2009):173-183.
8. Hansen, A.J. and DeFries, R., 2007. Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. *Ecological Applications*, 17(4), pp.974-988.
9. Pickett, S.T. and Thompson, J.N., 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biological conservation*, 13(1), pp.27-37.
10. Baker, W.L., 1992. The landscape ecology of large disturbances in the design and management of nature reserves. *Landscape ecology*, 7(3), pp.181-194.
11. Worboys, G., Lockwood, M. and De Lacy, T., *Protected area management: Principles and practice* (2005): 432-463). Melbourne: Oxford University Press.
12. Liu, J., Linderman, M., Ouyang, Z., An, L., Yang, J. and Zhang, H., Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science*, 292(5514), (2001):98-101.
13. He, G., Chen, X., Liu, W., Bearer, S., Zhou, S., Cheng, L.Y., Zhang, H., Ouyang, Z. and Liu, J., Distribution of economic benefits from ecotourism: a case study of Wolong Nature Reserve for Giant Pandas in China. *Environmental Management*, 42(6), (2008):1017.
14. World Commission on Environmental and Development *Our Common future (Australian Edn)*. Melbourne: Oxford University Press. (1987).
15. Robson, J. and Robson, I From shareholders to stakeholders: Critical issues for tourism marketers. *Tourism Management* 17 (7) 533–40.MA). (1996)
16. Worboys, G.L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. and Pulsford, I. eds., *Protected area governance and management*. ANU Press. 2015.
17. Leverington, F., Costa, K.L., Pavese, H., Lisle, A. and Hockings, M., A global analysis of protected area management effectiveness. *Environmental management*, 46(5), (2010):685-698.

18. Bennett, N.J. and Dearden, P., Why local people do not support conservation: Community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Marine Policy*, 44, (2014):107-116.
19. Ciocănea, C.M., Sorescu, C., Ianoși, M. and Bagrinovschi, V., Assessing public perception on protected areas in Iron Gates Natural Park. *Procedia Environmental Sciences*, 32, (2016):70-79.
20. Bartlett, C.Y., Maltali, T., Petro, G. and Valentine, P., Policy implications of protected area discourse in the Pacific islands. *Marine Policy*, 34(1), (2010):99-104.
21. Treves, A., Wallace, R.B., Naughton-Treves, L. and Morales, A., Co-managing human–wildlife conflicts: a review. *Human Dimensions of Wildlife*, 11(6), (2006):383-396.
22. Faasen, H. and Watts, S., Local community reaction to the ‘no-take’ policy on fishing in the Tsitsikamma National Park, South Africa. *Ecological Economics*, 64(1), (2007):36-46.
23. Cihar, M. and Stankova, J., Attitudes of stakeholders towards the Podyji/Thaya river basin national park in the Czech Republic. *Journal of Environmental Management*, 81(3), (2006):273-285.
24. Priskin, J., Tourist perceptions of degradation caused by coastal nature-based recreation. *Environmental Management*, 32(2), (2003):189-204.
25. Walpole, M.J., Goodwin, H.J. and Ward, K.G., Pricing policy for tourism in protected areas: lessons from Komodo National Park, Indonesia. *Conservation Biology*, 15(1), (2001):218-227.
26. Glasman, L.R. and Albarracín, D., Forming attitudes that predict future behavior: A meta-analysis of the attitude-behavior relation. *Psychological bulletin*, 132(5), (2006):778.
27. Dunlap, R.E., Van Liere, K.D., Mertig, A.G. and Jones, R.E., New trends in measuring environmental attitudes: measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised NEP scale. *Journal of social issues*, 56(3), (2000):425-442.
28. Borrini-Feyerabend, G., 24 Collaborative Management of protected areas. *Partnerships for protection: New strategies for planning and management for protected areas*, (1999):224.
29. Weladji, R.B., Moe, S.R. and Vedeld, P., Stakeholder attitudes towards wildlife policy and the Benoue Wildlife Conservation area, North Cameroon. *Environmental conservation*, 30(4), (2003):334-343.
30. Mehta, J.N. and Kellert, S.R., Local attitudes toward community-based conservation policy and programmes in Nepal: a case study in the Makalu-Barun Conservation Area. *Environmental Conservation*, 25(4), (1998):320-333.
31. Coad, L., Campbell, A., Miles, L. and Humphries, K., The costs and benefits of protected areas for local livelihoods: a review of the current literature. *UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK* 2008.
32. Stringer, L.C., Reed, M.S., Dougill, A.J., Rokitzki, M. and Seely, M., Enhancing participation in the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification. In *Natural Resources Forum* (Vol. 31, (2007)198-211).
33. Xu, J., Chen, L., Lu, Y. and Fu, B., Local people’s perceptions as decision support for protected area management in Wolong Biosphere Reserve, China. *Journal of Environmental Management*, 78(4), (2006):362-372.
34. Reed, M.S., Stakeholder participation for environmental management: a literature review. *Biological conservation*, 141(10), (2008):2417-2431.
35. Arnstein, S.R., A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of planners*, 35(4), (1969):216-224.
36. Kooiman, J., *Governing as governance*. Sage. 2003.
37. Blackstock, K.L., Kelly, G.J. and Horsey, B.L., Developing and applying a framework to evaluate participatory research for sustainability. *Ecological economics*, 60(4), (2007):726-742.
38. Natcher, D.C., Davis, S. and Hickey, C.G., Co-management: managing relationships, not resources. *Human Organization*, (2005):240-250.
39. Krause, T. and Nielsen, T.D., The legitimacy of incentive-based conservation and a critical account of social safeguards. *Environmental Science & Policy*, 41, (2014):44-51.
40. Richards, C., Carter, C. and Sherlock, K., *Practical approaches to participation*. Aberdeen: Macaulay Institute. 2004.
41. Bulkeley, H. and Mol, A.P., Participation and environmental governance: consensus, ambivalence and debate. *Environmental Values*, (2003):143-154.
42. Bogaert, D., Cliquet, A. and Maes, F., Designation of marine protected areas in Belgium: A legal and ecological success? *Marine Policy*, 33(6), (2009):878-886.
43. Young, J.C., Jordan, A., Searle, K.R., Butler, A., Chapman, D.S., Simmons, P. and Watt, A.D., Does stakeholder involvement really benefit biodiversity conservation? *Biological Conservation*, 158, (2013):359-370.
44. Cooke, B. and Kothari, U. eds., *Participation: The new tyranny?*. Zed books. 2001.
45. Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F., De Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L. and Hughes, L., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), p.145.
46. I.P.O.C., 2007. Report of the nineteenth session of the intergovernmental panel on climate change (IPCC) Geneva, 17-20 (am only) April 2002.
47. 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. and Urazaliev, R., 2016. Persistent and novel threats to the biodiversity of Kazakhstan’s steppes and semi-deserts. *Biodiversity and conservation*, 25(12), pp.2521-2541.
48. Kock, R.A., Orynbayev, M., Robinson, S., Zuther, S., Singh, N.J., Beauvais, W., Morgan, E.R., Kerimbayev, A., Khomenko, S., Martineau, H.M. and Rystaeva, R., 2018. Saigas on the brink: Multidisciplinary analysis of the factors influencing mass mortality events. *Science advances*, 4(1), p.eaao2314.

49. Saiga Conservation Alliance. (2018). *Scientists uncover secret of mass mortality event in remote steppe grassland of Central Asia – Saiga Conservation Alliance*. [online] Available at: <http://saiga-conservation.org/2018/01/17/scientists-uncover-secret-mass-mortality-event-remote-steppe-grassland-central-asia/> [Accessed 31 Jul. 2022].
50. Milner-Gulland, E. J. "Catastrophe and hope for the saiga." *Oryx* 49, no. 4 (2015): 577.
51. Mawdsley, J.R., O'malley, R. and Ojima, D.S., 2009. A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 23(5), pp.1080-1089.
52. Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C. and Mace, G.M., 2011. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025), pp.53-58.
53. Schulze, K., Knights, K., Coad, L., Geldmann, J., Leverington, F., Eassom, A., Marr, M., Butchart, S.H., Hockings, M. and Burgess, N.D., 2018. An assessment of threats to terrestrial protected areas. *Conservation Letters*, p.e12435.
54. Bekenov, A.B., Blank, D.A., Grachev, Y.A. and Plakhov, K.N., 2001. . Kazakhstan. *Antelopes. Part 4: North Africa, the Middle East, and Asia. Global Survey and Regional Action Plans*, p.134.
55. UNDP. (2016). *Saving the Saiga by United Nations Development Programme on Exposure*. [online] Available at: <https://stories.undp.org/saving-the-saiga> [Accessed 8 Aug. 2022].
56. Ormsby, A. and Mannle, K., 2006. Ecotourism benefits and the role of local guides at Masoala National Park, Madagascar. *Journal of Sustainable Tourism*, 14(3), pp.271-287.
57. Robinson, S. and Milner-Gulland, E.J., 2003. Political change and factors limiting numbers of wild and domestic ungulates in Kazakhstan. *Human Ecology*, 31(1), pp.87-110.
58. Okello, M.M. and Kiringe, J.W., 2004. Threats to biodiversity and their implications in protected and adjacent dispersal areas of Kenya. *Journal of Sustainable Tourism*, 12(1), pp.55-69.
59. Linkie, M., Martyr, D.J., Holden, J., Yanuar, A., Hartana, A.T., Sugardjito, J. and Leader-Williams, N., 2003. Habitat destruction and poaching threaten the Sumatran tiger in Kerinci Seblat National Park, Sumatra. *Oryx*, 37(1), pp.41-48.
60. Muth, R.M. and Bowe Jr, J.F., 1998. Illegal harvest of renewable natural resources in North America: Toward a typology of the motivations for poaching. *Society & Natural Resources*, 11(1), pp.9-24.
61. Meduna, A.J., Ogunjinmi, A.A. and Onadeko, S.A., 2009. Biodiversity conservation problems and their implications on ecotourism in Kainji Lake National Park, Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 10(4), pp.59-73.
62. Kühl, A., Balinova, N., Bykova, E., Arylov, Y.N., Esipov, A., Lushchekina, A.A. and Milner-Gulland, E.J., 2009. The role of saiga poaching in rural communities: linkages between attitudes, socio-economic circumstances and behaviour. *Biological Conservation*, 142(7), pp.1442-1449.
63. Nath, B. and Deka, C., 2012. A study on fish diversity, conservation status and anthropogenic stress of Chandubi tectonic lake, Assam, India. *J. Bio. Innov*, 1(6), pp.148-155.
64. Paterson, J.A. and Chapman, L.J., 2009. Fishing down and fishing hard: ecological change in the Nile perch of Lake Nabugabo, Uganda. *Ecology of Freshwater Fish*, 18(3), pp.380-394.
65. Sanderson, S.E. and Redford, K.H., 2003. Contested relationships between biodiversity conservation and poverty alleviation. *Oryx*, 37(4), pp.389-390.
66. Adams, W.M., Aveling, R., Brockington, D., Dickson, B., Elliott, J., Hutton, J., Roe, D., Vira, B. and Wolmer, W., 2004. Biodiversity conservation and the eradication of poverty. *Science*, 306(5699), pp.1146-1149.
67. Steinmetz, R., Srirattanaporn, S., Mor Tip, J. and Seuatuirien, N., 2014. Can community outreach alleviate poaching pressure and recover wildlife in South-East Asian protected areas?. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), pp.1469-1478.
68. Walpole, M.J. and Goodwin, H.J., 2000. Local economic impacts of dragon tourism in Indonesia. *Annals of tourism research*, 27(3), pp.559-576.
69. Ceballos-Lascurain, H., 1996. *Tourism, ecotourism, and protected areas: The state of nature-based tourism around the world and guidelines for its development*. Iucn.
70. Newsome, D., Moore, S.A. and Dowling, R.K., 2012. *Natural area tourism: Ecology, impacts and management* (Vol. 58). Channel view publications.
71. Müllner, A., Linsenmair, K.E. and Wikelski, M., 2004. Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress response in hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*). *Biological Conservation*, 118(4), pp.549-558.
72. García-Llorente, M., Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., López-Santiago, C.A., Aguilera, P.A. and Montes, C., 2012. The role of multi-functionality in social preferences toward semi-arid rural landscapes: an ecosystem service approach. *Environmental Science & Policy*, 19, pp.136-146.
73. Timothy, D.J., 2002. Tourism and community development issues. *Tourism and development: Concepts and issues*, pp.149-164.
74. Isaacs, J.C., 2000. The limited potential of ecotourism to contribute to wildlife conservation. *Wildlife Society Bulletin*, 28(1), pp.61-69.
75. Butcher, J., 2005. The moral authority of ecotourism: A critique. *Current Issues in Tourism*, 8(2-3), pp.114-124.

M.M. Yusifova\*  , A. Togola 

Baku State University, Azerbaijan, Baku

\*e-mail: mehluqe\_yusifli@mail.ru

## ISSUES AND CHALLENGES OF FORESTS PROTECTING IN SAHEL COUNTRIES

This article considers the main problems contributing to the reduction of forest resources in six Sahelian countries (Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Chad) that threaten the achievement of their goals of regional stability and socio-economic development. The study finds its interest in the fact that it will make it possible to determine the climatic, energy and security constraints in the preservation of forest species in the Sahel. The methodology was based on carrying out documentary collections and analysis, cartographic analyzes, data processing and analysis. The study revealed that the issues and challenges of protecting forest areas are classified into three categories: climate change, energy issue due to the absence of new and renewable energies, poor coverage of electricity networks, high dependence of Sahelian communities on biomass and conflicts in the Sahel. It is estimated that today more than 65 million people in this region do not have access to electricity, and 90 million still depend on the traditional use of biomass for cooking food. Considering these constraints will make it possible to find solutions to the evils of the Sahel through joint action between States, States and their partners and with communities.

**Key words:** deforestation, Sahel, protection, threats, drought, charcoal production, energy consumption.

М.М. Юсифова\*, А. Тогола

Баку мемлекеттік университеті, Әзірбайжан, Баку к.

\*e-mail: mehluqe\_yusifli@mail.ru

### Сахел елдерінде орманды қорғау мәселелері мен қызындықтары

Бұл макалада аймақтық тұрақтылық пен әлеуметтік-экономикалық даму маңсаттарына қол жеткізуге қауіп төндіретін алты Сахелия еліндегі (Буркина-Фасо, Мали, Мавритания, Нигер, Сенегал және Чад) орман ресурстарының қысқаруына ықпал ететін негізгі проблемалар қарастырылады. Зерттеу Сахедегі орман түрлерін сақтаудағы климат, энергетика және қауіпсіздік шектеулерін анықтауға мүмкіндік беретіндігімен қызықты. Әдістеме құжаттық жинақтар мен талдауларды жүргізуге, картографиялық талдауларға, деректерді өндеуге және талдауға негізделген. Зерттеу орман аумақтарын қорғау мәселелері мен қызындықтары үш санатқа жіктелгенін көрсетті: климаттың өзгеруі, жаңа және жаңартылатын энергиялардың болмауына байланысты энергетикалық мәселе, электр желілерінің нашар қамтылуы, Сахалиан қауымдастырының биомассаға жоғары тәуелділігі және аймақтағы қақтығыстар. Бүгінгі таңда бұл аймақта 65 миллионнан астам адамға электр қуаты қолжетімді емес, ал 90 миллион адам әлі қүнге дейін тағам дайындау үшін биомассаны дәстүрлі түрде пайдалануға тәуелді. Осы шектеулерді ескеру мемлекеттер, мемлекеттер және олардың серіктестері және қауымдастықтармен бірлескен іс-қимыл арқылы Сахедің зұлымдықтарын шешуге мүмкіндік береді. Осылайша, ормандарды қалпына келтіру бойынша бірлескен іс-шаралар – Ұлы жасыл қабырға құру, жаңартылатын энергия көздерін танымауда ету, зерттеу және ілгерілету және т.б. осы апatty жағдайдан шығудың жалғыз жолы.

**Түйін сөздер:** орманды кесу, Сахел, қорғау, қауіп-қатер, құрғақшылық, көмір өндіру, энергия тұтыну.

М.М. Юсифова\*, А. Тогола

Бакинский Государственный Университет, Азербайджан, г. Баку

\*e-mail: mehluqe\_yusifli@mail.ru

## Проблемы и задачи охраны лесов в странах Сахель

В данной статье рассматриваются основные проблемы, способствующие сокращению лесных ресурсов в шести странах Сахель (Буркина-Фасо, Мали, Мавритания, Нигер, Сенегал и Чад), угрожающие достижению региональной стабильности и целям социально-экономического развития. Исследование представляет интерес в том, что оно позволяет выявить климатические, энергетические и связанные с безопасностью ограничения на сохранение лесных видов в странах Сахель. Методология исследований базировалась на проведении сбора и анализа фондовых материалов, картографических анализов, обработке и анализе данных. Исследование показало, что основные проблемы защиты лесных массивов подразделяются на три категории: изменение климата, энергетические проблемы из-за отсутствия новых и возобновляемых источников энергии, плохое покрытие территорий сетями электроснабжения, высокая зависимость сахелианских сообществ от биомассы и конфликты в Сахель. По оценкам, сегодня более 65 миллионов человек в этом регионе не имеют доступа к электричеству, а 90 миллионов человек по-прежнему зависят от традиционного использования биомассы для приготовления пищи. Принятие во внимание этих ограничений позволит найти решение проблем Сахеля посредством совместных действий между странами, государствами и их партнерами, а также с общинами. Так, совместные действия по восстановлению лесов, созданию великой зеленой стены, популяризации, исследованию и продвижению возобновляемых источников энергии и т.д. являются единственным выходом из этой катастрофической ситуации.

**Ключевые слова:** обезлесение, Сахель, защита, угрозы, засуха, производство древесного угля, энергопотребление.

## Introduction

The new United Nations report on the state of the world's forests describes an alarming situation [1]. Since 1990, the planet has lost 178 million hectares of forests (420 million hectares deforested, partially offset by afforestation and reforestation). Even if, globally, deforestation has slowed down over time, it still contributes to the land degradation, biodiversity loss, climate change, etc. The case of Africa is particularly worrying: over the period 2010-2020, it saw the disappearance each year, on average, of a net area of 3.94 million hectares of forests, a figure that has increased compared to previous decades and much higher than that of South America, 2.60 million hectares [2].

Located in the arid and semi-arid zones of West Africa, the Sahel has been the scene of profound changes for 50 years. Known for the prevalence of land degradation processes at work there, the Sahel suffers from the combined negative effects of population growth, human activities and climate variability resulting in the recurrence of droughts and the continued decline of natural resources and land productivity. While agriculture, livestock and forestry are sources of income and jobs for more than 80% of the population, the overexploitation of natural resources and unsustainable water and agro-sylvo land management practices [3]. Pastoral care threat-

ens the livelihoods and economic development of rural areas. This has direct and persistent impacts on food, water and energy security amplifying social inequalities, conflicts over access to land and resources and migration.

Periodically crossed by severe climatic and humanitarian crises, the Sahel is today seen as a region of poverty, conflict and human insecurity, in the broad sense. These crises have given the image of a problematic Sahel, and not of an area where natural resources are a major asset for inclusive and sustainable social and environmental transformation [4]. In the aftermath of the unprecedented droughts that hit the Sahel region and which led to the fragility of the ecosystem and the degradation of its environment, the States of the region mobilized around major structuring initiatives to deal with this problem situation, including the creation of CILSS in 1973. This is how, for more than 45 years, CILSS and its partners have been working to mitigate the effects of drought and desertification in West Africa and the Sahel [5].

Temperatures are projected to continue to rise faster than the global average. Even though the change in cumulative rainfall could vary from region to region and be uncertain, the Intergovernmental Panel on Climate Change notes that 80% of the models established in this area show that the western Sahel will experience longer periods of drought

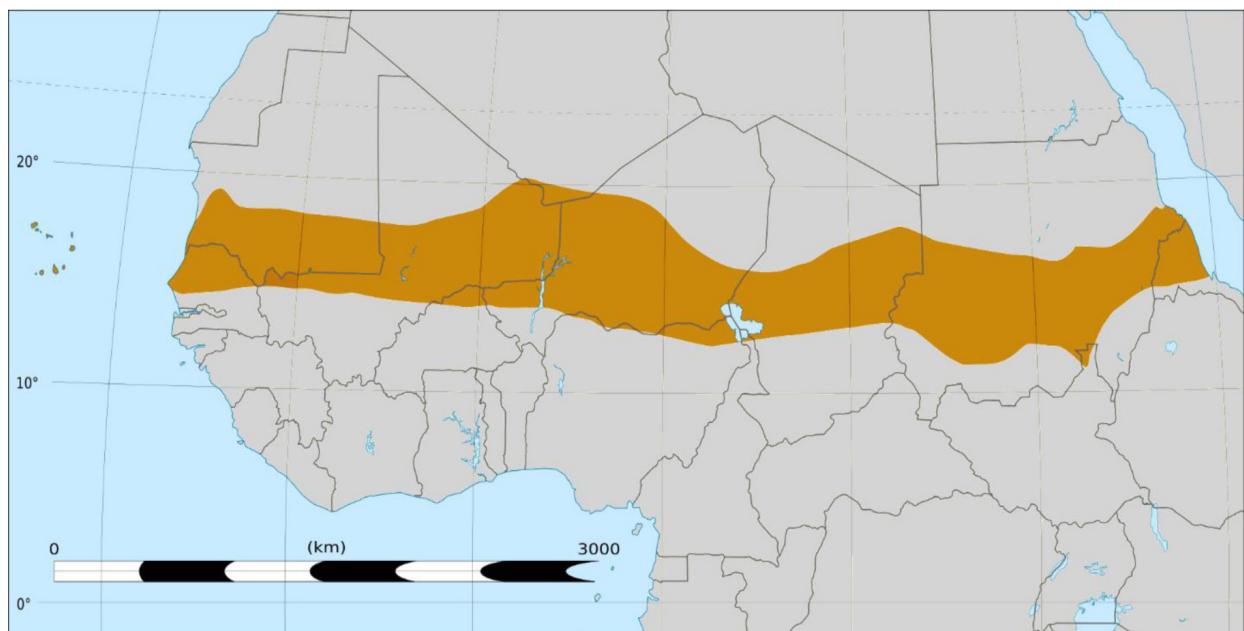
over the next 50 years [6]. In addition, heavy precipitation events are expected to become more frequent. In regions plagued by deforestation, this phenomenon will lead to an acceleration of erosion and increase the risk of landslides and floods [7]. Climate change, which is also expected to exert a growing influence on the security of individuals, is to be seen in relation to the dynamics of conflicts in the Sahel. Competition over access to resources is a recurring factor of conflict across the region. In many places in the Sahel, many conflicts between farmers and herders arise from the competitive use of water points from damage caused by animals to crops and trees, especially during transhumance [8].

Aware of the harmful socio-economic impacts, local and regional initiatives have been undertaken to fight against deforestation through reforestation, forest restoration, the multiplication of the status of classified forests for their preservation, the creation of income-generating activities for communities rural and peri-urban, the fight against poaching etc. In addition, our analysis indicated to us that the safeguard of the Sahelian forests will only require a profound reform of the energy policy of the countries concerned, that is to say the promotion of energies other than those derived from wood. This reform can only be done with the help of the international

community. Otherwise, the forest could disappear completely in some countries, like Mauritania and Niger, in less than a generation, and with all the serious environmental consequences which ensue from it such as the acceleration of the processes of desertification and intensification of the process of “wind erosion” [9].

## Materials and methods

The Sahel designates a strip of Africa marking the transition, both floristic and climatic, between the Saharan domain in the north and the savannas of the Sudanese domain, where the rains are substantial, in the south. From west to east, it stretches from the Atlantic to the Red Sea. The definition of the area covered varies greatly according to the authors. Thus, for some, the Sahel includes all the territories bordering the Sahara: there is therefore a northern Sahel and a southern Sahel. The Sahel represented in brown on the map. This is the southern Sahel, that is to say the lands directly south of the Sahara, and including the Cape Verde Islands, between isohyets of 200 to 600 mm of precipitation per year (Figure 1). The methodology was based on carrying out documentary collections and analysis, cartographic analyzes, data processing and analysis.



**Figure 1 – Map of the location of the Sahel countries [10]**

In order to have an overview of all the issues of Sahelian biodiversity, we proceeded with the documentary collection: books, articles, scientific reports, political speeches, press journals and especially reports from AGRHYMET [11], FAO [1], CILLS, etc. The analysis of these documents allowed us to understand the difficulties, issues, perspectives and activities carried out and in progress. The tool was the research work to know the dimensions of deforestation, and its corollary of the desertification of communities and the impact on their livelihoods, desertification, conflicts around resources by the effects of climate change. We used the geographic maps of the Sahel to better understand the characteristics of this area, its position and the joint projects envisaged to have a common response to the challenges that threaten it. As for the processing, the data obtained were purified and entered into Microsoft Word, the tables and figures drawn up were then commented on.

## Results and discussion

Climate change has its imprint on all resources by their scarcity and their vulnerability throughout the world and in the Sahel in particular by heat waves, floods, famine, diseases, lower flows of hydraulic resources, migration, the infection of all the livelihoods of the communities, the conflict between herders and farmers around water points leads to the destruction of forest resources.

The Sahel is one of the African areas most exposed to the effects of climate change even though it produces only 25 Mt of CO<sub>2</sub>, the equivalent of the city of Paris. Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Chad form a vast region of 5 million km<sup>2</sup> very diverse geographically [12]. The climate varies from semi-arid to tropical, with average temperatures exceeding 20 °C in January and often above 40 °C in summer. Economic activity and population densities tend to be higher in the coastal regions of Senegal and Mauritania, as well as in major watersheds, especially those of the Senegal and Niger rivers. These geographic disparities are the source of an uneven demographic distribution for example, Mauritania, Mali, Niger and Chad, which

encompass large desert areas, have population densities of less than 20 inhabitants per km<sup>2</sup>. In contrast, Senegal and Burkina Faso, whose territories are relatively smaller, have population densities about four times higher.

The countries of the Sahel face a common problem of increased vulnerability to climate change, even though they are only responsible for a small share of global greenhouse gas emissions [13]. The consequences of climate change are already clearly noticeable and will further threaten the socio-economic development and political stability of the region in the decades to come [12]. In the region, a large part of the population depends on forest resources to supplement their main activity of agriculture, animal husbandry or fishing. While livelihoods based on forest products are not discussed in depth in this article, it is nevertheless important to underline the key role that forests play in the region under consideration.

Thus, firewood, including charcoal, is the main source of energy in the region. In West Africa, fuelwood is estimated to account for 85 percent of total energy consumption. By providing woody fodder with high water content, forests also contribute to the survival of livestock during the dry season [14]. In addition, non-timber forest products are also essential for subsistence and food security. According to FAO [1] this dependence on wood products generally increases when agricultural production is low, during droughts or other natural disasters. Food products such as fruits, roots, leaves and game are traded and consumed locally. Medicinal plants are another important category of non-timber forest products that are traded in rural and urban markets. Likewise, more than 80 percent of the population of Burkina Faso, Ghana, Niger and Nigeria depend on the use of medicinal plants. Finally, some non-wood forest products are increasingly traded internationally, notably shea butter, rattan and gum arabic [12]. The initiatives were taken two decades ago in the Sahel, where the famous project of the “Great Green Wall” was decided in Ndjamenia in Chad in 2002 on the occasion of the world day to combat desertification and drought [15].

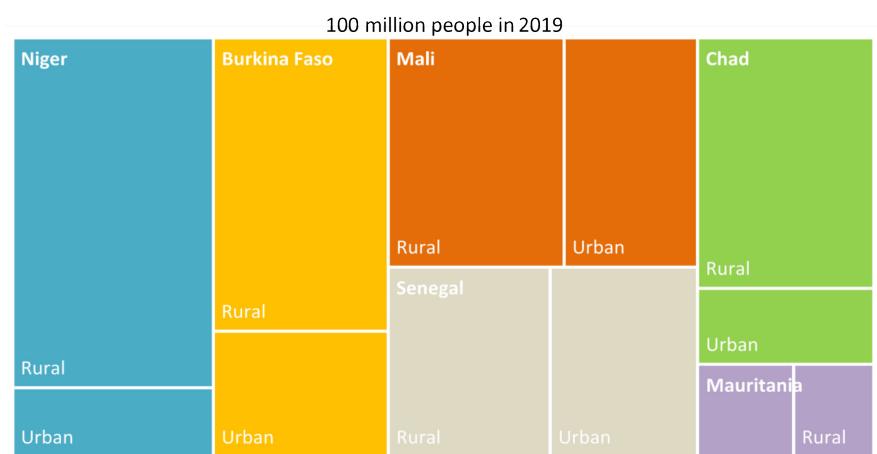


**Figure 2 – The “Great Green Wall” project [16]**

Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Chad form a vast region of 5 million km<sup>2</sup> very diverse geographically (Figure 2).

In the Sahel, 90 million people depend on the traditional use of biomass to cook their food, or one-tenth of the 900 million African households without access to clean cooking [17]. In this region and globally, access to clean cooking solutions lags

behind access to electricity. Although all Sahelian countries have implemented programs to improve access to electricity and clean cooking methods and to reduce the traditional use of biomass, national targets have been undermined by demographic growth, which has been faster than providing clean cooking systems to low-income and irregular-income households (Figure 3).



IEA. All rights reserved.

Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division

**Figure 3 – The Sahel Population in 2019 [18]**

In 2019, the Sahel was home to 100 million people, a population that had doubled in the previous

two decades and now represents 9% of Sub-Saharan Africa's population (Table 1).

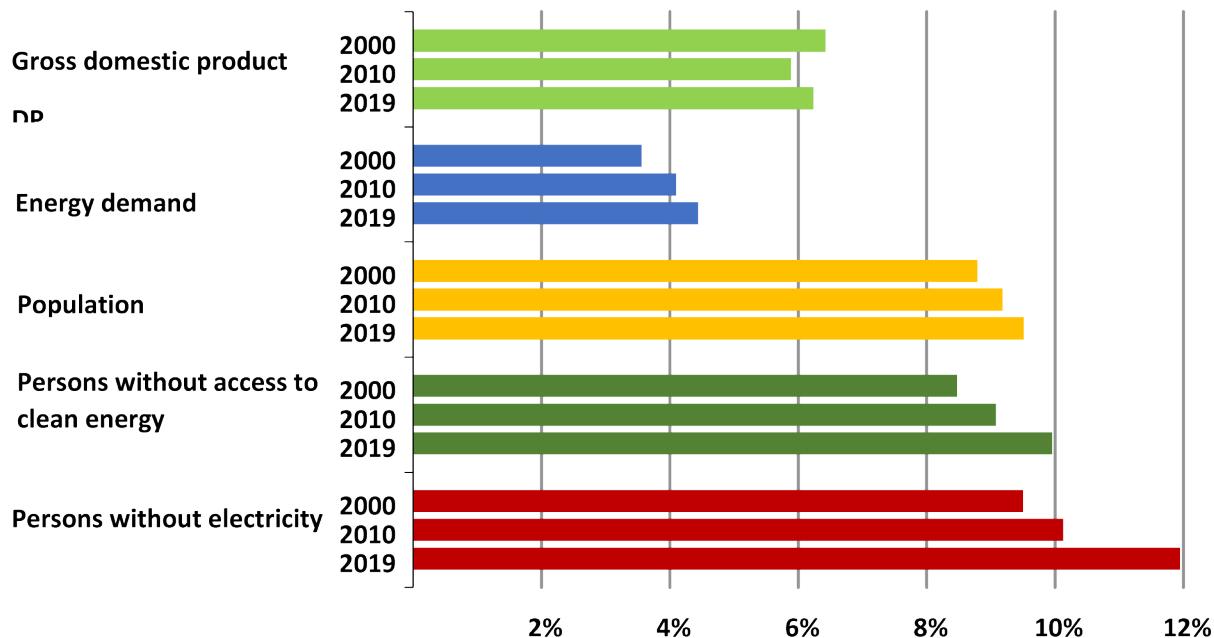
**Table 1.** Population assumptions in the Sahel countries [19]

Country	Total population (millions)			2019-2030	
	2000	2019	2030	Delta (million)	CAAGR, %
Burkina Faso	12	20	27	7	2,8
Chad	8	16	22	6	2,8
Mali	11	20	27	7	2,9
Mauritania	3	5	6	1	2,5
Niger	11	23	35	12	3,7
Senegal	10	16	22	5	2,6
SAHEL	55	100	138	38	3,0

Note: CAAGR is compound average annual growth rate

This demographic explosion has and always will have serious impacts on wood resources given that modern energy poverty coupled with monetary poverty crowned by the scarcity of forest resources is unequivocally an almost inextricable situation in the absence of new and renewable clean energies despite the abundance of fossil and natural energies in the Sahel. In the Sahel, the prosperity of tomorrow will depend on energy development. The six Sahe-

lian countries studied in this article (Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Senegal and Chad) face energy obstacles which compromise the achievement of their objectives of regional stability and socio-economic development. It is estimated that more than 65 million people in this region do not have access to electricity, and 90 million still depend on the traditional use of biomass for cooking food (Figure 4).



**Figure 4 – Need for energy in the Sahel countries [12]**

Here we see (Figure 4) that the Sahel countries lack electricity with more than 65/100 million people and those who do not have clean energy to face the challenges of the moment. Although the gross domestic product is quite large, demand for energy remains strong in the Sahel. While waiting to find a solution for the popularization of clean energies, the pressures on biomass remain very strong and certainly lead to deforestation.

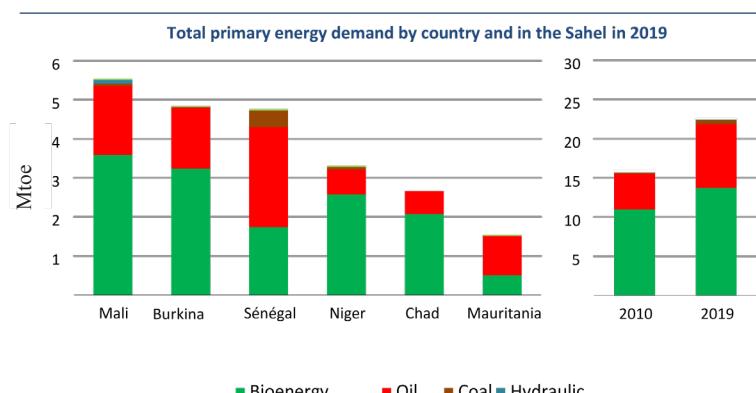
The demand for coal and natural gas is only beginning to emerge but has doubled in less than ten years. This population explosion with the highest birth rate in the world and the strong demand for energy is exploding especially among women. Women tend to be hit hardest by lack of access to electricity and clean cooking systems, and often pay the price in their health, well-being and the time they have available. Women and children are in charge of collecting firewood on a daily basis, a task that can take up to 10 hours per week [12]. Increasingly long distances must often be traveled due to deforestation and the lack of wood. In countries in conflict, women who leave their localities or refugee camps to collect fuel are also at risk of physical assault. According to surveys carried out in Chad by the UNHCR of households with refugee status, almost two-thirds of gender-based attacks were committed during the collection of firewood [20]. Gender mainstreaming in energy access issues is essential for the achievement of SDG 7. Women play a major role in improving access to electricity and to clean cooking in their homes and communities. They occupy a central place in the value chain, from the manufacture and distribution of products to entrepreneurial and leadership roles. Women are responsible for providing their families with firewood. With the degradation

of the vegetation, they had to travel several kilometers on foot or on donkeys and thus devote several hours to this chore.

In Burkina Faso, given that less than 10% of the population has access to energy sources other than fuelwood, nearly 250 000 hectares of forests are cleared annually to meet fuelwood needs and 75 000 additional hectares are converted into new fields [21]. This trend is still increasing at the same time, only 1000 hectares are reforested. For several years now, in Burkina Faso, forest restoration projects have been funded by partners [22].

In Niger, wood resources constitute the main energy resource of the country (at least 90% of the national energy need). Natural forest formations provide about 87% of the population's energy needs. Energy biomass (wood and charcoal) also plays a major role (around 60%) in the consumption of Senegalese households to the detriment of increasingly scarce wood resources. It is estimated that more than 60% of mangroves and alluvial forests have thus disappeared since 1970 [23].

Today, wood and its derivative, charcoal, still meet between 60% (Senegal) and at least 80% (Niger, Mali) of the energy needs of the rural and urban population. The use of gas, electricity and renewable energies such as solar and wind power is still too expensive today [24]. Wood, within easy reach, therefore remains the main source of energy. The consumption of wood for cooking or lumber for construction is considered a major cause of deforestation in the Sahel and is seen by some authors as the most worrying and alarming of anthropogenic causes [25]. The demand for coal and natural gas is only beginning to emerge but has doubled in less than ten years.



Note: Mtoe million tonnes of oil equivalent

**Figure 5 – Total primary energy demand by country and in the Sahel in 2019 [12]**

Based on this diagram (Figure 5), it can be said that the demand for green energy, which also includes the use of wood, has significantly increased from 2010 to 2019 in the countries of the Sahel. In the Sahel, the use of gas, electricity and renewable energies such as solar and wind power is very expensive. It's a luxury for the Sahelians. Over the last two decades, primary energy demand in the six Sahelian countries has grown by more than 4%, and stands at 950 PJ (Petajoule).

## Conclusion

The Sahel States which are experiencing a series of multifaceted crises, given the precariousness of these States, monetary poverty and their dependence on external aid are unable to cope with the challenges of deforestation. The dependence of rural

and urban communities on biomass, the low coverage of electricity, the absence of new and renewable energies coupled with the demographic explosion presage the strong pressure of forest resources in the decades to come. The scarcity of hydraulic and forestry resources is causing conflicts between communities (pastoralists, agriculture) to appear around scarce resources, due in large part to the effects of climate change. Hence the urgent need to respond with adaptation and mitigation measures, also taking into account traditional knowledge against this scourge. Beyond joint actions for reforestation, the creation of the great green wall, defense actions against armed groups in the forests of the Sahel, popularization, research and the promotion of renewable energies and the creation of creative activities income is in part the only way out of this calamitous situation.

## References

1. FAO, "The impact of disasters and crises 2021 on agriculture and food security." 2021.
2. Debar, J. C., "Agriculture, a major cause of deforestation in Africa [L'agriculture, cause majeure de déforestation en Afrique]." 2020.
3. UNCCD, "West Africa Thematic Report: Land Degradation Neutrality, The Global Land Outlook, West Africa Thematic Report." Bonn, Germany, 2019 a.
4. Vodjo, C., "Burkina Faso: One Water and Forests agent kidnapped and killed in the Sahel [Un agent des Eaux et Forêts enlevé et tué au Sahel]." 2021, Burkina Faso-terrorism-Sahel. French.china.org.cn
5. UNCCD, "United Nation Convention to Combat Desertification: The great green wall: A Pan-African initiative on the restoration of degraded lands." 2019 b.
6. IPCC, "Global warming of 1.5 ° C." 2019.
7. IPCC, "Report on climate change and its future developments." 2014, part 2. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
8. Botoni, E. and Reij, Ch., "The Silent Transformation of the Environment and Production Systems in the Sahel: Impacts of Public and Private Investments in Natural Resource Management." 2009. <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/zai-ameliore/transformation%20silencieuse%20de%20l-environnement%20et%20des%20systems%20de%20production%20au%20Sahel.pdf>
9. Ozer, P., "Fuelwood and deforestation in the Sahel: update." 2004.
10. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sahel\\_Map-Africa\\_rough.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sahel_Map-Africa_rough.png)
11. AGRHYMET, "Regional Center The Sahel facing climate change." 2010. <http://agrhymet.cilss.int/wp-content/uploads/2018/12/ChangementC.pdf>
12. IEA, "Energy transitions in the Sahel [Transitions énergétiques au Sahel]." 2021. [https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4d10193-3399-4369-bc03-fa3c52562fff/CETSAHELlaunch\\_FR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4d10193-3399-4369-bc03-fa3c52562fff/CETSAHELlaunch_FR.pdf)
13. Gameren, V., Zaccai, R. "Adaptation to climate change." 2014, Paris : Discovery edition. ISBN: 9782707174697
14. UNDP, "Livelihood Security Climate Change, Migration and Conflict in the Sahel ." 2011. ISBN: 978-92-807-3198-9
15. Davies, J. "Biodiversity and the Great Green Wall, Central and West Africa Regional Program (PACO)." 2017, IUCN Publication. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.10.en> www.grandemurailleverte.org
16. Bernard, S. "Climate graphic of the week: the Great Green Wall scales up." 2021, Financial Times. <https://www.ft.com/content/0c4c9fe9-942e-4325-85cf-8b3b2cfa46ce>
17. Lahn, G., Grafham, O. " Heat, Light and Power for Refugees Saving Lives, Reducing Costs." 2015, edition Chatham House.
18. United Nations, "Department of Economic and Social Affairs, Population Division." 2019. <https://www.un.org/development/desa/pd/>
19. IEA. "Clean Energy Transitions in the Sahel." 2021, p.21 <https://www.iea.org/reports/clean-energy-transitions-in-the-sahel>
20. REDD +, "Burkina Faso, Deforestation and Forest Degradation in Burkina Faso [Déforestation et dégradation des forêts au Burkina Faso] ." no 2, 2019.
21. French Environment Fund, "Restoring forests and landscapes and sustainable land management in the Sahel [Fonds français pour l'environnement :Restauration des forêts et des paysages et gestion durable des terres au Sahel]. " 2018. <https://www.ffem.fr>

22. United Nations Environment Program, “Review of Wood fuel Biomass Production and Utilization in Africa.” 2019.
23. Birnbaum, Ph. “Biodiversity in the Sahel: The Forests of Mali.” 2012, (French Edition), Kindle Edition
24. Mbodj, F. “Forest Resource Management in Mali and Land Claim.
25. The report to the native or migrants of the Mandé woods [Gestion des ressources forestières au Mali et Revendication foncière. Le rapport aux autochtones ou migrants du bois du Mandé].”, Anthropologie & développement (2014) : 21- 37.
26. Thibaud, B. “Timber in the Sahel: an environmental issue [Le bois au Sahel: un enjeu environnemental].”, Historian and geographer 379, (2002): 1- 15.

1-бөлім

**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ**

**ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАФА**

**АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

---

Section 1

**ENVIRONMENTAL IMPACT**

**OF ANTHROPOGENIC FACTORS**

**AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

---

Раздел 1

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Ж.Ж. Есенбаева<sup>1\*</sup> , Г.А. Сайнова<sup>2</sup> **

<sup>1</sup>Қ.И. Сәтпаев атындағы ҚазYTЗУ (Satbayev University), Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Қ.А. Ясави атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,  
Қазақстан, Түркістан қ.

\*e-mail: esenbaeva.j@mail.ru

## СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ТҮПТІК ШӨГІНДІЛЕРИН КӘДЕГЕ ЖАРАТУ

Бұл жұмыста құрамында органикалық-минералды заттарға бай жергілікті су қоймаларының түптік шөгінділерін ауыл шаруашылығының мұқтажына жарату үшін бірқатар ғылыми-зерттеу жұмыстар жүргізілді. Макалада соңғы 10 жыл бойынша әкаба сулардың жалпы көлемі мен тазартылмаған сарқынды сулардың үлесі мәлімет ретінде берілген. Жергілікті аумақтағы су қоймаларының жағдайына талдау жүргізу арқылы түптік шөгінділерді өңдеудің вермитехнологияға негізделген әдісі жасалды. Жұмыстың зерттеу нысаны ретінде Түркістан облысына қарасты Қошкорған, Ермакөзен, Шерт су қоймаларының түптік шөгінділері пайдаланылды. Су түптік шөгінділер негізінде алынған вермикомпостты тыңайтқыш және оның негізіндегі гумин қышқылдарын өсімдіктерге арналған биостимулятор ретінде қолдану жолдары қарастырылды. Түптік шөгінділерге ауыр металдарды (Pb, Zn) анықтау бойынша Ta-Lab аппаратымен инверсионды вольтамперометрлік зертханалық талдау жүргізілді. Вермитехнологиямен өнделгеннен кейін су қойма түптік шөгінділерінің сынамаларында ауыр металл мөлшерлері бастапқы көрсеткішен салыстырғанда, Қошкорған сынамасында Zn 11 мг/кг, Pb 0,92 мг/кг; ал Ермакөзен сынамасында Zn 4,1 мг/кг, Pb 5,1 мг/кг; Шерт сынамасында Zn 21,9 мг/кг, Pb 0,6 мг/кг біршама азайғандығын көрсетті. Вермикомпосттан гумин қышқылдарын экстракциялауға Орлов әдісі қолданылды. Вермикомпостаудан кейін алынған биогумустың құрамындағы органикалық зат пен гумин қышқылдарының мөлшерін келесі ретпен Қошкорған > Шерт > Ермакөзен салыстырып көрсетуге болады. Зерттеу нәтижелері бойынша алынған зертханалық көрсеткіштер нормативтік талаптар мен әдістемелер негізінде анықталды.

**Тұйін сөздер:** су қойма, әкаба су, түптік шөгінді, калифорниялық қызыл құрттар, вермитехнология, вермикомпост, ауыл шаруашылығы, топырақ.

Z.Z. Yessenbayeva<sup>1\*</sup>, G.A. Sainova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satbayev University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Kazakhstan, Turkestan

\*e-mail: esenbaeva.j@mail.ru

### Utilization of bottom sediments of reservoirs

In our work, we conducted a number of scientific research works to create the bottom sediments of local reservoirs, rich in organic and mineral substances, for the needs of agriculture. The article provides information on the total volume of wastewater and the share of untreated wastewater over the last 10 years. By analyzing the condition of water reservoirs in the local area, a vermitechnology-based method of bottom sediment treatment was developed. Ways of using vermicompost fertilizer based on bottom sediments and humic acids based on it as a biostimulant for plants are shown. An inversion voltammetric laboratory analysis was carried out with the Ta-Lab apparatus for the determination of heavy metals (Pb, Zn) in the original sediments. After treatment with vermitechnology, the content of heavy metals in the samples of the bottom sediments of the reservoir was slightly reduced compared to the initial indicators, for example, in the substrate Koshkorgan Zn 11 mg/kg, Pb 0.92 mg/kg; and in the substrate Ermakozen Zn 4.1 mg/kg, Pb 5.1 mg/kg; in the substrate Shert Zn 21.9 mg/kg, Pb 0.6 mg/kg. The Orlov method was used to extract humic acids from vermicompost. The amount of organic matter and humic acids contained in biohumus can be compared in the following sequence: Koshkorgan > Shert > Ermakozen. Laboratory parameters obtained from the results of the study were determined on the basis of regulatory requirements and methods.

**Key words:** reservoir; groundwater; bottom sediment; California red worms; vermitechnology; vermicompost; agriculture, soil.

Ж.Ж. Есенбаева<sup>1\*</sup>, Г.А. Саинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>КазНИТУ имени К.И. Сатпаева (Satbayev University), Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави, Казахстан, г. Туркестан

\*e-mail: esenbaeva.j@mail.ru

## Утилизация донных осадков водохранилищ

В своей работе мы провели ряд научно-исследовательских работ по обработке донных отложений местных водоемов, богатых органическими и минеральными веществами для нужд сельского хозяйства. В статье представлена информация об общем объеме сточных вод и доле неочищенных сточных вод за последние 10 лет. По результатам анализов местных водоемов разработан метод обработки донных отложений на основе вермитехнологии. Приведены способы использования биогумусного удобрения и гуминовых кислот в качестве биостимулятора растений, полученных на основе обработки донных отложений. Проведен лабораторный инверсионно-вольтамперометрический анализ на приборе Ta-Lab для определения тяжелых металлов (Pb, Zn) в донных отложениях. После обработки вермитехнологией в пробах донных отложений водохранилища содержание тяжелых металлов по сравнению с исходными показателями было несколько уменьшено, например в субстрате Кошкорган Zn – на 11 мг/кг, Pb – на 0,92 мг/кг; а в субстрате Ермакозен Zn – 4,1 мг/кг, Pb – 5,1 мг/кг; в субстрате Шерт Zn – 21,9 мг/кг, Pb – 0,6 мг/кг. Для экстракции гуминовых кислот из вермикомпоста применялся метод Орлова. Количество органического вещества и гуминовых кислот, содержащихся в биогумусе, можно сравнить в следующей последовательности: Кошкорган > Шерт > Ермакозен. Лабораторные показатели, полученные по результатам исследования, определялись на основе нормативных требований и методик.

**Ключевые слова:** водохранилище, сточные воды, донный осадок, красные калифорнийские черви, вермитехнология, вермикомпост, сельское хозяйство, почва.

## Кіріспе

Жалпы қазіргі кезде дүние жүзінде көптеген экологиялық мәселелер қарқынды түрде көбейіп жатыр және олар өз кезегінде қоршаған орта нысандарына, адамдарды қоса өз әсерін тигізуде. Соңғы жылдары қарқынды өсіп жатқан демографиялық көрсеткіштердің ( $>7,9$  млрд адам) нәтижесінде азық-түлік дақылдарына деген сұраныс өсуде [1]. Негізінен дамушы елдердегі халық саны экспоненциальды өсуде, сәйкесінше ресурстарды қарқынды тұтыну үлесі жоғарылат отыр [2].

Ауылшаруашылығында қолданылатын минералды тыңайтқыштар топырақ экожүйесі мен ауылшаруашылық өнімдеріне өз зиянын тигізді. Химиялық тыңайтқыштарды бақылаусыз және ғылыми негісіз қолдану топырақ экожүйелерінің нашарлауына және топырақтың қышқылдауы мен ауыр металл иондарының үлғауына алып келеді [3]. Алайда қоршаған ортаны қорғауда қолданылатын көптеген заманауи тәсілдер экономикалық тиімсіз және топырақ қабатының өзгеруіне кері ықпал етеді. Топырақтың жақсарту және азық-түлік сапасын арттыру (коректік құндылығын жақсарту) үшін арзан, экологиялық таза әдістерге көшкен жөн. Биотыңайтқыштар, жа-

сыл тыңайтқыштар, бактериализация, балдырлар биотыңайтқыштары және вермикомпост сияқты көптеген жасыл технологиялар ауыл шаруашылығының тұрақты дамуына ықпал етеді. Тұрмыстық және ауылшаруашылық қалдықтарын вермикомпостаудан кейін қоректік заттармен қанығуы топырақтағы өсімдіктердің өсімін жақсартатыны дереккөздерде көрсетілген (Wahee және т.б., 2019) [4].

Сондықтан су қоймаларынан шығып жатқан түптік шөгінділерді вермитехнологиялық әдіспен өңдеуде арқылы ауылшаруашылығына қажетті зиянсыз жаңа құрамды органо-минералды тыңайтқыш алу өзекті мәселе болып табылады. Қазіргі шақта су қоймаларының түптік шөгінділерін көдеге жарату үлкен мәселелердің алдын алады. Себебі ірілі-ұсақты су қоймаларда түзілетін түптік шөгінділердің көп жинақталуы су қоймаларының көлемін қысқартады және су ағынына кедергі жасайды. Сонымен қатар оның құрамында гумус заттарынан басқа өсімдіктер үшін бағалы саналатын темір, марганец, мыс, мырыш, кобальт, бор, т.б микроэлементтер бар.

Осы орайда вермитехнология органикалық қалдықтарды өңдеуде ең тиімді шешім саналады. Мәселен, АҚШ және Еуропа елдеріндегі ақаба сулардан жылына шығатын қалдықтар мөлшері 100 млн. тоннадан асады. Ал Австралияда бұл

көрсеткіш 3 млн. тоннаны құрайды. Аталған елдерде осынша қалдықтарды көдеге жарату үшін су шаруашылығына жұмсалатын экономикалық шығындардың шамамен 60 % жұмсалады екен. Органикалық құрамды қалдықтарды тиімді түрде көдеге жарату мәселесі әлемдік деңгейде өзектілікке ие [5-7].

Вермикультураны қолдану негізінде жасалған соңғы зерттеу жұмыстары топырақ қабатын қалпына келтіру және ауыл шаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыру бойынша жақсы нәтиже береді деп әдеби дереккөздерде көрсетілген [8].

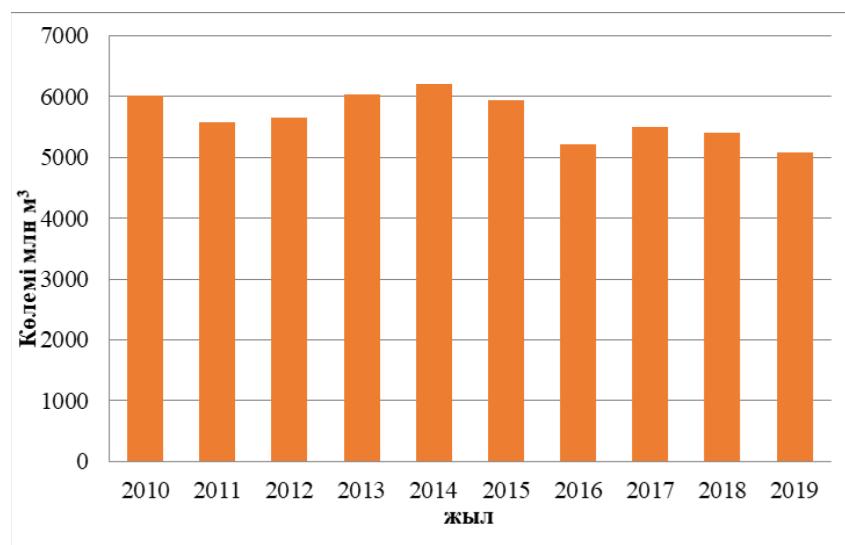
Түптік шөгінділердің ландшафттық ерекшеліктерінің қалыптасуын анықтау жұмыстары біршама даму үстінде. Бұл бағыттағы маңызды зерттеу нәтижелері В.А. Алабиев, Р.С. Берг, В.Г. Глушков, М.Д. Гродзинский, С.В. Констриков сияқты ғалымдардың еңбектерінде келтірілген [9].

Су қалдықтарын вермитехнологиямен өңдеуге қатысты зерттеулер АҚШ-та өткен ғасырдың 70 ж. басталды (Hartenstein, 1978). Алғаш «вермистабилизация» термині енгізілді. Яғни, тұнбалы қалдықтарды мезофильді үдерістердің нәтижесінде тұрақтанған органикалық ма-

териал алу. Нәтижесінде жоғары гумустелген органикалық тыңайтқыш алынды (Титов, 2008). Вермикомпостауда жүретін биологиялық үдеріске құрттармен бірге 2000 – наң астам бактериялардың түрі мен саңырауқұлақтардың 50 түрі қатысады [10].

Зерттеужұмысында құрамында органикалық – минералды заттарға бай жергілікті су қоймаларының түптік шөгінділерін вермитехнологиялық жолмен өңдеу әдісін қарастырдық. Түптік шөгінділердің құрамында пайдалы заттармен қатар ауыр металдар, т.б. экотоксиканттар болғандықтан оларды тікелей агронеркесінде пайдалануға болмайды. Көдеге жарату мақсатында осы түптік шөгінділерді гумустармен байыту, заарсыздандыру, зааласыздандыру бағытында өңдеу үдерістерін жүргізу қажет.

Түптік шөгінділер суда тіршілік ететін шірінді ағзалар, минералды бөлшектерден түзіледі. Өзен суындағы биогенді заттардың үлғауы нәтижесінде эвтрофикация үдерісінің дамуы орын алады. Еліміз бойынша жалпы ақаба сулардың көлемі (тазартусыз алынған сарқынды суларды ескере отырып, млн м<sup>3</sup>) төмендегі 1-суретте көрсетілген.

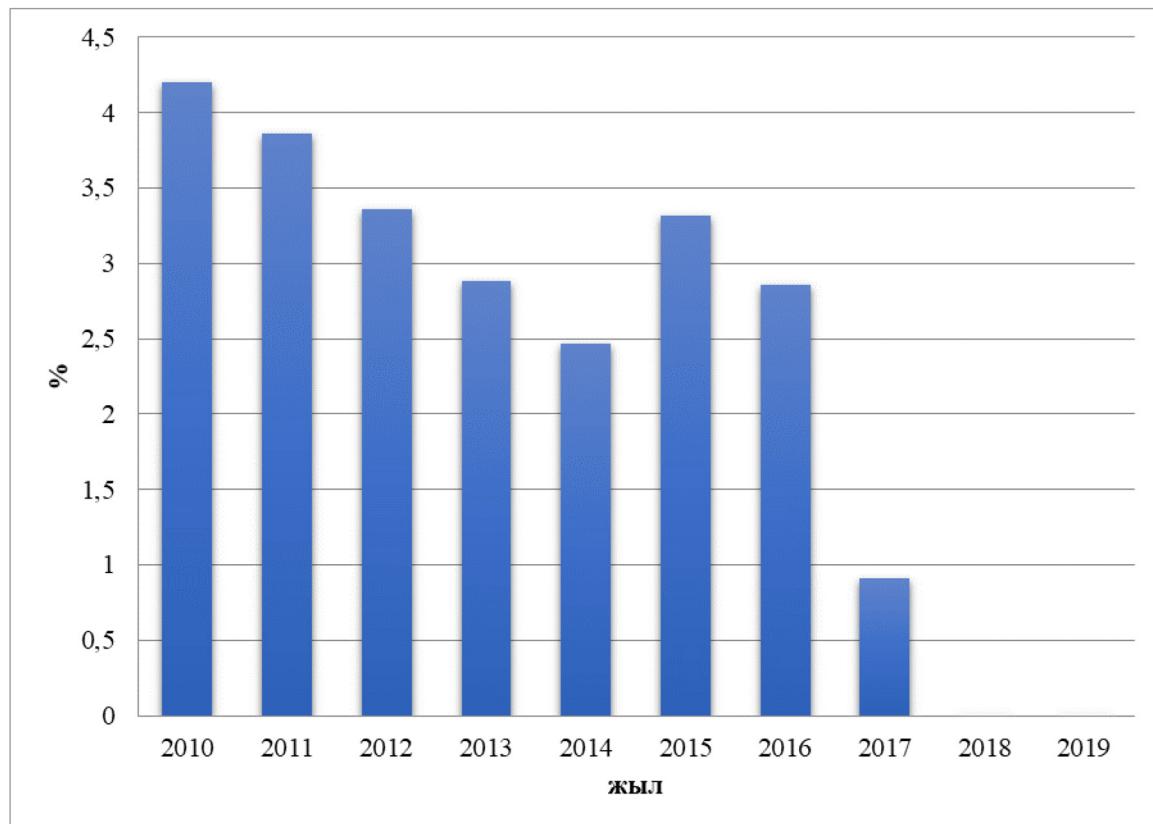


1-сурет – Ақаба сулардың 2010-2019 жж аралығындағы көлемі, млн.м<sup>3</sup>

Диаграммада жалпы ақаба сулардың соңғы онжылдағы (2010-2019) деректері [11] берілген. Жоғарыдағы мәліметтерге қарасақ ақаба сулардың жалпы көлемі өзгермелі екендігін айқын. Бұл көрсеткіштер өндіріс үдерісі мен

ауылшаруашылығында қолданылатын ақаба сулардың жүйесіне тікелей байланысты.

Жалпы ақаба сулардың ішінен тазартылмаған ақаба сулардың үлесі төмендегі 2-суретте [12] берілген.



2-сурет – Ақаба сулардың тазартылмаған үлесі, % (2010-2019 ж. аралығы)

Тазартылмаған ақаба сулардың көлемі жылдан жылға оңтайлы өзгергенін байқауға болады. Мұны еліміздегі жүзеге асырылып жатқан жаңа инновациялық технологияларды ендіру шараларының нәтижесінде десек болады.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

#### Зерттеу нысаны

Фылыми-зерттеу жұмысының зерттеу нысаны ретінде Түркістан облысына қарасты Қошкорған, Ермакөзен, Шерт су қоймаларының түптік шөгінділері алынды. Түркістан суармалы массив аумағындағы гидрографиялық байланыс әлсіз дамыған. Бұл аймақтағы су көздеріне Қарашық, Шаға, Ермакөзен, Иқансу, Шерт және басқа да Қаратаужотасының оңтүстік-батысынан бастау алатын өзендер жатады. Массив аумағы құрғақ, жауын-шашиның көпжылдық орташа мөлшері 100-200 мм. Ылғалдың мол түсімі қыскөктем айларына келеді, бұл кез жылдық жауын-шашиң мөлшерінің 65-80% құрайды. Ал шілде, тамыз айларында жауын-шашиң мөлшері мұлде болмайды, тек қыркүйек айында 3,5-10,7 мм

жауын болады [13-14]. Климаттық жағдайларға байланысты, өңірде ауыл шаруашылығы дақылдарының түсімін молайту үшін жасанды суару қолданылады. Су қоймаларындағы су мен түптік шөгінділердің құрамына талдау жұмыстары Қ.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетіне қарасты «Экология» фылыми-зерттеу институтының «Экологиялық бақылау және химиялық талдау» зертханасында жүргізілді.

Су қоймаларының түптік шөгінділеріндегі анықталған мырыш және қорғасын металдарының мөлшерлері нормативтік стандарттағы талаптарға сәйкес деңгейде [15]. Осылан байланысты су қоймаларының түптік шөгінділерін тыңайтқыш ретінде тікелей пайдалануға болады.

Біз жұмысымызда вермитехнология үдерісінде Eisenia foetida жауын құрттын пайдаландық. Жауын құрттарының Dendrobaena rubida, Dendrobaena veneta, Eiseniella tetraedra, E. fetida, Aporrectodea tuberculata, Lumbricus rubellus, Lumbricus terrestris and Allolobophora chlorotica сияқты бірнеше түрлері топырақтағы көмірсүтектер мен токсикалық қосылыстар,

пестицидтерді жоюға көмектеседі. Жауын құрттары кадмий (Cd), хром (Cr) және қорғасын (Pb) сияқты ауыр металдарды тері жабыны арқылы өз бойына сіңіреді [16]. Қалдықтардың ыдырау үдерісінде жауын құрттары микроагзалармен бірге субстраттардағы химиялық элементтерді тұрақтандырады [17]. Hobbelen ғылыми зерттеулері бойынша еритін формадағы химиялық заттар жауын құрттарының ішкі ағзасында оңай биоаккумуляцияланады [18].

Жоғары сапалы органоминералдық тыңайтқыш пен тыңайтқыш-мелиорант алу үшін вермитехнологиялық әдістің жаңа жетілдірілген варианты қолданылды [19]. Бұл үдерісте өнім өндірушінің қызметін қызыл калифорниялық құрттар (*E.foetida*) атқарды.

Тұптік шөгінділер негізгі субстрант ретінде пайдаланылды. Тұптік шөгіндіні қоректік заттармен байыту мақсатында субстраттардың құрамына аса назар аударылды. Субстрат құрамдарына жауын құрттары қоректенуі үшін органикалық қоректік зат болып саналатын ағаш үгінділері, азық қалдықтары және кальций пероксиді ( $\text{CaO}_2$ ) қолданылды.

Ағаш үгінділері субстрат құрамындағы ылғалдылықты бір деңгейде сактап тұруға көмектеседі. Оның құрамында көп мөлшерде лигнин, жасунық сияқты органикалық заттары бар. Олар ағаш өңдейтін орындардан шығарылатын, қазіргі кезде дұрыс толығымен іске асырылмайтын қалдықтың бірі. Орта есеппен алғанда ағаш қындысы құрамында шамамен 70 % көміртегі (целлюлоза және гемицеллюлоза) және 27 % лигнин болады.

Кальций пероксиді ( $\text{CaO}_2$ ) – тетрагенді ак кристалл, иіссіз, келесідей физикалық-химиялық көрсеткіштерге ие: 275 °C температурада ыдырайды, тығыздығы 600 кг/м<sup>3</sup>.

Гумин қышқылдарын бөліп алуға белгілі Орлов әдісі қолданылды. Гумус заттары негізінен гумин қышқылдарынан тұрады. Олардың құрамына гумин қышқылдары, фульво қышқылдары және гумин кіреді. Гумин қышқылдары сілтілерде жақсы еритін гумус қышқылдарының бір тобы. Олар суда аз ериді, қышқылдарда ерімейді. Гумин қышқылдарының молекулалық құрамы өте күрделі. Гумин қышқылдарының құрамын ароматикалық құрылымдар (50-60%), көмірсуектер (25-30%), функционалдық топтар (10- 25%) құрайды. Фульво қышқылдар гумус қышқылдарының гумин қышқылдары тұнғаннан кейін ерітінділерде қалатын тобы. Фульво қышқылдарының түсі ашық, көміртегі

мөлшері төмен, суда ериді. Топырактың гумус көрсеткіштерінің жүйелерін Л.И. Гришина, Д.С. Орлов (1977) ұсынған [20-21]. Әдебиеттерде гумин қышқылдары құрамындағы көміртегі шамамен 60%, ал фульво қышқылында көміртегі 40-50% болуымен сипатталады. Гумус қышқылдарының құрамына көміртегіден басқа сутегі және оттегі элементтері кездеседі. Гумус заттарының құрамында фосфор, құқырт және басқа элементтердің құрамы да кездеседі, басқа құрамдас бөліктері толық анықталмаған. Гумин және фульво қышқылдары үшін белгіленген нақты структуралық формула көрсетілмеген. Гумин және фульво қышқылдарын топырақтан 0,1 н NaOH ерітіндісі арқылы бөліп алдық [22-24]. Ол үшін алдымен химиялық стакандарға қажетті топырақ массасын алып, топырақ массасынан 5-6 есе көп мөлшерде 0,05 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ерітіндісін құйып, мұқият арапастырылды. Бұл үдеріс топырақтан кальцийді айыру үшін орындалды. Тұнған сұйықтық сұзгі қағаз арқылы сұзілді. Кальцийден арылған топырақ бірнеше рет дистилденген сумен шайылды. Кейін 0,1 н NaOH ерітіндісі қосылады. Сілті мөлшері 1 кг топыраққа 6-7 литр болуы тиіс. Зертханалық талдауда ерітінді 10 гр топыраққа есептелді. Суспензия арапасқаннан кейін біршама тұндырылды және қара қоңыр сілтілі ерітінді қайта сузілді. Үдеріс бірнеше рет қайталанады. Бөлінген сұйықтықты мұқият 1,5-3 мың айналымда центрафугада айналдырады. Центрафугада өндөлген сұйықтықтар бөліп алынып ыдыстарға жинақталады. Оған 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ерітіндін 1 литрге есептегендеге 20-25 мл мөлшерде тамшылатып қосып, тұндырылады. Сутектік көрсеткіш ph ~ 1-2 аралықта болуы керек. Осы жағдайда гумин қышқылы тұнбаға түсіп, фульвоқышқылы ерітіндіде қалады. Гумин қышқылының тұнбасы күлсіз сұзгілі қағаз арқылы бөлініп алынды.

Сынамалардың құрамына химиялық және сынама құрамындағы ауыр металдарға (Zn, Pb) вольтамперометрлік талдау (Ta-Lab аппараты) жұмыстары жүргізілді [25].

Биологиялық ыдырау үдерісі микроагзалардың қатысуымен оттекті (аэробты) және оттексіз ортада (анаэробты) жүреді. Аэробты биологиялық ыдырау (компостау немесе верми-компостау) микроагзалардың қатысуымен 30-60°C температура, 30-70 % ылғалдылықта 1 айдан 1,5-2 жылға дейін мерзімді қамтитын күрделі үдеріс. Ал зерттеу жұмысында ұсынылған биогумус вермитехнологияның жеделдетілген нұсқасымен жасалды.

## Зерттеу нәтижелері және талқылау

Вермикомпосттауға бірнеше нұсқамен субстраттар жасалды. Вермикомпостау үшін түптік шөгінділер негізінде субстраттарға кальций пероксидімен және кальций пероксидінсіз тәжірибе жасалды (1-кесте). Біздер ұсынып отырған жетіл-

дірілген вермитехнология әдісінде калифорниялық құрттардың (*Esenia foetida*) іс-әрекетін белсендендіру үшін, яғни өндөлеттің қоспада оттектің мөлшерін онтайлы дәрежеде ұстауға, сонымен қатар токсиканттардың түзілуіне әкелеттің анаэробты үдерістерді тәжеуге, субстрат құрамына кальций пероксиді ( $\text{CaO}_2$ ) енгізілген болатын.

**1-кесте – Вермикомпосттауга арналған субстраттардың құрамы, %**

Тәжірибе № / түптік шөгінді атауы	Варианттардағы субстраттар құрамы, %						
	түптік шөгінді	агаш үгіндісі	азық қалдық	түптік шөгінді	агаш үгіндісі	азық қалдық	$\text{CaO}_2$
	1			2			
I Қошқорған	70	15	15	65	15	15	5
II Ермакөзен	70	15	15	65	15	15	5
III Шерт	70	15	15	65	15	15	5

Биогумус немесе вермикомпост өнімін алу үшін үдеріс аэробты ортада жүргізіледі. Анаэробты жағдайлар болмауы үшін субстраттар толық аэрациялануы қажет. Ауасыз ортада жауын құрттардың өнімділігі мен жұмыс атқару қызметі құрт тәмендейді. Осы орайда «Экология» ғылыми-зерттеу институты ұсынған вермикомпост алушың жеделдетілген әдісінде субстраттың барлық көлемін аэрациялау үшін, яғни анаэробты зоналарды жоюға кальций пероксиді қолданылды. Кальций пероксидін өндөлеттің субстратқа енгізгенде аэрация жағдайы жақсарып, субстрат оттекпен байып, улы токсиканттардың бөлінуін тежейді. Құрттар ағzasына қажетті оттек пен кальций мөлшері жеткілікті көлемде болып, олардың тіршілік

жағдайына қолайлы әсер туындалады.  $\text{CaO}_2$  субстраттарда шіру кезінде орын алғышын жағымсыз істі жояды. Қолайсыз қышқылды орталарды нейтралдауға септігін тигізеді. Сонымен қатар  $\text{CaO}_2$  дезинфекциялық және фунгицидтік қасиеттерімен ерекшеленеді.

Бір жағынан аталған әдіс арқылы өндеу үрдісі екі-үш ай мерзім ішінде орындалса, екіншіден сапалы таза тыңайтқыш пен әртүрлі биопрепараттар алуға қажетті өнім – сапалы құрттар биомассасының шығымы жоғарлайды.

Вермитехнологиямен өндөлгенге дейін және өндеуден кейін түптік шөгінділерге зертханалық жағдайда химиялық талдау жасалды. Зертханалық талдау жүргізу арқылы алынған нәтижелер 2-5-кестелерде берілген.

**2-кесте – Су коймалары түптік шөгінділерінің химиялық талдау нәтижелері**

Қурауыштар, өлшем бірлігі	Қошқорған	Ермакөзен	Шерт
Құрғак қалдық, %	2,1±0,3	0,2±0,01	0,6±0,01
$\text{SO}_4^{2-}$ мг/кг	635,0±2,6	42,0±0,1	115,0±1,2
Кермектілік, мг/экв	10,3±0,1	0,20±0,02	0,29±0,2
Нитрат, мг/кг	9,7±0,1	8,0±0,02	7,0±0,04
$\text{Cl}^-$ , мг/экв	77,9±0,2	106,3±0,2	42,5±0,1
$\text{HCO}_3^-$ мг/экв	2,0±0,1	1,0±0,2	2,0±0,2
$\text{NO}_3^-$ мг/кг	8,7±0,3	25,5±1,1	15,4±1,3
$\text{NH}_4^+$ мг/кг	9,0±0,2	3,2±0,2	16,5±0,5
pH	7,9±0,02	8,2±0,05	8,3±0,03
$\text{Ca}^{2+}$ , мг/экв	0,60±0,05	0,40±0,02	0,30±0,01

**3-кесте – Вермикомпосттың химиялық құрамы (Қошқорған)**

Вермикомпосттың химиялық құрамы	Кальций пероксидісіз	Кальций пероксидімен (CaO <sub>2</sub> – 5 %)
Құрғақ қалдық, %	0,872±0,2	0,966±0,5
Сульфат мг/кг	124,0±0,8	124,0±0,9
Кермектілік, мг/экв	0,012±0,02	0,012±0,01
Жалпы азот, %	4,5	4,4
C, %	14,1	14,0
C:N	4,9	4,8
Хлор, мг/экв	1,2±0,6	1,5±0,7
Гидрокарбонат, мг/экв	2,0±0,1	1,5±0,3
pH	8,638±0,3	8,622±0,2
Кальций, мг/экв	0,590±0,02	0,685±0,03
Ауыр металдардың массалық үлесі (Pb,Zn), мг/кг	ШРК төмөн	ШРК төмөн

**4-кесте – Вермикомпосттың химиялық құрамы (Ермакөзен)**

Вермикомпосттың химиялық құрамы	Кальций пероксидісіз	Кальций пероксидімен (CaO <sub>2</sub> – 5 %)
Құрғақ қалдық, %	0,184±0,3	0,304±0,1
Сульфат мг/кг	10,4±0,1	6,0±0,5
Нитрат, мг/кг	1,83±0,8	4,7±0,5
Жалпы азот, %	3,3	3,4
C, %	14,4	14,5
C:N	4,7	4,8
Хлор, мг/экв	1,3±0,2	1,1±0,2
Гидрокарбонат, мг/экв	0,8±0,3	0,5±0,1
Нитрит, мг/кг	3,3±0,2	-
Аммоний, мг/кг	3,2±0,2	3,0±0,5
pH	8,531±0,5	8,530±0,6
Кальций, мг/экв	0,09±0,01	0,424±0,02
Ауыр металдардың массалық үлесі (Pb,Zn), мг/кг	ШРК төмөн	ШРК төмөн

**5-кесте – Вермикомпосттың химиялық құрамы (Шерт)**

Вермикомпосттың химиялық құрамы	Кальций пероксидісіз	Кальций пероксидімен (CaO <sub>2</sub> – 5 %)
Құрғақ қалдық, %	0,240±0,3	0,594±0,5
Сульфат мг/кг	75,0±0,9	47,0±0,8
Кермектілік, мг/экв	0,007±0,02	-
Нитрат, мг/кг	-	2,75±0,3
Жалпы азот, %	3,6	3,5
C, %	14,7	14,5
C:N	3,8	4,9
Хлор, мг/экв	0,7±0,2	0,9±0,2
Гидрокарбонат, мг/экв	2,0±0,5	3,5±0,6
Нитрит, мг/кг	0,025±0,01	0,15±0,02
Аммоний, мг/кг	-	14,2±0,2
pH	8,740±0,4	8,373±0,2
Кальций, мг/экв	0,199±0,01	0,748±0,02
Ауыр металдардың массалық үлесі (Pb,Zn), мг/кг	ШРК төмөн	ШРК төмөн

Жоғарыда кестелерде берілген мәліметтерге сүйене отырып, вермикомпосттарды өзара салыстырсақ, құрамындағы химиялық заттардың мөлшерінің төмендеуін келесі ретпен Қошқорған >

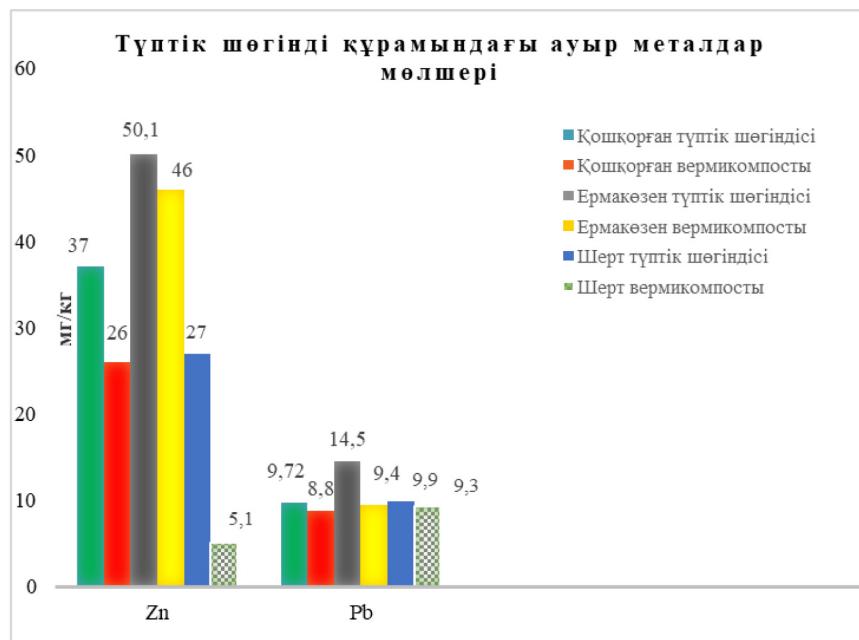
Шерт > Ермакөзен көрсетуге болады. Вермикомпосттар құрамындағы заттар әртүрлі мөлшерде болғанымен, шекті рауалы мөлшерден аспайды. Субстраттардағы гумус мөлшерлері 6-кестеде берілген.

**6-кесте – Субстраттардағы гумустың орташа мөлшері**

№	Түптік шөгінді	Гумус, %	
		Өндөлгенгө дейін	Өндөлгеннен кейін
1	Қошқорған	1,3	6,8
2	Ермакөзен	0,2	2,6
3	Шерт	2,2	6,7

Жоғарыда берілген мәліметтерге қарасақ, вермикомпосттардағы гумус мөлшері өндөлгенгө дейінгі мөлшерден Қошқорған сынамасында 5,2 есе, Ермакөзен 12 есе, Шерт 3 есе жоғарылағандығын байқауға болады.

Төменде 3-суретте түптік шөгінділердің вермитехнологиямен өндегенгө дейін және вермитехнологиямен өндөлгеннен кейінгі құрамындағы ауыр металдардың мөлшері көрсетілген.



**3-сурет – Түптік шөгінділер құрамындағы өндеуге дейінгі және өндеуден кейінгі ауыр металдар (Zn, Pb) мөлшері, мг/кг**

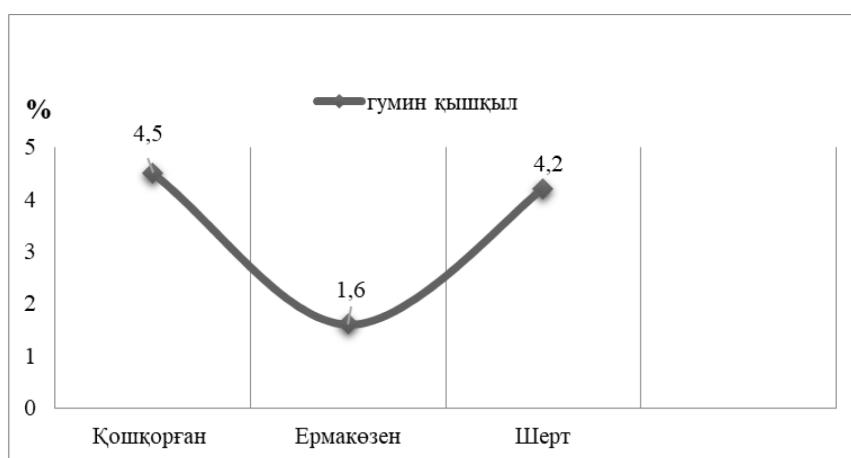
Су қойма түптік шөгінділер құрамындағы қорғасын, мырыш мөлшерлері калифорниялық қызыл құрттармен өндөлгеннен кейін біршама азайғандығы анықталды. Вермитехнологиямен өндөлгеннен соң Қошқорған сынамасында бастапқы көрсеткішен салыстырғанда Zn

1,4 %, Pb 1,1 %; ал Ермакөзен сынамасында Zn 1,08 %, Pb 1,5 %; Шерт сынамасында Zn 5,3 %, Pb 1,06 % есе азайғандығын көрсетті. Вермитехнологиямен өндөлген түптік шөгінділер құрамындағы мырыш және қорғасын мөлшерлері біршама төмендеген. Бұл калифор-

ниялық қызыл құрттар субстраттарды өз де-нелерінен өткөріп, ауыр металдарды ұлпа жасушаларында жақсы жинақтайтынын көрсетеңді. Вермикомпосттардағы гумустың рөлі де маңызды. Себебі гумус заттарының құрамындағы гумин қышқылдарының ауыр металдарға

қатысты жоғары деңгейде сорбциялық сиымдылығы болғандықтан олар комплекс түзуші сорбенттердің рөлін атқарады.

Вермикомпосттардан зертханалық талдау нәтижесінде алынған гумин қышқылдарының мөлшері төмендегі 4-суретте көрсетілген.



4-сурет – Кошкорған, Ермакөзен, Шерт вермикомпосттарындағы гумин қышқылының орташа мөлшері, %

Жоғарыда кестелерде берілген мәліметтерге сүйене отырып, вермикомпосттарды өзара салыстырсақ, құрамындағы гумин қышқылдарының мөлшерінің төмендеуін келесі ретпен Кошкорған > Шерт > Ермакөзен көрсетуге

болады. Алынған вермикомпосттарды топырақпен араластырып бірнеше нұсқада ақ акация түкімдарын егіп көрдік. Нәтижесінде вермикомпост қосылған субстраттарда жақсы есқіндер пайда болды (5-сурет).



5-сурет – Эртүрлі құрамды қосылыстарға акация түкімдарын өндіру

Алынған вермикомпостты топырақ жүйесіне енгізгенде гумин қышқылдарының әртүрлі формалары өздерінің ерекшеліктері арқасында өсімдікке минералды заттар беріп, құрылымдық түзілуіне әртүрлі жағдай жасайтыны белгілі. Сонымен қатар топырақтағы микроағзалардың өмір сүруіне және көбейіне өзіндік әсерін беріп өсімдіктердің жақсы өсіп-өнуіне жағымды әсер ететінін анықтады.

## Қорытынды

Экологиялық тиімді көрсеткіштері бар органикалық-минералды тыңайтқыш қоршаған ортага зиян келтірмейді. Вермикомпосттан бө-

лініп алынған гумин қышқылдарының қасиеті өсімдіктердің қоршаған ортаның қолайсыз жағдайларына қарсы түрү қабілеттерін жоғарылатуға мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар алынған вермикомпосттың құнарлылығы топырақ қабатын қалпына келтіруге жағдай жасай отырып, бірқатар экологиялық және экономикалық түрғыдан орын алып жүрген мәселелерді шеше алады.

1. Қошқорған, Ермакөзен және Шерт вермикомпосттарының құрамдарына зертханалық талдау жүргізілді.

2. Түптікшөгінділердің вермитехнологиямен өндіреу арқылы қодеге жарату жолдары қарастырылды.

## Әдебиеттер

1. UN DESA. (2017). World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100, United Nations Department of Economic and Social Affairs: New York. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html>. Retrieved on 14 October 2019.
2. Etongo, D., Epule, T. E., Djenontin, I. N. S., & Kanninen, M., (2018). Land management in rural Burkina Faso: the role of socio-cultural and institutional factors. In Natural resources forum. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
3. Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z., & Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. PLoS One, 14(5), e0217018.
4. Wahi, R., Bidin, E. R., Asif, N. M. M., Hamizat, N. A. N., Ngaini, Z., Omar, R., et al. (2019). Nutrient availability in sago bark and empty fruit bunch composts for the growth of water spinach and green mustard. Environmental Science and Pollution Research, 26(22), 22246-22253.
5. Pritchard, D.L., Penney, N., McLaughlin, M.J., Rigby, H., Schwarz, K., 2010. Land application of sewage sludge (biosolids) in Australia: risks to the environment and food crops. Water Sci. Technol. 62, 48-57.
6. Abelleira-Peraira, J., Perez-Elvira, S., Sanchez-Oneto, J., Cruz, R., Portela, J., Nebot, E., 2015. Enhancement of methane production in mesophilic anaerobic digestion of secondary sewage sludge by advanced thermal hydrolysis pretreatment. Water Res. 71, 330-340.
7. Wang, Q., Wei, W., Gong, Y., Yu, Q., Li, Q., Sun, J., Yuan, Z., 2017. Technologies for reducing sludge production in wastewater treatment plants: state of the art. Sci. Total Environ. 587, 510-521.
8. Sinha, R. K., & Herat, S. (2012). Organic farming: Producing chemical-free, nutritive and protective food for the society while also protecting the farm soil by earthworms and vermicompost—reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Agricultural Science Research Journal, 2(5), 217-239.
9. Котов А.В. Обезвреживание и утилизация осадков сточных вод малых населенных пунктов: Дис. ... канд. техн. наук. – Новгород, – 2005 – 181 с.
10. Хаварова Т.В. Экологическая оценка применения осадка сточных вод и вермикомпостов на агроземе торфяно-минеральном: Дис... канд. био.наук. – Рязань, – 2015. – 154 с.
11. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлай және реформалар агенттігі [https://stat.gov.kz/for\\_users/ecologic\\_indicators/ecologic\\_indicator/polluted\\_non\\_treated](https://stat.gov.kz/for_users/ecologic_indicators/ecologic_indicator/polluted_non_treated)
12. 2015 жылғы 25 желтоқсандағы №223 Қоршаған орта статистикасының көрсеткіштерін қалыптастыру жөніндегі әдістеме «Қазақстан Республикасындағы коршаған ортанды қорғау» жинағы
13. Проблемы бассейнового управления водными ресурсами Туркестанского региона и сохранения биоразнообразия. Материалы регионального семинара /под редакцией д.б.н. Брагиной Т.М./ 2 марта 2009г., г. Шымкент, Южно-Казахстанская область. – Костанай: Костанайполиграфия, 2009. – 91 с.
14. [https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/11/036\\_Zhanar.pdf](https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/11/036_Zhanar.pdf) <https://kims-imio.kz>
15. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.
16. Homa, J., Klimek, M., Kruk, J., Cocquerelle, C., Vandenbulcke, F., Plytycz, B., 2010. Metal-specific effects on metallothionein gene induction and riboflavin content in coelomocytes of Allolobophora chlorotica. Ecotoxicol. Environ. Saf. 73, 1937–1943. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.07.001>.
17. Pathma, J., Sakthivel, N., 2012. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. Springerplus 1, 26. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>.

18. Hobbelen, P.H.F., Koolhaas, J.E., van Gestel, C.A.M., 2006. Bioaccumulation of heavy metals in the earthworms *Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa* in relation to total and available metal concentrations in field soils. Environ. Pollut. 144, 639–646. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.01.019>.
19. Исаев О.А., Акбасова А.Д. Ускоренный способ комплексного верми-компостирования и вермикультивации // Патент РФ № 2577059. – 2016. – Бюль. №7.
20. Орлов, Д.С., Гришина, Л.А. Практикум по химии гумуса: Учеб.пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981, 272 с., с ил.
21. ГОСТ 26269-91. Почвы. Общие требования к проведению анализов.
22. ГОСТ 28168-88. Почвы. Отбора проб.
23. ГОСТ 26623-85- ГОСТ 26428-85. Почвы. Определение катионно-анионного состава водной вытяжки.
24. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
25. ГОСТ РФ 08-17/56. Методика количественного анализа проб почв на содержание цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии. Томск, 1995. (Зарегистрировано «КСМСО РМК» Алматы филиалы, № 06/014-200, 7 июля 2000 ж.)

### References

1. UN DESA. (2017). World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100, United Nations Department of Economic and Social Affairs: New York. [https://www.un.org/development/desa/en/news/population/\\_world-population-prospects-2017.html](https://www.un.org/development/desa/en/news/population/_world-population-prospects-2017.html). Retrieved on 14 October 2019. (In English)
2. Etongo, D., Epule, T. E., Djenontin, I. N. S., & Kanninen, M., (2018). Land management in rural Burkina Faso: the role of socio-cultural and institutional factors. In Natural resources forum. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. (In English)
3. Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z., & Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. PLoS One, 14(5), e0217018. (In English)
4. Wahi, R., Bidin, E. R., Asif, N. M. M., Hamizat, N. A. N., Ngaini, Z., Omar, R., et al. (2019). Nutrient availability in sago bark and empty fruit bunch composts for the growth of water spinach and green mustard. Environmental Science and Pollution Research, 26(22), 22246–22253. (In English)
5. Pritchard, D.L., Penney, N., McLaughlin, M.J., Rigby, H., Schwarz, K., 2010. Land application of sewage sludge (biosolids) in Australia: risks to the environment and food crops. Water Sci. Technol. 62, 48–57.
6. Abelleira-Peraira, J., Perez-Elvira, S., Sanchez-Oneto, J., Cruz, R., Portela, J., Nebot, E., 2015. Enhancement of methane production in mesophilic anaerobic digestion of secondary sewage sludge by advanced thermal hydrolysis pretreatment. Water Res. 71, 330–340.
7. Wang, Q., Wei, W., Gong, Y., Yu, Q., Li, Q., Sun, J., Yuan, Z., 2017. Technologies for reducing sludge production in wastewater treatment plants: state of the art. Sci. Total Environ. 587, 510–521.
8. R. K., Sinha & S, Herat. (2012). Organic farming: Producing chemical-free, nutritive and protective food for the society while also protecting the farm soil by earthworms and vermicompost–reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Agricultural Science Research Journal, 2(5), 217–239. (In English)
9. A.V. Kotov. Obezvrezhivanie i utilizaciya osadkov stochnyh vod malyh naselennyh punktov : Dis. ... kand. tekhn. nauk. – Novgorod, – 2005 – 181 s. (In Russ)
10. T.V. Havarova. Ekologicheskaya ocenka primeneniya osadka stochnyh vod i vermekompostov na agrozemle torfyano-mineral'nom: Dis... kand. bio.nauk. – Ryazan', – 2015. – 154 s. (In Russ)
11. Kazakhstan Respublikasy Strategiyalyk zhosparlau zhöne reformalar agenttigi [https://stat.gov.kz/for\\_users/ecologic\\_indicators/ecologic\\_indicator/polluted\\_non\\_treated](https://stat.gov.kz/for_users/ecologic_indicators/ecologic_indicator/polluted_non_treated) (In Kaz)
12. 2015 jylgy 25 jeltoqsandaǵy №223 Qorşaǵan orta statistikasyň körsetkişterin qalyptastyru jönindegi ädileste «Qazaqstan Respublikasyndaǵy qorşaǵan ortany qorǵau» jınaǵy (In Kaz)
13. Problemy bassejnovogo upravleniya vodnymi resursami Turkestanskogo regiona i sohraneniya bioraznoobraziya. Materialy regional'nogo seminara /pod redakcijej d.b.n. Braginoj T.M./ 2 marta 2009g., g. Shymkent, YUzhno-Kazahstanskaya oblast'. – Kostanaj: Kostanajpoligrafiya, 2009. – 91 s. (In Rus)
14. [https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/11/036\\_Zhanar.pdf](https://kims-imio.kz/wp-content/uploads/2018/11/036_Zhanar.pdf) <https://kims-imio.kz>
15. GOST R 17.4.3.07-2001 Pochvy. Trebovaniya k svojstvam osadkov stochnyh vod pri ispol'zovanii ih v kachestve udobrenij. (In Rus)
16. Homa, J., Klimek, M., Kruk, J., Cocquerelle, C., Vandenbulcke, F., Plytycz, B., 2010. Metal-specific effects on metallothionein gene induction and riboflavin content in coelomocytes of *Allolobophora chlorotica*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 73, 1937–1943. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.07.001>. (In Eng)
17. Pathma, J., Sakthivel, N., 2012. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. Springerplus 1, 26. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>. (In Eng)
18. Hobbelen, P.H.F., Koolhaas, J.E., van Gestel, C.A.M., 2006. Bioaccumulation of heavy metals in the earthworms *Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa* in relation to total and available metal concentrations in field soils. Environ. Pollut. 144, 639–646. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.01.019>. (In Eng)
19. Isakov O.A., Akbasova A.D. Uskorennyy sposob kompleksnogo vermi-kompostirovaniya i vermikul'tirovaniya // Patent RF № 2577059. – 2016. – Byul'. №7. (In Rus)

20. Orlov D.S., Grishina L.A. Praktikum po himii gumusa: Ucheb.posobie. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1981, 272 s., s il. (In Rus)
21. GOST 26269-91. Pochvy. Obshchie trebovaniya k provedeniyu analizov. (In Rus)
22. GOST 28168-88. Pochvy. Otbora prob. (In Rus)
23. GOST 26623-85- GOST 26428-85. Pochvy. Opredelenie kationno-anionnogo sostava vodnoj vtyyazhki. (In Rus)
24. GOST 26213-91. Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva. (In Rus)
25. GOST RF 08-17/56. Metodika kolichestvennogo analiza prob pochv na soderzhanie cinka, kadmiya, svinca i medi metodom inversionnoj voltamperometrii. Tomsk, 1995. (Zaregistrirovano «KSMSO RMK» Almaty filialy, № 06/014-200, 7 iyul 2000 zh.) (In Rus)

**Y. Badyelgajy<sup>1\*</sup>, G. Onerkhan<sup>2</sup>, B.A. Kapsalyamov<sup>1</sup>,  
G.Y. Saspuugayeva<sup>1</sup>, Sh.N. Durmekbayeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

<sup>2</sup>Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Astana

<sup>3</sup>Sh. Valikhanov Kokshetau State University, Kazakhstan, Kokshetau

\*e-mail: guline@mail.ru

## **DAMAGE OF SOIL COVER DUE TO THE IMPACT OF TOURISM IN THE ALTAI MOUNTAINS**

This article presents the results of a study on soil cover damage caused by uncontrolled tourism in the Kazakhstan Altai and Mongolian Altai ranges. According to the expedition and laboratory work, it was determined that the soil cover of 182,7 km long territory in the Mongolian Altay range was damaged due to the ruts of vehicles and the trampling of tourists. More than 56,9% of these measured areas were completely destroyed, and 35,4% became rocky or desert. In the Altai ridge of Kazakhstan, the soil cover was damaged due to the formation of branch roads on an area of 705,7 ha, which was 55,3 km long. Approximately 84,4% of the total recorded area is moderately damaged and the growth of plants and grasses has decreased. During the determination of soil contamination with heavy metals, a total of 40 samples were taken from 8 coordinates and analyzed. The amount of lead and nickel in the soil has increased by 2-4 times due to the influence of tourism in both the Mongolian Altai Range and the Kazakh Altai Range. Cadmium element was not found at all. The content of other heavy metals such as chromium, copper, and zinc is slightly increased and accumulated at the bottom of the road. In both Kazakhstan and Mongolia, it was determined that the soil is polluted with heavy metals only by tourists' cars, as there is no mining, metallurgical plants, or resorts within 300 km.

**Key words:** Kazakhstan Altai Ridge, Mongolian Altai Ridge, soil cover, soil pollution.

Е. Баделгажы<sup>1</sup>, Г. Өнерхан<sup>2</sup>, Б.А. Капсалимов<sup>1</sup>, Г.Е. Саспугаева<sup>1</sup>, Ш.Н. Дурмекбаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

<sup>2</sup>Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан, Астана қ.

<sup>3</sup>Ш. Ұәлиханов атындағы Қекшетау мемлекеттік университеті, Қазақстан, Қекшетау қ.

\*e-mail: guline@mail.ru<sup>1</sup>

## **АЛТАЙ ЖОТАСЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ТУРИЗМ ӘСЕРІНЕН ЗАҚЫМДАНУЫ**

Бұл мақалада Қазақстандық Алтай және Монғол Алтай жотасындағы бақылаусыз туризм әсерінен топырақ жамылғысының зақымдануы туралы зерттеу нәтижелері ұсынылған. Экспедиция және лабораториялық жұмыстар бойынша Монғол Алтай жотасында барлығы 24,7 км-ге созылған 182,7 км аумақтың топырақ жамылғысының көліктердің тарам жол шығаруынан және туристердің аяғына тапталуынан зақымданғаны анықталған. Өлшенген бұл аумақтардың 56,9%-ы толық талқандалып, 35,4%-ы тастақ немесе шөлейтке айналған. Ал Қазақстандық Алтай жотасында барлығы 55,3 км-ге созылған 705,7 га алаңда тарам жолдар пайда болып, топырақ жамылғысы зақымданған. Өте жоғары талқандалып, зақымданған алаң жоқ. Есепке алынған барлық аумақтың 84,4%-ы орташа зақымданып, есімдік шөптер өсүі азайған. Топырақтың ауыр металмен ластануын анықтау барысында 8 координаттан барлығы 40 синама алынып, зерттеулер жүргізілп, талданған. Монғол Алтай жотасында да, Қазақстандық Алтай жотасында да туризм әсерінен топырақтағы қорғасын, никелдің мөлшері 2-4 есеге артқан. Ал кадмий элементі мұлдем кездеспеген. Басқадай хром, мыс, мырыш қатарлы ауыр металдың мөлшері аздал артқан және жолдың төмөнгі жағына жинақталған. Қазақстанда Монғолияда да бұлау мақта 300 шақырымның ішінде ешқандай тау кен өндірісі, металлургия заводы, курорттар орналаспағандықтан, топырақ ауыр металдармен тек туристердің автокөліктерімен ғана ластанып отырғаны анықталған.

**Түйін сөздер:** Қазақстандық Алтай жотасы, Монғол Алтай жотасы, топырақ жамылғысы, топырақтың ластануы.

Е. Баделгажы<sup>1</sup>, Г. Онерхан<sup>2</sup>, Б.А. Капсалямов<sup>1</sup>, Г.Е. Саспугаева<sup>1</sup>, Ш.Н. Дурмекбаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

<sup>2</sup>Казахский университет технологий и бизнеса, Казахстан, г. Астана

<sup>3</sup>Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан, г. Кокшетау

\*e-mail: gulin@mail.ru

## Повреждение почвенного покрова из-за воздействия туризма в горах Алтая

В данной статье представлены результаты изучения ущерба почвенному покрову от неконтролируемого туризма в хребтах Казахстанский Алтай и Монгольский Алтай. По результатам экспедиции и лабораторных работ было установлено, что почвенный покров территории протяженностью 182,7 км в Монгольском Алтайском хребте был поврежден из-за колей транспортных средств и вытаптывания туристов. Более 56,9% этих измеренных площадей были полностью разрушены, а 35,4% превратились в скалистые или пустынные. В Алтайском хребте Казахстана почвенный покров был поврежден из-за образования ответвлений дорог на площади 705,7 га, протяженность которых составила 55,3 км. Примерно 84,4% от общей зарегистрированной площади умеренно повреждены, а рост растений и трав снизился. Во время определения загрязнения почвы тяжелыми металлами было взято в общей сложности 40 проб из 8 координат и проанализировано. Количество свинца и никеля в почве увеличилось в 2-4 раза из-за влияния туризма как в Монгольском Алтайском хребте, так и в Казахском Алтайском хребте. Элемент кадмий вообще не был обнаружен. Содержание других тяжелых металлов, таких, как хром, медь и цинк, немного повышенено и накапливается в нижней части дороги. Как в Казахстане, так и в Монголии было установлено, что почва загрязнена тяжелыми металлами только автомобилями туристов, поскольку в радиусе 300 км нет горнодобывающих, металлургических заводов или курортов.

**Ключевые слова:** Казахстанский Алтайский хребет, Монгольский Алтайский хребет, почвенный покров, загрязнение почв.

## Introduction

The Altai Mountains are the largest mountain range in Central Asia, which stretches for about 2000 km on the borders of Russia, China, Kazakhstan, and Mongolia. The ecology of the Altai Range has a great impact on the world climate [1] and is considered a zone with high potential for tourism development [2]. The ecosystem has many threats from uncontrolled, chaotic tourism [3]. On Kazakhstan and Mongolian sides, there was planned to develop the main types of ecotourism, including mountain climbing, hiking, horse riding, traveling by car, and mountaineering [4-7]. However, due to the lack of infrastructure [8,9], there are unfavorable conditions for the environment, such as trampling of the soil surface due to an increased number of tourists, grass not growing due to damage to the soil layer, littering near tourist accommodations; animals being frightened and moving to other places due to loud noise in forested areas.

Tourists travel to worship a Besbogda mountain in Mongolian Altai. In Kazakhstan's Altai, tourist travel for a healthy drink "blood of deer antlers", and the beautiful nature of Katonkaragai national park. Tourists spend 3-4 days traveling Mongolian Altai and driving 580 km on dirt roads. In East Kazakhstan, tourists drive 1150 km to reach on Ra-

khman hot spring, Markakol, Zor Kerish, and Sibe lakes and spend 4-5 days on paved roads.

A total of 29 thousand domestic tourists traveled to Mongolian Altai in 2021 and 53 thousand domestic tourists until August 2022. In East Kazakhstan, 168 thousand domestic tourists, 181 thousand tourists in 2019, 121 thousand in 2020, 125 thousand in 2021, and 101 thousand until August 2022 traveled to the Katonkharagai, Ulan, Altai, and Bukhtyrma tourist zone [11].

There are a lot of papers about A large number of tourists trampling and damaging the soil cover in national parks. For example, Articles are written that study topic in the Lisia Góra Nature Reserve on the border of Poland [12], in Hulamuron of Inner Mongolia [13], in Zhangjiajie Geopark of China [14], in Turkey [15], in Borodur National Heritage of Indonesia [16], in Pakistan [17], in Kenya national parks [18]. A total of more than 900 articles can be viewed on this topic. Most of them are made in China. Even articles have been written about Italy's Vesuvius National Park [19], and China's ecotourism resorts to being contaminated with heavy metals such as Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Ni, and Cr [20] due to tourism. In addition, tourism indirectly affects environmental factors, thereby influencing the concentration of soil metals (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, and other heavy metals) as a result of a study conducted in Poyang wetland lake, China [21-22]. Tourism affects the in-

crease in soil temperature. The studies carried out in Kamchatka, it was written about the erosion of vegetation and densification of the seashores, destruction of the fertile soil, destruction of the habitat of animals, water and air pollution from tourist vehicles, and problems of tourist garbage [23].

Although we performed a thematic examination of 80% of the nearly 900 articles published in open scientific sources, and an abstract examination of about 190 articles, we did not find research information about the damage to the soil layer in the Altai Mountains. There was described as uncontrolled, hapless tourism as a rapidly growing threat in the Altai-Sayan territory [3, 24]. It can lead to the destruction of biodiversity, loss of recreational value of the Altai ridges, significant destruction of habitat, frequent forest fires, and accumulation of garbage.

It also shows that there have been no real scientific studies on the damage to the soil cover in the Altai Mountains due to tourism. Therefore, to research this topic, a special scientific expedition was organized in Mongolian Altai in August 2022 and Kazakhstan in September 2022 along the selected

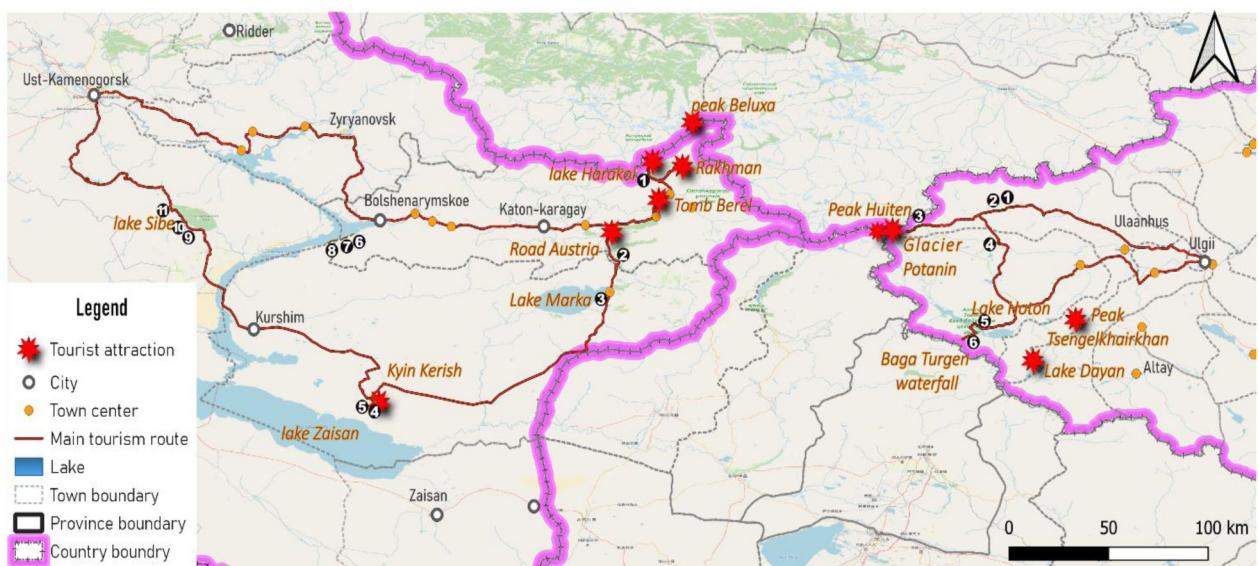
route. During the expedition, the size of the damaged areas was measured, soil samples were taken, and necessary information was collected.

The purpose of the research was to determine the extent of damaged soil cover along the route of the Altai mountain range, which is affected by tourists, and check the presence of heavy metals in the soil.

## Materials and research methods

In paper, using the following methodology to determine the damaged area of the soil cover due to tourism was used:

1. An expedition was organized in August 2022 in Mongolian Altai and September 2022 in Kazakhstan on the selected route. During the expedition in Mongolia, the team measured 6 damaged areas and determined the boundary coordinates of the damaged field with GPS. In Kazakhstan, the team measured 11 damaged areas and determined the boundary coordinates of the damaged field. The routes of the expedition are shown in Figure 1.



**Figure 1 –** Measured fields during the expedition and selected routes Mongolia, Kazakhstan

The following methodology was used to determine vegetation growth. According to the standard, a square is created on a 1m x 1,5 m area and counted the number of plant species and the determined percentage of vegetation cover in that area. If 10-30% of the 1m x 1,5 m area is barren with no vegetation,

the damage level is “low”, if it is 31-50% it is “moderate”, if it is more than 51% it is “very high”, if there is no vegetation, it is 100% damaged.

Samples for determination of soil contamination with heavy metals were taken from the extreme point of both routes. It was taken along the last 13

km of the road up to Tavanbogd, the most destroyed in the Mongolian Altai, along the roads up to the Rahman spring and Karakol in the Kazakhstan Altai. The sampled coordinates are shown on the map. The sample was taken from 2-5 coordinates according to the “envelope” method, and the amount of chromium (Cr), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn), nickel (Ni) in the soil was determined in the laboratory.

2. The received coordinates were entered into the Google Earth Pro 7.3 program, and the length area of the damaged valley and branch roads was measured. The result was checked for errors using QGIS 3.26.3 software, and the result was mapped. The research was conducted in the “Remote Sensing & ArcGIS” laboratory of the Institute of Geography, Geocology at the Mongolian Academy of Sciences.

3. Landsat data allow comparisons to be made, on multidecade time scales, of landscape changes due to human activity, such as soil cover damage, and changes in vegetation cover due to tourism. Landsat 8 and Landsat 9 have a higher imaging capacity, allowing more valuable data to be added to the Landsat global land archive of around 1,400 scenes per day. From the Landsat-8, and Landsat-9 satellite databases, images with less than 20% cloudiness from July-August 2010, 2015, and 2022 in the territory of Mongolia and Kazakhstan were

downloaded. Nomenclature number is Mongolia-M45-105, 118, 129, Kazakhstan M45g, M45b. EIC dates and space images from the laboratory were used. At this stage of research, space images were processed in the following order using the “remote sensing” method.

Downloading images from the Landsat-8, and Landsat-9 satellite database on the open source (Time in August 2010, 2015, 2022) → superimposing “Band 2, 3, 4” on “Band 1” (Resolution 30 m) → the main ones at 3 different times preparing images → Overlaying the main images with Band-5 → if no change is observed, overlaying with Resolution 15-meter “Band-9” → Repeat changing the month and day until a change is noticed → Converting the image with a change to the ENVI program and analyze by radiometric.

## Research results and discussion

**Soil cover damage.** We organized an expedition along these routes in Mongolian Altai in August 2022 and collected the necessary data.

Since the entire stretch of this route in the Mongolian Altai is not paved with asphalt, the roads are especially rutted and the soil layer is damaged a lot (figure 2).



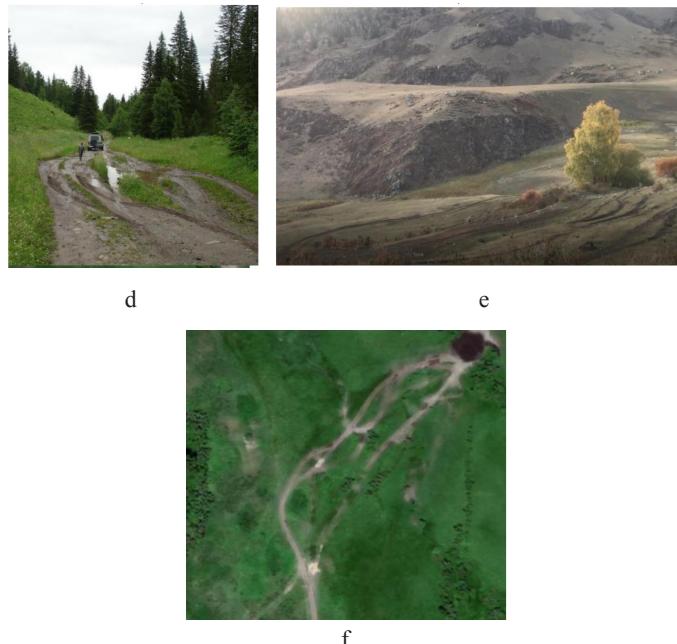
a



b



c



**Figure 2 – Damaged areas of soil cover in the Altai mountains**  
 a) Mongolia-Tavanbogd b) Mongolia-Songinot Pass c) sampling, d), e) Kazakhstan, Karakol-2018 and 2022.  
 f) Branching of the road to Abylaikit, Google Earth image taken from 650 m sea level, 2022

As the number of tourists increases, the number of branch roads increases; the 580 km long route was branched at least 2 times and at most 27 times. However, we saw that many of these roads have been used by the local people for a long time and have been branched off for a long time. The authors of the research have already traveled along this route several times, so they know the damaged places that have appeared in recent years. Therefore, only the areas damaged by tourists were measured and coordinates were obtained.

In recent years tourists built new roads through Songinot Pass to Tavanbogd. Before locals used another way. And Tourists created a new road short way from Tavanbogd to Hoton lake, Baga Turgen waterfall, by crossing the high passes.

Over the last 3 years, tourists have made 101 km of new roads along this route. For example, 66.3 hectares belonging to the hayfield area were damaged because the new tourist road over the Songinot Pass through the hayfield and the soil layer was washed away by the rainwater that flowed through the roads. As a result, in 2022, the grass did not grow here, it remained dry. There are places where tourists stop to have a rest and take pictures. Such sites include the monument above the Songinot pass, the vicinity of the President's ovoo worship (number 3 on the map), and the vicinity of the Akgol bridge (number 4 on the map). Such areas have been trampled by

tourists and cars turned into sandstones. In recent years, no grass has grown on the trampled lands. We visually identified such areas, created a 1m x 1,5m square for the area according to the MNS5546:2005 [25] standard, and determined the number of plant species and the percentage of plant cover in that area. It was estimated that there are 182,7 hectares of land, which is 24,7 km along the road, and about 60 square samples have been created.

In addition, there are many cases of vehicles getting stuck in muddy areas at the foot of the high mountains. A total of 1,1 hectares out of 6 especially destroyed territories, the area of which does not exceed 20-50 courts, were measured, but not marked on the map; 103 hectares along the 13 km road to the President ovoo worship (number 3 on the map) were especially destroyed.

In the areas where tourists mainly stay, the soil layers are moderately damaged. For example: since there are no resorts on the shores of Lake Hoton (number 5 on the map), guests can stay here with tents and open fires. As a result, the grass on the 6 km long lake shore began to become barren and rocky.

An expedition was organized along the Kazakhstan Altai Route on September 21-26, 2022. Since 90% of all roads are asphalted, there are very few branching roads compared to Mongolia. However,

due to the difficulty of the road, there is a branching of roads in places where asphalt is not laid, or in the vicinity of tourist facilities, on the shores of lakes. For example, from Karayrik to Karakol shown in the picture below, since it is impossible to lay asphalt, roads have been branched and meadows destroyed to bypass some swampy areas. Such roads that cannot be paved with asphalt are 15 km up to Rahman spring, and the roads up to Burkhaty on the Austrian road are built on the side of the mountain, so there is no possibility of branching. However, a 2,1 ha area near Burkhaty lake was particularly damaged (number 2 on the map) and the soil layer was washed away, so we thought that this was a phenomenon caused by tourists in the last years. In the 90 kilometers above Burkhaty to the village of Markakol Uriankhaika, there are branches in some places, but we did not take into account that it is unreasonable to say that the soil layer has been damaged by tourists because it has been used since 20 century. In addition, a new 6.7-km tourist road was created on the beach of Markakol (number 3 on the map), the village of Uriankhaikha. On this beach, tourists camp with their tents and make open fires. We estimated the entire area along the coast to be 4,6 hectares.

Most of the domestic tourists from Kazakhstan like to bathe in the lake and rest on the beach. In recent years, the residents of the city have been looking for warm beaches on the shores of Buktarma instead of Alakol lake. In last years, the number of visitors to the "Goluboi Zaliv" of Buktarma, where many tourists come here, has decreased, and they used to go to the beach of Svinchatka. The main reason is that the water in Goluboi Zaliv is cold and there is no sandy beach. And the beach of Svinchatka, like the beach of the Maldives with white sand,

is suitable for bathing in the lake and sunbathing. Therefore, in July and August, it has become normal to see a group of tourists stretching 6-7 km along the beach of the lake near the village of Svinchatka (number 6,7,8 on the map). As a result, the soil of the meadows on the beach has become compacted, and the roads have started to be damaged. However, it is very little damaged compared to other areas.

There are the black and dark brown soil of the mountain is covered with many combs, types of grass, and meadows. Such places are less damaged by machinery and recover quickly. However, areas with stony desert soil are quickly damaged by human and animal trampling. For example, Kerish, Kyzyl Kerish tourist object belongs to the paleontological region, so the soil surface is covered with little green vegetation, desert, and soft sand. Therefore, this area is damaged by tourists' trampling. After going down the highway for a while, there are rutted roads, soil damage, natural erosion, and a large area of small sand accumulation in the area of 4,3 km. We measured its size as 387 hectares (number 4 on the map). In addition, near Kyzyl Kerish (number 5), 101 hectares of roads were branched and the soil layer was damaged.

The following conclusions were clear from the first and second stages of research. The measured areas were divided into 4 categories depending on the percentage of plant growth.

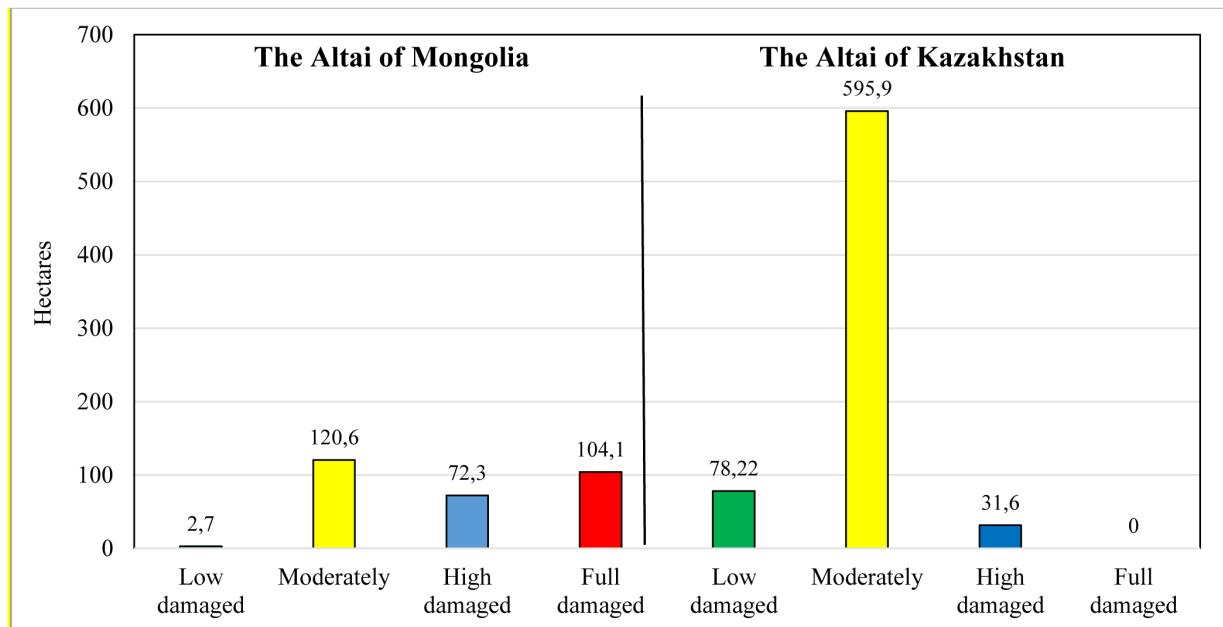
In the Mongolian Altai, 182,7 hectares of land with a total length of 24,7 km were damaged by tourists' vehicles. However, the soil cover is damaged at different levels. In some places, the soil is simply compacted, while in other places, the soil layer is destroyed. Therefore, we divided all the measured areas into 4 groups (table 1, figure 3).

**Table 1 – Basic information on the measured areas in the expedition**

Names of lands	Start of coordinate	End of coordinate	Percentage of vegetation	Length	Territory and level
<b>Altai of Mongolia</b>					
1) Under the Songinot Pass	49°16'13.27" N 88°35'49.81" E	49°17'7.45" N 88°39'11.02" E	60-75%	Along the road 5100 m	66,3 ha
2) Songinot pass	49°16'18.42" N 88°35'11.79" E	49°16'17.76" N 88°35'25.29" E	50-65%	The square is 250 m wide	6,0 ha
3) The road to the Presidential ovoo	49° 8'43.51" N 87°59'31.04" E	49°11'4.36" N 88° 5'34.13" E	100%	Along the road – 13 km	103 ha
4) The beach of the Akgol bridge	49° 4'37.00" N 88°35'42.35" E	49° 4'43.30" N 88°35'41.86" E	30%	The square is 130x200m long on the river beach	3,6 ha
5) The beach of Hoton lake	48°34'17.62" N 88°29'11.24" E	48°35'59.96" N 88°25'34.08" E	30-35%	6.0 km along the place on the lake beach	117 ha
6) The parking site of Baga Turgen	48°31'38.48" N 88°24'21.76" E	48°31'42.40" N 88°24'28.74" E	10-15%	200 m wide	2,7 ha

Продолжение таблицы

Places where cars were destroyed due to getting stuck in the mud	-	-	100%	Total 6 places	1,1 ha
Total				24.7 km	182,7 ha
<b>Altai of Kazakhstan</b>					
1) The road from Kara Ayrik to Karakol	49°26'57.68" N 86°20'39.46" E	49°33'33.84" N 86°18'15.05" E	60-65%	Along the 22 km road that goes up to the lake	8,8 ha
2) Near Burkhaty Lake	49° 8'28.54" N 86° 2'17.92" E	49° 8'35.13" N 86° 2'16.82" E	75%	The proof roadside	2,1 ha
3) The beach of Marka lake	48°47'0.05" N 86° 1'12.91" E	48°44'48.86" N 85°57'19.11" E	30-45%	Along the 6.7 km road on the lake beach	4,6 ha
4) Paleontological site Khyin Kerish	48° 9'34.04" N 84°26'25.11" E	48° 7'58.99" N 84°29'3.45" E	30-45%	Along the road 4.3 km	387 ha
5) Red Kerish	48°10'5.28" N 84°24'27.1" E	48° 9'22.97" N 84°25'0.96" E	30-45%	Along the road 1.5 km	101 ha
6) 1 <sup>st</sup> beach of Svinchatka	49° 7'53.93" N 84°19'53.65" E	49° 7'17.61" N 84°18'27.28" E	10-15%	Along the road 2.2 km on the lake beach	9,82 ha
7) 2 <sup>nd</sup> beach of Svinchatka	49° 6'59.40" N 84°17'26.25" E	49° 5'57.33" N 84°14'20.77" E	5-10%	Along the road 4.5 km on the lake beach	28,3 ha
8) 3 <sup>rd</sup> beach of Svinchatka	49° 5'44.47" N 84°13'16.32" E	49° 4'41.06" N 84° 9'14.33" E	10-12%	Along the road 5.8 km on the lake beach	35,5 ha
9) 1 <sup>st</sup> lake of Sibe, Khorjinlake	49°25'24.95" N 82°39'6.21" E	49°25'37.58" N 82°39'35.10" E	40%	Along the road 0.7 km on the lake beach	11,1 ha
10) 2 <sup>nd</sup> lake of Sibe, Shalkhar lake	49°25'52.10" N 82°37'42.21" E	49°25'29.77" N 82°38'50.40" E	40-45%	Along the road 5.8 km on the lake beach	96,8 ha
11) Monastery ruins of Ablai king	49°27'8.52" N 82°33'4.82" E	49°27'47.56" N 82°33'54.67" E	60-75%	Along the road 1.6 km on the lake beach	20,7 ha
Total				55,3 km	705,7 ha

**Figure 3 – Level of damaged area (hectares)**

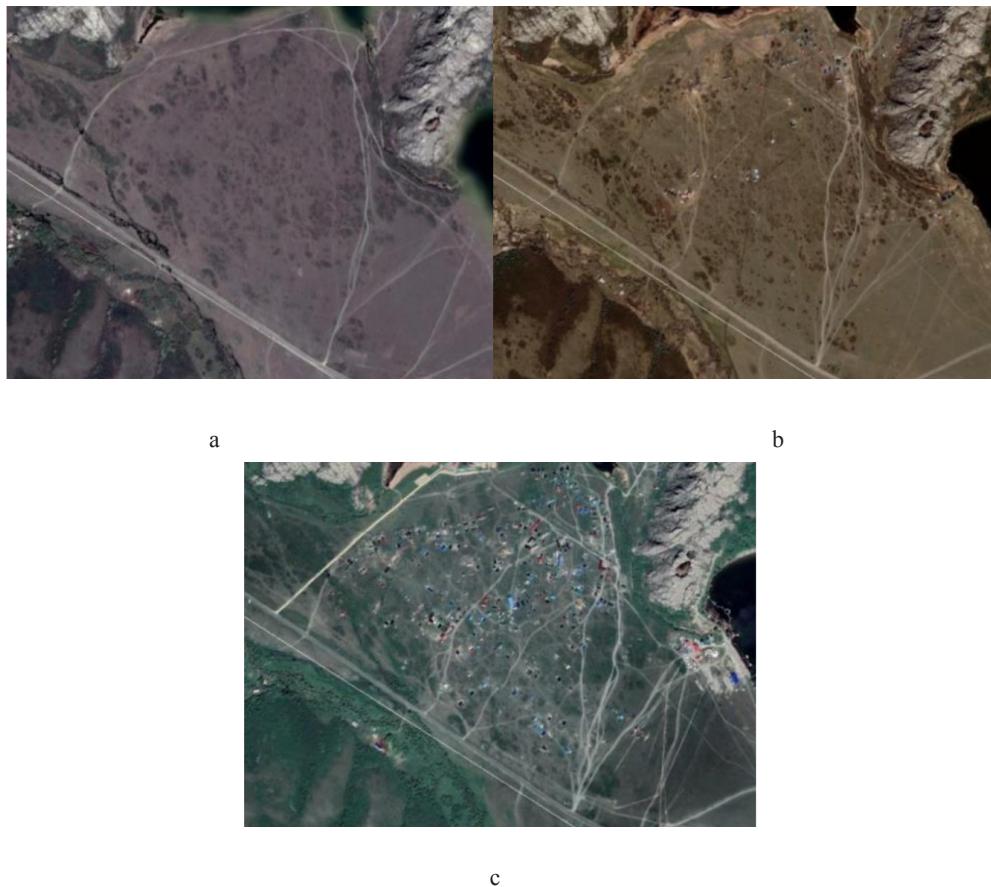
(Low damaged = the soil is compacted, Moderately = plant, grass growth is reduced, High damaged = deteriorated into a stony or desolated area, Full damaged = No vegetation completely crushed)

There are no very highly destroyed and damaged places along the route in the Altai of Kazakhstan. Approximately 84,4% of the total measured area is moderately damaged; the growth of plants and grasses has decreased. The soil of the area of 78,22 hectares was compacted on the beach of Svinchatka and Markakol lakes. In the Mongolian Altai, 56,9% were destroyed; 35,4% deteriorated into rock or desert.

In the third step, we tried to monitor the change of the damaged areas from the satellite images according to the above methodology. If the change of the vegetation layer covers a large area, the remote sensing method can show the areas affected by the change through satellite images of each year. Therefore, we concluded that it is possible to map the damage process by changing the vegetation layer of 18 areas every 5 years.

However, from the Landsat-8 and Landsat-9 satellite images, the nomenclature fields of Mongolia M45-105, 118, 129, Kazakhstan M45g, and M45b are mostly cloudy images. At these sites, 70-80%

of the images taken in a year are full cloud and very few images are taken. In some nomenclature, the number of pictures does not reach 20 in July and August. Therefore, without limiting the annual interval to 5 years, we considered Landsat-7 satellite images from 2000, and Landsat-5 satellite images from 1984-1995 from some areas. Due to drought in 2004, 2014, and 2022, only cloudless pictures taken in May and June were found. We couldn't find any satellite images for August that we wanted. Although we downloaded the images of May and June and prepared the main image by overlaying bands 1-4, no change in the vegetation layer was observed. In a word, in 17 out of 18 sites marked during one expedition, no trampled, crushed (other) traces were found. It has been fully proven in practice that no damage to the vegetation layer can be seen from the satellite images of May and June. And there was no chance to overlap with Resolution 15-meter "Band-9". Tertiary studies failed 95%. The only successful image shows clearly how tourism affects the soil cover (figure 4).



**Figure 4 – The soil layer of the shore of Lake Sibe under the influence of tourism damage**

a) 2004 b) 2014 c) 2022

Sibe's 5 lakes are one of the main visiting areas for locals of Ust-Kamenogorsk during the summer. The figure-4 clearly shows how the 96,8 ha area on the Korzhynkol coast has changed. In this area, the growth of the plant layer decreased by 30-40%, and the grass grew low and barren. Such areas can be seen near Lake Shalkar.

In general, due to the emergence of a settlement with a lot of resorts and rental houses near Korzhynkol, the open fields in the middle of the resorts and the beach of the lake have especially deteriorated and the vegetation layer has been damaged. Although there are many branches near Tortkara Lake, but the soil layer is not damaged. One of the tourist objects near the 5 lakes of Sibe is the ruin of the Buddhist temple named Ablaikit. To get to this object from the main way, the 1.6-km road has been particularly narrowed and the soil layer damaged to cross the muddy areas of the river. In recent years, crops have been planted here, but in some places, crops have been damaged to the extent that they cannot grow.

**Environmental impact:** We have seen that the soil has been compacted in the areas marked in the green category in figure 4 above. As a result of soil compaction, the following environmental damages will occur.

1) During compaction, the volumetric mass will increase and the porosity will decrease, which inhibits the development of the root system of the plant, supply of moisture to plants decreases;

2) Deterioration of water-physical properties of the soil such as moisture capacity, porosity, rate of water absorption, and water permeability is observed;

3) Aeration and biological processes will decrease;

4) Surface flow of water and washing of fine soil will increase; Soil fertility decreases on average by 5-20% or even more.

The compaction of the soil (even deep in black soil) may exceed 1,3-1,35 g/cm when the vehicle passes through it. This is the upper limit of optimal compaction for the growth of many crops. When the hardness reaches this upper limit (that is, 20 kg/cm), the amount of air in the field layer decreases by 15% from the critical level, and the water permeability of the soil decreases to 40-30 mm/h.

During the months when there are a lot of tourists, several people walk through these places. In some places, tourists choose the best place and create a new branch road. As a result, important properties of the soil for the growth and develop-

ment of plants, such as density, hardness, air, and water permeability, deteriorate sharply. The degree of this deformation depends on its initial state. That is, the density and humidity during the passage of the equipment, the amount of contact pressure on the soil, and the frequency of exposure are important. Soil compaction is most dangerous when the soil is saturated with water in autumn and spring. The degree of compaction in summer depends on the amount of precipitation. Soil moisture at the time of technology exposure is an important factor that determines the degree of compaction under that load. The depth of deformation determined by the above-mentioned factors, as well as the unit mass of the equipment, axial pressure, and tension at a depth of 50 cm varies from 20-30 to 50-60 cm. As a result, the growth of plants decreases by 15-30%.

If the compaction of the soil is up to 1,0-1,1 g/cm "normal" or weak, if it is 1,3-1,5 g/cm "medium", if it is 1,5-1,6 g/cm and more, compaction is considered strong. When the compaction reaches a strong degree, the growth of the plant cover decreases to 50-60%. The consequences of one-time intensive compaction remain for 2-5 years [25]. It is impossible for plants to grow in soil that is compacted after several years. Therefore, we can say that the soil is trampled and plant growth is reduced under the influence of tourism as "soil cover damage". And the situation of the places where the roads are broken and the clay swamps are completely overturned is understandable. It would be enough to show a picture and write that "tourism is damaging the soil cover" without conducting scientific research in such places.

**Heavy metal pollution of the soil:** Samples for determination of heavy metal pollution of the soil were taken along 5 coordinates along the last 13 km of the road going up to Tavanbogd, the most destroyed mountain in the Mongolian Altai. In Kazakhstan, it was taken from 1 coordinate up to Karakol, and from 2 coordinates up to the Rahman spring. The sample was taken over the road, 2 meters from both sides of the road, 5 meters from 1 coordinate, according to the "envelope" method, a total of 5 samples were taken from 1 coordinate in the Mongolian Altai, and 15 samples were taken in the Kazakhstan Altai.

Chromium (Cr), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn), and nickel (Ni), all 6 elements were determined in the soil, according to atomic spectrometer absorption methods in "Nart" soil laboratory, Ulaanbaatar. The standard amount of heavy metal in the soil was compared according to the stan-

dard of Mongolia "MNS 5850:2008 named "Soil quality. Soil pollutants elements and substance". It was determined that the physical composition of the soil near Tavanbogd is 30-35% (<0.01 mm) and that it is clay-swamp soil.

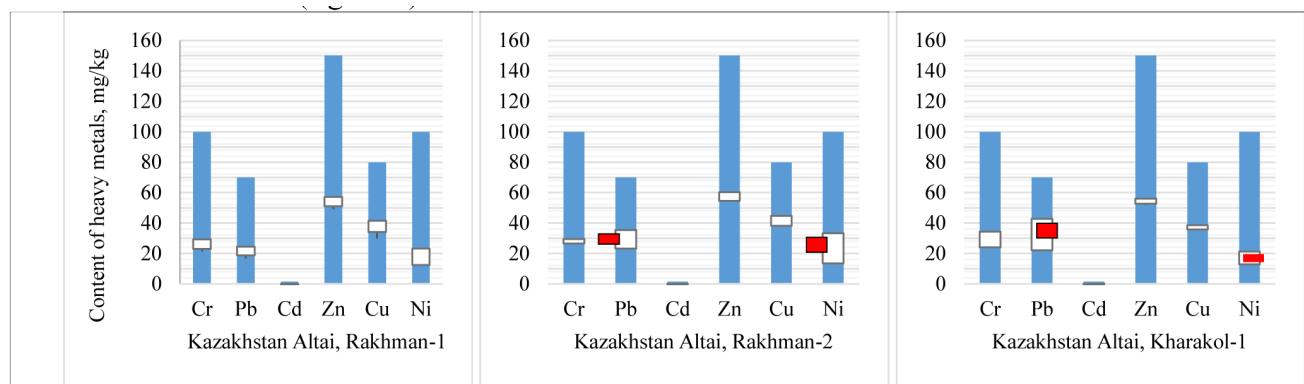
"Coordinate-1,5" is a parking place for tourist cars in Mongolian Altai. The soil taken from the 4 ends of the area of about 1 ha was well mixed and compared with the clean soil indicator taken 20 meters away from the parking.

In figure 5 below, the standard indicator according to MNS5546:2005 [25] with a blue column is not considered to be at a critical level unless this line is exceeded. We have shown heavy metals in clean soil and normal levels in the white column. As the size of the band increases, it indicates the presence

of heavy metal contamination. The amount of contamination is marked with a red column.

The amount of chromium in the clean soil of the Mongolian Altai is about 19,0-21,2mg/kg in 5 coordinates, while it is 17,3-22,4 mg/kg in some places along the road; 27,6-29,3 mg/kg at a distance of 5 meters below the road. That is, it is 8,1-8,6 mg/kg more than the amount of chromium in clean soil. This is proof of the accumulation of heavy metals in one place by soil layer leaching.

While the amount of lead in clean soil is 16,7-20,6, on the road it is 13,9-25,0 mg/kg at different levels; below the road, it reached 20,5-45,5 mg/kg. Even in coordinates 3 and 4, 2 times more lead was found than in clean soil. This indicates that there is heavy metal pollution. Cadmium metal contained in oil was not found in the soil.



**Figure 5 – Heavy metal levels in soil in the Mongolian Altai**

(Blue column is a critical level of heavy metals by MNS 5850:2008 Standard, White column shows a heavy metal level of clean soil. The red column shows the level of sampled soil. If the amount of heavy metals in the sampled soil is 2-3 times higher, it is colored red)

The level of zinc in clean soil was 42,0-42,8 mg/kg, while on the road it reached 42,7-76,2 mg/kg. The amount of zinc in coordinate 3 was 2 times more than in other coordinates. In coordinate-2, zinc was contaminated with 31,6 mg/kg, i.e. 2 times more than the normal level; it increased by 17,1 mg/kg in coordinate-1 and 15,6 mg/kg in coordinate-4.

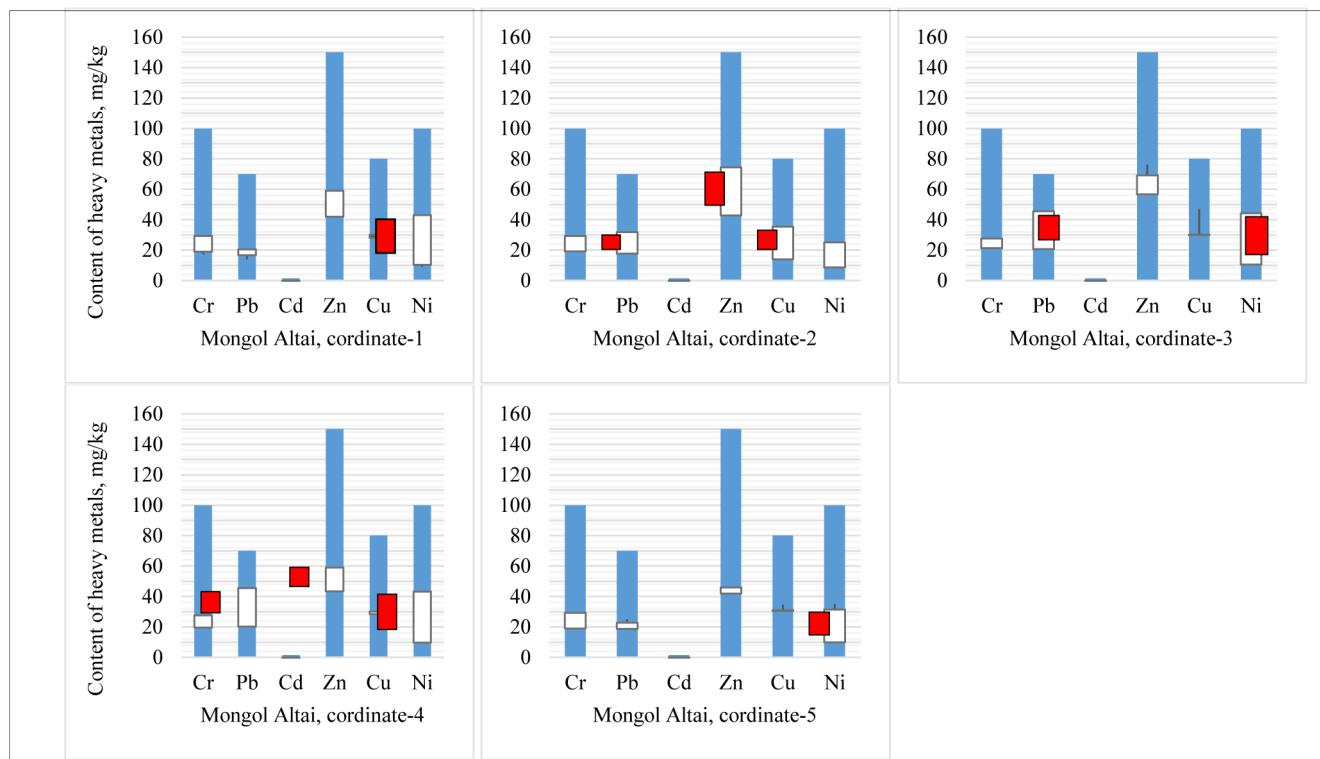
The amount of copper in clean soil was 30,2-30,9 mg/kg, but on the road, it increased to 0,8-17,0 mg/kg. However, at the lower end of the line, coordinate-2 dropped to 14mg/kg.

Nickel is a type of heavy metal that pollutes the soil heavily. Although the amount of nickel in clean soil was 8,6-10,4 mg/kg, it reached 21,1-34,9 mg/kg-ha (excluding coordinate-1) on the road and increased by 2-3 times the normal amount. On the

edge of the road, it reaches 16,1-33,7 mg/kg, that is, 2-4 times bigger.

Chromium (Cr), lead (Pb), zinc (Zn), and nickel (Ni) content is slightly or 2-4 times higher than the normal level in all 5 sampled coordinates, and most of them are collected below the road. 5 meters from the road means that the vegetation layer is taken from the undamaged areas, so it can be seen that the heavy metals that have entered through the vehicles are the result of the melting of the snow water, and the heavy metals that have fallen on the roads due to the wind are washed away and collected below the road. Below the road, the amount of heavy metal increased by at least 2,1mg/kg.

The following information was obtained from a sample taken from 3 coordinates in Kazakhstan's Altai (figure 6).

**Figure 6** – The level of heavy metals in the soil of Altai, Kazakhstan

(Blue column is a critical level of heavy metals by MNS 5850:2008 Standard, White column shows the heavy metal level of clean soil. The red column shows the level of sampled soil. If the level of heavy metals in the sampled soil is 2-3 times higher, it is colored red)

Chromium level is 23-26,6 mg/kg in 2 coordinates taken along the road to Rahman spring, while on the road it is 21,3-28,7 mg/kg, i.e. at a normal level. Below the road, it is 3,3-6,3 mg/kg more than the normal level; cadmium metal was not found here either. The amount of zinc was 51,0-54,7 mg/kg, slightly decreased in coordinate-1 to 49,1 mg/kg, in coordinate-2 it reached 58,3 mg/kg, and on the road, it reached 60,4 mg/kg. The amount of copper in clean soil is 34,2-38,2 mg/kg, on the road it is 30,0-39,0, and below the road, it slightly increases to 41,5-44,8 mg/kg. This is evidence of heavy metal dissolution and accumulation here.

While the amount of lead in clean soil reaches 18,7-23,2 mg/kg, above the road it is 25,6 mg/kg, below the road it is 2 times higher, i.e. 12,5-15,8 mg/kg. If the amount of nickel is 12,4-12,8 mg/kg in clean soil, 14,7-17,1 mg/kg more on the road; below the road reaching 23,3-33,3 mg/kg indicates that there is pollution. Lead pollution of the soil is both in the Rahman spring and in Karakol.

In Karakol, the amount of nickel increased by 7,4 mg/kg below the road. Although the amount of lead, zinc, and chromium is normal, it can be seen that it has been washed away and collected below the road.

In general, the amount of lead and nickel in soil has increased by 2-4 times due to tourism in Mongolian Altai and Kazakhstan Altai. Cadmium element was not found at all. Other heavy metals such as chromium, copper, and zinc have slightly increased and accumulated below the road.

There is no mining or the metallurgical industry within 300 kilometers of this territory in either Kazakhstan or Mongolia. If we consider that these places are 60-120 km away from urban areas, only cars pollute the air and soil here. There are no large resorts to pollute the air and soil.

Therefore, we can say without a doubt that the level of some heavy metals in the soil here has increased by 2-4 times directly due to tourist vehicles. Even if it has not yet reached a dangerous level, a

2-4 times increase in 5 years can be a full reason to say that it is “contaminated with heavy metal”.

The lead here consists of cheap, non-environmentally eco gasoline, which is widely consumed in Mongolia and Kazakhstan. A80 gasoline contains 0,17g/l, A93 – 0,37g/l of lead [27]. Most of the vehicles serving tourists here are UAZ cars that use A80 gasoline, or powerful cars that use A93. Driving slowly with maximum power causes gasoline to burn prematurely and emit even more toxic gases. A car traveling at a speed of 31,7 km/h emits 1,11 g/h or 0,035 g/km of lead. Zinc is abundant in electric batteries [28]. In Mongolia, nickel alloys are widely used for painting and masking cars. Therefore, we can say that the heavy elements here fell into the soil directly through cars.

If we take into account that there are a lot of tourists on this road only in July and August and that it is washed away by snow and rainwater, if it continues like this, it can be assumed that the pollution will exceed the standard indicator and reach a dangerous level in the next 4-5 years.

## Conclusion

Studies were conducted on the hypothesis that the soil layer may have been damaged by uncontrolled, careless tourism and that the soil may have been poisoned with heavy metals by vehicles. As a result, the volume of the damaged soil was measured, and it was found that the heavy metal in the soil is increasing. After summarizing the data, an accurate assessment of the environmental impact was given.

According to the expedition and laboratory work, it was found that the soil cover of 182,7 km long territory in Mongolian Altai was damaged by vehicles and trampling by tourists; 56,9% of these measured territories were destroyed, and 35,4% became rocky or desert.

In Kazakhstan, the soil cover was damaged due to the formation of branch roads on an area of 705,7 ha, which was 55,3 km long. There is no very high

crushed and damaged area; 84,4% of the total recorded area is moderately damaged and the growth of plants and grasses has decreased; the soil of 78,22 ha area was compacted on the banks of Svinchatka lake and Markakol.

To monitor the change in these areas, the study of finding damaged areas from satellite images and measuring the change using remote sensing was unsuccessful. Many of the satellite images here are clouded, and very few stored satellite images fail for a variety of reasons, such as the timings of the stored images not matching the same time as the monitoring.

During the determination of heavy metal contamination of the soil, a total of 40 samples were taken from 8 coordinates, and 24 of them were tested in the “Nart” soil laboratory in Ulaanbaatar.

As a result, it was found that due to tourism in the Mongolian Altai, the surface of the soil is being polluted in a small amount by the fumes released from the tourist vehicles. Chromium (Cr)-6,4-8,1 mg/kg, lead (Pb)-0,1-24,9 mg/kg, and copper (Cu)-0,7-5,1 mg/kg are more than normal. higher with zinc (Zn)-0,8-11,5 mg/kg, nickel(Ni)-21,1-34,9 mg/kg. In general, lead has increased 2-3 times in 3 coordinates, zinc has increased 2 times in 2 coordinates, and nickel has increased 2-4 times in 4 coordinates. It is seen that the amount of heavy metals in the soil has changed due to leaching by snow and rainwater. However, this indicator does not apply to contaminated soil according to the Mongolian National Standard.

The 1 of heavy metals increased in soil samples in Kazakhstan. In samples from Rahman spring, Karakol, lead increased by 12,5-15,8 mg/kg, i.e. 2 times, compared to pure soil. And the amount of nickel increased by 8,6-16,21 mg/kg from clean soil.

Since there is no mining ore production within 300 km of this territory in Kazakhstan and Mongolia, we can definitely say that the pollution is directly caused by tourism vehicles. If this continues, in the next 5 years, the amount of lead, zinc, and nickel will increase by 2-4 times and reach dangerous levels.

## References

1. Aizen, E., Aizen, V., Melack, J., Nakamura, T. & Ohta, T., “Precipitation and atmospheric circulation patterns at mid-latitudes of Asia”. *Climatology*, (2001): 535-556.
2. Braden K., Prudnikovae N., “The challenge of ecotourism development in the Altay Region of Russia.” *Tourism Geographies*, no 1 (2008): 11-21.
3. UNDP & GEFG of Russian Federation, “Biodiversity Conservation in the Russian Portion of the Altai-Sayan Ecoregion,” Ministry of Natural Resources (MNR) of the Russian Federation, 2011.

4. Ердавлетов С.Р, Туризм Казахстана: –Алматы: Басрай, 2015. С.78.
5. Government of Mongolia, "The Master plan of tourism development in Mongolia. 1995-2005, Resolution of the Government of Mongolia, No. 167 of the 1996 year," Ulaanbaatar, 1996.
6. Great Khural of Mongolia, "Concept of sustainable development of Mongolia-2030," Ulaanbaatar, 2016.
7. Great Khural of Mongolia, "eVision-2050» Long-term Development Policy of Mongolia," Great Khural of Mongolia, Ulaanbaatar, 2020.
8. Chlachula J., Zhensikbayeva N., Yegorina A., Kabdrakhmanova N., Czerniawska J., Kumarbekuly S., "Territorial assessment of the east Kazakhstan geo/ecotourism: Sustainable travel prospects in the southern Altai area," *Geosciences (Switzerland)*, no 1 (2021): 5-11.
9. JICA&MTD, "Mongolian Tourism master plan," JICA, Ulaanbaatar, 1999.
10. 167th military unit of the Mongolian Border Department in the Bayan-Olgii province, «Monthly report of tourist, transport to travel to the Altai Besbogda Nature Reserve.» by letter, Ulgi, 2022.
11. National Statistic Bureau of the Republic of Kazakhstan, «Report of domestic tourism in regions of Kazakhstan (sum of 4 tourism regions),» www.stat.gov.kz, Astana, 2022.
12. Iwona Makuch-Pietraœ, Natalia Piéta, «Impact of recreation and tourism on selected soil characteristics in the Lisia Góra Nature Reserve area (south-east Poland),» *Soil Science Annual*, vol. 68, no. 2, pp. 81-86, 2017.
13. Wen Jie Li, Tie Hong Wu, Xiao Jia Li, «The Effects of Tourism Interference on the Soil of Grassland Tourist Spots – A Study of Gold Saddle Tourist Spots of Xilamuren Grassland in Inner Mongolia,» *Advanced Materials Research*, Vols. 610-613, pp. 3034-3041, 2012.
14. Qiang Shi, «The impact of tourism on soils in Zhangjiajie World Geopark,» *Journal of Forestry Research*, vol. 17, no. 2, pp. 167-170, June 2006.
15. Baysan Sultan, «The attitudes of tourism establishments toward the development of tourism and toward tourism's impact on the environment in Ören (Milas), Türkiye,» in *Natural Environment and Culture in the Mediterranean Culture*, Natural Environment and Culture in the Mediterranean Culture, 2008.
16. Dwi Harsono, Ibnu Wijayanto, «Integrated tourism policy: The Buffer area development impact of Borobudur world heritage,» *Informasi*, vol. 52, no. 1, 2022.
17. Zaibunnisa Khan, Fazeelat Masood, Mubashir Ali Khan, «Tourism Impact Dimensions, Residents' Quality of Life and Support for Tourism in Hunza Valley, Pakistan,» *European Journal of Tourism Hospitality and Recreation*, vol. 11, no. 2, pp. 195-209, 2022.
18. Josphat Belsoy, Jacob Yego, «Environmental Impacts of Tourism in Protected Areas,» *Journal of Environment and Earth Science*, vol. 2, no. 10, 2012.
19. Valeria Memoli. EspositoF. Speranza C. Panico, «Evaluation of tourism impact on soil metal accumulation through single and integrated indices,» *Science of The Total Environment*, vol. 682, no. 2, May 2019.
20. Qifa SunZhuoan SunJianheng Wang, Wei Zhu, «Heavy metal pollution and risk assessment of farmland soil in eco-tourism resort,» *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 15, no. 6, p. 156, 2022.
21. Jinying Xu, Xiaolong Wang, Jingbo Wang, Chunhua Hu, «Dominant environmental factors influencing soil metal concentrations of Poyang Lake wetland, China: Soil property, topography, plant species and wetland type,» *Catena* 207(4):105601, vol. 204, no. 4, December 2021.
22. Chuvilin A.G. «The influence of tourism on the components of the natural environment of Kamchatka Territory,» Petropavlovsk-Kamchatsky, 2020.
23. Jennifer Castner, «The Golden Mountains of Altai,» Altai Alliance, 2019.
24. Babina Yu.V., Moskvín V.V. Ékonomiçeskaya geografiya Rossiï, Moskva: GENFRA-L, 1999. P. 654.
25. Sabralev N.S, Rğızbaeva N.T, Nurlanqızı U., Qorşağan ortanı avtokölükterdiñ ziyandy şigarındılarınan qorǵaw, Almatı: JSS Lanter Treyd, 2021. P. 258.

**2-бөлім**

**ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ  
БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҮРФЫНДАР ДЕНСАУЛЫҒЫНА  
ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

---

**Section 2**

**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL  
POLLUTION ON BIOTA AND HEALTH**

---

**Раздел 2**

**ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ  
ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

**К.К. Айтлесов<sup>\*</sup> , К.М. Аубакирова , З.А. Аликулов**

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

\*e-mail: enuter@yandex.kz

## **АУЫР МЕТАЛ ТҮЗДАРЫНЫҢ ПРАЙМИНГТЕУ АРҚЫЛЫ АРПА ӨСКІНДЕРІНІҢ ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

Мақалада кадмий және қорғасын түздарының әртурлі концентрацияларының арпа өсімдігі өскіндерінің өсуі мен дамуына әсері зерттелді. Қорғасын мен кадмий иондарының әсеріне өскіндердің жауабы ретінде олардың ылғал және құргақ биомассасының жинақталу өзгерістері, өскіндердің биіктігі, сонымен қатар тірі қалуы бағаланды. CdCl<sub>2</sub> және Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> күшті үйтты әсер ететін ауыр металлдар тобына жататындықтан, оларды жекелей енгізгенде өсімдіктің ылғал және құргақ биомассасының жинақталуынан бәсендеге байқалып, өскіндер биіктігінің төмендеуі және дамудың баяулауына әкеліп отыр. Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 0,5-10 mM концентрацияда өскіндерді ингибириле 2-10 есе төмендетсе, CdCl<sub>2</sub> арпаниң өскіндеріне жоғары концентрациядағы әсері құргақ массасының жинаулын тоқтатуға әкелді. Арпа өскіндерінің қорғасын және кадмий түздарының төмен концентрациясымен себер алдында өңдеу, олардың металдарға төзімділігін артырады және болашақта осы заттардың жоғары концентрациясының әсерін зақымданусыз және өсу процестерінің аз тежелуімен тасымалдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар бұл металдар – фитохелатин синтезінің күшті индукторлары. Осылайша, осмопротектанттар жинақталуы ауыр металдардан жасушаны детоксикациялауда маңызды рөл атқаруы екіталаі. Ауыр металдардың қатысуымен осмопротектанттар жинақталуының мүмкін рөлі міндетті түрде металды хелаттаумен байланысты емес. Біріншіден, ауыр металдар әдетте жасушадағы су балансын бұзады. Су тапшылығы әрдайым өсімдік жасушасында осмопротектанттар жинаулына әкелетіні белгілі. Ауыр металдардан туындаған осмопротектанттар жинақтау функциясы металды тікелей хелаттауға қарағанда осморегуляциямен және ферменттерді дегидратациядан қорғаумен байланысты болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** арпа өскіндерінің өсуі мен дамуы, қорғасын мен кадмий түздары, прайминг, төзімділік.

**Қысқартуладар:** Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> – сірке қышқылды қорғасын; CdCl<sub>2</sub> – кадмий хлориді; Мм – милимолярлы.

K.K. Aitlessov\*, K.M. Aubakirova, Z.A. Alikulov  
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana  
\*e-mail: enuter@yandex.kz

### **Increasing the resistance of barley sprouts by priming with heavy metal salts**

The article investigated the different concentrations of cadmium and lead salts influence to the growth and development of barley plant shoots. As a response of sprouts to the action of lead and cadmium ions, changes in the accumulation of their wet and dry biomass, the height of the sprouts, as well as survival were evaluated. Since CdCl<sub>2</sub> and Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> belong to the group of heavy metals with a strong toxic effect, when they are individually administered, there is a decrease in the growth of shoots and a slowdown in development due to the accumulation of wet and dry biomass of the plant. While inhibition of sprouts at a concentration of Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 0.5-10 mM reduced sprouts by 2-10 times, the effect of CdCl<sub>2</sub> on barley sprouts in high concentrations led to a halt in the accumulation of dry mass. Processing of barley sprouts before sowing with a low concentration of lead and cadmium salts increases their resistance to metals and allows in the future to transport the effects of high concentrations of these substances without damage and with minimal inhibition of growth processes. In addition, these metals are powerful inducers of phytochelatin synthesis. Thus, the accumulation of osmoprotectants is unlikely to play an important role in cell detoxification from heavy metals. Apparently, the possible role of the accumulation of osmoprotectants in the presence of heavy metals is not necessarily associated with metal chelation. First, heavy metals usually disrupt the water balance in the cell. It is known that water deficiency always leads to the accumulation of osmoprotectants in the plant cell. The accumulation function of osmoprotectants caused by heavy metals may be more associated with osmoregulation and enzyme protection against dehydration than with direct metal chelation.

**Key words:** the growth and development of barley sprouts, lead and cadmium salts, priming, stability.

**Abbreviations:** Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> – lead acetic acid; CdCl<sub>2</sub> – cadmium chloride; Mm – millimolar

К.К. Айтлесов\*, К.М. Аубакирова, З.А. Аликулов

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

\*e-mail: enuter@yandex.kz

### Повышение устойчивости ростков ячменя путем прайминга солями тяжелых металлов

В статье изучено влияние на рост и развитие побегов растений ячменя различных концентраций солей кадмия и свинца. Поскольку CdCl<sub>2</sub> и Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> относятся к группе тяжелых металлов, обладающих сильным токсическим действием, при их раздельном введении наблюдается снижение роста и развития побегов из-за замедления накопления влажной и сухой биомассы растения. В то время как ингибирование ростков при концентрации Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> 0,5-10 мМ уменьшало ростки в 2-10 раз, воздействие CdCl<sub>2</sub> на ростки ячменя в высоких концентрациях приводило к остановке накопления сухой массы. Предпосевный прайминг всходов ячменя низкими концентрациями солей свинца и кадмия позволяет повысить их устойчивость к металлам и в дальнейшем переносить действие высоких концентраций этих веществ без повреждений и с меньшим торможением ростовых процессов. Кроме того, эти металлы являются сильными индукторами синтеза фитохелатина. Таким образом, накопление осмопротектантов вряд ли сыграет важную роль в детоксикации клеток из тяжелых металлов. По-видимому, возможная роль накопления осмопротектантов в присутствии тяжелых металлов не обязательно связана с хелатированием металлов. Во-первых, тяжелые металлы обычно нарушают водный баланс в клетке. Известно, что дефицит воды всегда приводит к накоплению осмопротектантов в растительной клетке. Функция накопления осмопротектантов, вызванных тяжелыми металлами, может быть связана с осморегуляцией и защитой ферментов от обезвоживания в отличие от прямого хелатирования металла.

**Ключевые слова:** рост и развитие ростков ячменя, соли свинца и кадмия, прайминг, устойчивость.

**Сокращения и обозначения:** Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> – уксуснокислый свинец; CdCl<sub>2</sub> – хлорид кадмия; Mm – миллимолярный

### Кіріспе

Қоршаған ортандың ауыр металдармен ластануы қазіргі уақытта өзекті мәселе болып келеді. Ауыр металдарға тығыздығы 5 г/см<sup>3</sup>-тен асатын және салыстырмалы атомдық масасы 40-тан асатын химиялық элементтердің салыстырмалы түрде үлкен тобы жатады. Бұл металдардың көпшілігі күкірт бар лигандтарға өте жақын және олармен құшті қосылыстар түзеді. Сондықтан жасушаларға еніп, олар SH-топтарымен әрекеттесіп, көптеген ферменттердің белсенділігін тежейді. Бұл ауыр металдардың жоғары уыттылығымен байланысты жасушаның зат алмасуында әртүрлі бұзылуарды тудырады. Ауыр металдар міндепті түрде улы болады деген қате түсінік бар, себебі мырыш, мыс, темір, марганец және жануарлар мен өсімдіктердің тіршілігі барысында физиологиялық-биохимиялық үрдістерге аз мөлшерде қажет болатын ауыр металдардың үлкен тобы енеді. Тіршілікке қажетті биогенді элементтер тобына жатпайтын ауыр металдардан қорғасын (Pb) және кадмий (Cd) қоршаған ортада жиі кездеседі. Кадмий және

қорғасынмен қоршаған ортасының ластануы негізінен адамның шаруашылық қызметінің төрт түріне байланысты: 1) өнеркәсіпте сүйық және қатты отынды жағу, 2) қара және түсті металлургияда металдарды балқыту өндірістері, 3) Cd және Pb жоғары мөлшерде болатын сақынды суларды төгу және 4) топырақта химиялық заттарды, соның ішінде тынайытқыштарды қосу кезінде болады [1,2,3,4].

Табиғи ортандың қоректік тізбектеріне Cd және Pb-нің негізгі бөлігі өсімдіктердің сініруі арқылы келеді. Көптеген өсімдіктер ауыр металдарды топырақтағы металдардың концентрациясынан бірнеше есе көп мөлшерде жинақтай алады. Өсімдіктердің ауыр металдарды жинақтауы және олардың артық мөлшерде болуына төзімді болу қабілеті олардың жеке физиологиялық әрекшеліктерінің көрінісі болып табылады [5,6]. Өсімдік жасушаларына беткі байланыстыру немесе өсімдік ағзасына ене отырып, Pb<sup>2+</sup> және Cd<sup>2+</sup> нуклеин қышқылдары, ақызыдар, полисахаридтер және басқа да қосылыстардың биохимиялық функционалды топтарымен өзара әрекеттесіп, осы топтарға қосылған басқа да

металдар иондарын алмастыра алады. Өсімдік ағзасында осының нәтижесінде бастапқы және басқа процестердің зақымдануының салдары болып табылатын зат алмасудың әртүрлі бұзылыстары пайда болады.

Бұл жұмыстың негізгі мақсаты арпа өсімдігі өскіндерінің өсуі мен даму процестеріне кадмий мен қорғасын түздарының әртүрлі концентрацияларының әсерін зерттеу, сондай-ақ өскіндерді аталған ауыр металл түздарының тәмен концентрацияларымен алдын-ала өндеу арқылы олардың төзімділігін арттырады деген болжамды тексеру болды.

### Зерттеу әдістері

Тәжірибелер жүргізілген фитотронның ауа температурасы 23-26 °C, салыстырмалы ылғалдылығы 65-72 % болды. Арпаның (*Hordeum vulgare L.*) Астана-2000 сортының өскіндері 1/2 Кноп қоректік ортасында (рН 6.2-6.4) 3 тәулік бойы өсірілді.

Арпа тұқымдары 1, 3 және 7 тәулік бойы  $Pb(CH_3COO)_2$  және  $CdCl_2$  ерітінділерінің тәмен концентрацияларда (0,001-0,005 мМ), сондай-ақ дистелденген суда (бақылау үшін) себер алдын ала өнделді. Содан кейін бөлме температурасында 1 тәулік кептірілді. 7 күн ішінде олар бірдей түздардың әсеріне ұшырады, ал өсу процестерінің тежелуіне әкелетін жоғары концентрацияларда (0,05-10,00 мМ), ұзақ экспозиция кезінде өсімдіктердің зақымдануына немесе өлуіне

әкелді. Өскіндердің бір белгі бірдей (тәмен немесе жоғары) концентрациядағы қорғасын мен кадмий түздарының ерітінділерінде тәжірибе бойы сақталды. Тәжірибелің басқа шарттары өзгеріссіз қалды.

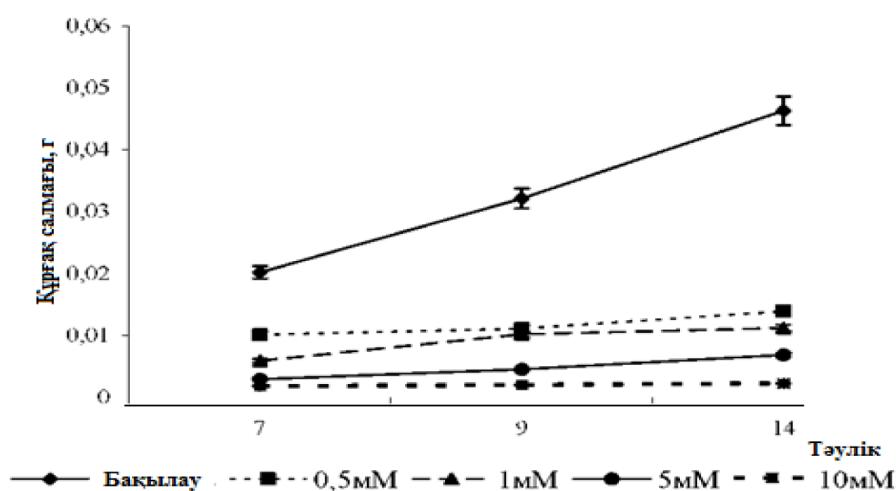
Қорғасын мен кадмий иондарының әсеріне өскіндердің жауабы ретінде олардың ылгал және құрғақ биомассасының жинақталу өзгерістері, өскіндердің биіктігі, сонымен қатар тірі қалуы бағаланды.

Тәжірибелің әр нұсқасында 4 өскіннен тұратын 5 сынама талданды, әр тәжірибе 3 қайталауда жүргізілді. Алынған мәліметтер статистикалық өндеуден өтті. Орташа арифметикалық ( $M$ ), орташа квадраттық ауытқу ( $\delta$ ), орташа арифметикалық ( $m_m$ ) репрезентативтілік қателігі есептелді. Айырмашылықтың дұрыстығын бағалау Стьюдент критерийі ( $t$ ) арқылы жүргізілді [6].

### Зерттеу нәтижелері

$Pb^{+2}$  иондарының арпа өскіндеріне әсері

Арпа өскіндеріне  $Pb(CH_3COO)_2$  күшті ұйтты әсер етті. Қазірдің өзінде (1 сурет)  $Pb(CH_3COO)_2$  әр түрлі концентрацияларының әсеріне ұшыраған 7 күндік арпа өскіндерінде құрғақ массасының жинақталуының тәмендеуі байқалды, бұл ретте концентрацияның артуына байланысты өскіндердің құрғақ салмағының азауы байқалды: 0,5 мМ концентрацияда 2 есеге, 1 мМ – 3,5 есеге; 5 мМ – 3,7 есеге; 10 мМ – 10 есе.



1-сурет –  $Pb(CH_3COO)_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің құрғақ массасының жиналудына әсері

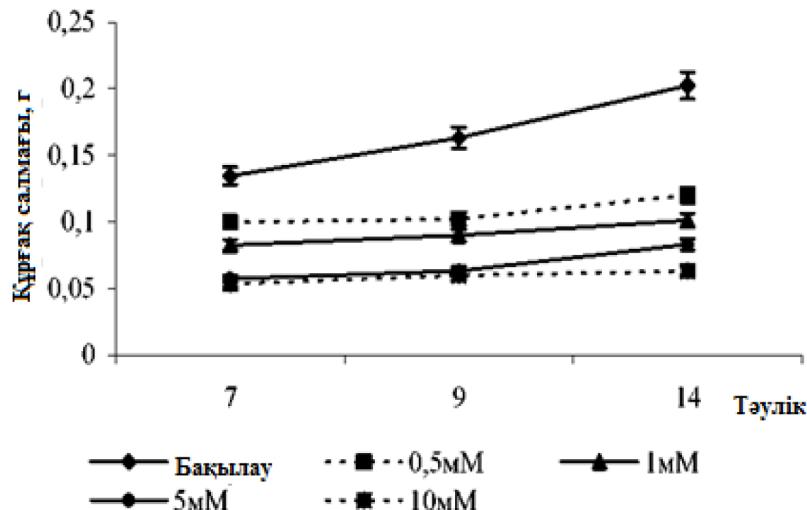
$Pb^{+2}$  иондарының 14 тәулікке дейінгі әсер етуі, сондай-ақ  $Pb(CH_3COO)_2$  жоғары концентрацияларының әсері кезінде масса өсімінің толық тоқтауына және өскіндердің құрғақ массасының жиналудына кедегі келтірді.

Сол сияқты  $Pb^{+2}$  иондарының әсеріне ұшыраған арпа өскіндерінің ылғал массасы мен биіктігі өзгерді (2-сурет, 3-сурет). Өскіндердің биіктігінің төмендеуі, ылғал және құрғақ массасының жинақталудының баяулауды дамудың баяулаудына әкелді.

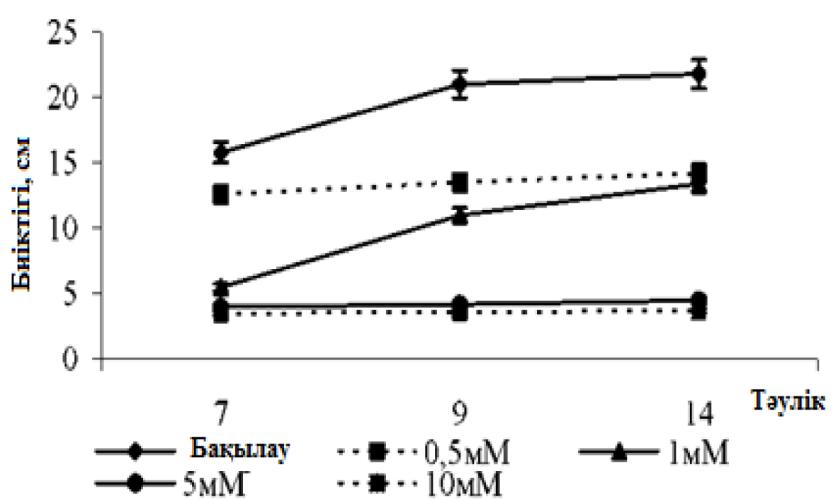
$Pb(CH_3COO)_2$  1 mM концентрациясы арпа өскіндерінің ылғал және құрғақ массасының

жиналудын 7 тәулік бойы айтартықтай тежеді (1 – 2 сурет, 1 кесте). Бұған қоса, өсідің күрт тежелуі басталғанда дейін, өскіндер қорғасын иондарының әсеріне ұшырағанына қарамастан тәжірибе алдында немесе ол басталғаннан кейін 1, 4 немесе 7 күн өткен соң байқалды.

1, 4 және 7 тәулік қорғасын ацетатының төмен концентрациясымен (0,001 mM) алдын ала өндөлген өскіндер өндөлмеген өскіндермен салыстырғанда 1 mM концентрациялы ортада ылғал салмағы аз дөрежеде төмендеуіне әкеліп отыр (1, 2-суреттер, 1-кесте).



2-сурет –  $Pb(CH_3COO)_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің ылғал массасының жиналудына әсері



3-сурет –  $Pb(CH_3COO)_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің биіктігіне әсері

**1-кесте** –  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  алдын ала өндеудің арпа өскіндерінің күргақ массасының өзгеруіне олардың концентрациясының одан әрі артуының әсері.  $M \pm m$ ,  $n = 6$ , \* –  $p > 0.95$

Өскіндерді алдын ала өндеудің немесе суда экспозицияның үзактығы, тәулік	7 тәулік ішінде күргақ массасының өзгеруі, г			
	1 mM $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , өндеуден кейінгі өскіндер		0,5 mM $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , өндеуден кейінгі өскіндер	
	Суда экспозициядан кейін	0,001 mM $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ алдын ала өндеуден кейін	Суда экспозициядан кейін	0,001 mM $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ алдын ала өндеуден кейін
0	0.0203 ± 0.0005	-	0.0203 ± 0.0005	-
1	0.0172 ± 0.0004	0.0451* ± 0.0007	0.0190 ± 0.0005	0.0385* ± 0.0007
3	0.0223 ± 0.0004	0.0308* ± 0.0005	0.0207 ± 0.0004	0.0314* ± 0.0004
7	0.0212 ± 0.0006	0.0277* ± 0.0004	0.0201 ± 0.0003	0.0302* ± 0.0008

Айта кету керек,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ -мен алдын ала өнделген нұсқалардағы өскіндердің күргақ массасы (1 кесте) 0,001 mM нұсқадағыдан болды. Алдын ала өнделген өскіндердегі күргақ массасының өсу мөлшері 0,001 mM корғасын ацетатпен 1,3 және 7 тәулік ішінде, келесі әрекет ету кезеңінде (7 тәулік) жоғары концентрациядағы корғасын тек жоғары концентрацияға үшінраган өскіндерге қарағанда жоғары болды (1 кесте).

$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  әсерінен 10 mM концентрацияда 1 mM-ге қарағанда арпа өскіндерінің

ылғал және күргақ массасының жиналудының жылдамырақ бірден төмөндеуі және өндеуге дейінгі нұсқамен салыстырғанда оның баяулауы байқалды (тәжірибе басталғаннан соң 3 және 7 тәуліктен кейін өндеу, 2 кесте). Корғасынның осы зақымдаушы концентрациясын 0,001 mM концентрациядағы өскіндердің алдын ала өндеуден кейін пайдалану кезінде де корғасынмен төмен концентрацияда алдын ала өндеудің уақытына (1, 3 немесе 7 тәулік) қарамастан өскіндердің ылғалды массасының жинақталудының басылуына әкелді.

**2-кесте** –  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ -мен алдын ала өндеудің  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  концентрациясының кейіннен артуы кезінде арпа өскіндерінің ылғалды және күргақ массасының өзгеруіне әсері 2,  $M \pm m$ ,  $n = 6$ , \* –  $p > 0.95$

Өскіндерді алдын ала өндеу немесе суда экспозицияның үзактығы, тәулік	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , 10 mM-мен өнделгеннен кейінгі өскіндер			
	7 тәулікте өзгерген ылғалды масса		7 тәулікте өзгерген ылғалды масса	
	Суда экспозициядан кейін	0.001 mM $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ алдын ала өндеуден кейін	Суда экспозициядан кейін	0.001 mM $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ алдын ала өндеуден кейін
0	0.1344 ± 0.0005	-	0.0201 ± 0.0005	-
1	-0.0544 ± 0.0004	-0.0498* ± 0.0007	0.0007 ± 0.0004	0.0009 ± 0.0007
3	-0.0803 ± 0.0004	-0.0777* ± 0.0005	0.0008 ± 0.0004	0.0009 ± 0.0005
7	-0.0801 ± 0.0006	-0.0796* ± 0.0004	0.0009 ± 0.0006	0.0008 ± 0.0004

Сонымен, корғасынның 10 mM концентрациясының әсері өскіндер тікелей көрсетілген концентрация ерітіндісіне салынғанына немесе төмен концентрацияда алдын-ала өнделгенине қарамастан (2 кесте) күргақ массасының жиналудының толық тежелуіне әкелді. Сондықтан,

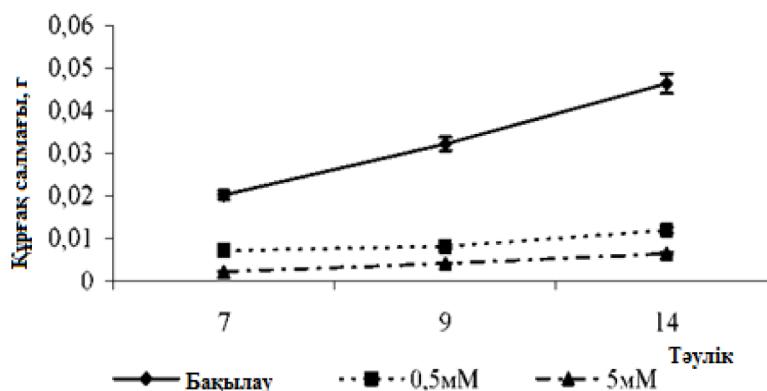
10 mM концентрациясын қолданған кезде су алмасуының бұзылуы орын алды, бұл өскіндердің ылғал массасының күрт төмөндеуіне әкелді.

Сонымен қатар, өсу ғана емес, өсімдіктердің дамуы да баяулады. Егер бақылаудағы өскін-

дерде 2-3 нақты жапырақтану фазасында болса, ал тұз ерітінділерімен өңделген өсімдіктер осы жапырақтанудың 1 фазасында қалды.

$Cd^{+2}$  иондарының бидай өскіндеріне әсері

Арпа өскіндеріне кадмийдың жоғары концентрацияларының (0.05 мМ және 5 мМ  $CdCl_2$ ) әсерінен құрғақ массасын жиналуын тоқтатуға әкелді (4-сурет).



4-сурет –  $CdCl_2$  ерітінділерінің арпа өскіндерінің құрғақ массасына әсері

1, 3 немесе 7 тәулік бойы 0,001 мМ концентрацияда осы қосылыспен өскіндерді алдын ала өңдеу қорғасынмен жүргізілген тәжірибелердегідей 0,05 мМ концентрациядағы кадмийдің ингибиторлық әсерін, бірақ алдын ала өңдеусіз ұқсас нұсқамен салыстырғанда төмендетті (3 кесте). Бұл жағдайда өскіндердің құрғақ массасының өсуі алдын-ала өңдеусіз нұсқаларға қарағанда жоғары болды.  $CdCl_2$  жоғары концентрациясы, қорғасын түздары сияқты, 0,001 мМ  $CdCl_2$  өңдеуден кейін өскіндердің құрғақ массасының өсуіне ықпал етпеді.

3-кесте –  $CdCl_2$  алдын ала өңдеудің  $CdCl_2$ , M ± m, n = 6, \* – p > 0.95 концентрациясының кейіннен ұлғауы кезінде арпа өскіндерінің ылғал және құрғақ массасының өзгеруіне әсері

Өскіндерді алдын ала өңдеу немесе суда экспозицияның үзактығы, тәулік	7 тәулік ішінде құрғақ массасының өзгеруі, г			
	0,5 мМ $CdCl_2$ , өңдеуден кейінгі өскіндер		5 мМ $CdCl_2$ , өңдеуден кейінгі өскіндер	
	Суда экспозициядан кейін	0,001 мМ $CdCl_2$ алдын ала өңдеуден кейін	Суда экспозициядан кейін	0,001 мМ $CdCl_2$ алдын ала өңдеуден кейін
0	0.0201 ± 0.0005	-	0.0201 ± 0.0005	-
1	0.0173 ± 0.0004	0.0260* ± 0.0007	0.0006 ± 0.0005	0.0010 ± 0.0007
3	0.0194 ± 0.0004	0.0328* ± 0.0005	0.0008 ± 0.0004	0.0011 ± 0.0004
7	0.0202 ± 0.0006	0.0297* ± 0.0004	0.0005 ± 0.0003	0.0014* ± 0.0008

Әдеби мәліметтерге сүйенсек, өсімдіктердің ауыр металдардың әсеріне төтеп беру қабілеті олардың қорғаныс реакцияларының кешенін белсендерумен байланысты болады. Атап айтқанда, ауыр металдардың әсерінен бірқатар ферменттердің белсендерілігі өзгеретіні туралы мәліметтербар [8,9,10,11], металлотионеиндердің синтезін құшайтеді [12,13,14,15] және фитохелатандар [16], құйзеліс акуыздары, сонымен қатар еркін аминқышқылдары [17] және т.б. жиналады. Дегенмен, өсімдіктерде физиологиялық және

биохимиялық процестерінің ауыр металдардың біртіндеп құшайтілген дозаларының әсерінен өзгеру сипаты және бейімделудің нақты механизмдері әлі толық зерттелмеген. Осіп келе жатқан концентрацияда ауыр металдардың әсері өсудің тежелуіне ғана емес, сонымен қатар жапырақтардың су өткізгіштігінің төмендеуіне байланысты өсімдіктердің су алмасуының бұзылуына, сондай-ақ бүйір тамырлар мен тамыр түктерінің пайды болуына кедегі келтіреді [18,19,20].

Өсімдіктерге ауыр металдардың концентрациясының жоғарылауының әсері туралы мәліметтер өлі де көп емес. Атап айтқанда, бүршакпен жүргізілген тәжірибеде өсімдіктердің кадмийдің уытты әсеріне бейімделу қабілетін дәлелдейді [21,22,23]. Осы түрдің тұқымдарын 7 сағат 3,8 мкМ CdCl<sub>2</sub> ерітіндісінде өндеп, 48 сағаттан кейін тұқым өнуін бастағанда CdCl<sub>2</sub> 25 мкМ концентрациясы бар ортада өскіндерді қысқа (30 мин) уақытта өсіргендеге кадмийдің уытты әсері төмендеді. Соңдай-ақ, 0,2 мкг/мл концентрациясында бухарник өсімдігін кадмий сульфатымен алдын-ала өндеу тамырлардың одан жоғары концентрацияның кейінгі әсеріне (1 мкг/мл) тәзімділігінің артуына әкелетіні көрсетілді. Үқас нәтижелер өсімдіктерге қолайсыз температураның жоғарылауы мен тұздандының жоғарылауын зерттеу кезінде де байкалды [24,25,26].

Көптеген эксперименттердің нәтижелері ауыр металдардың (екі валентті сынақ, кадмий, қорғасын және басқалары) *in vivo* магний, марганец және мырыш сияқты биогендік металдармен бәсекелесетінін және осы металдардың биологиялық белсенді молекулалардағы орындарына енетінін көрсетеді. Магний өсімдік хлорофиллдерінің барлық түрлерінің негізгі курамдас бөлігі екені белгілі. Хлорофилл өсімдіктер тіршілігінде орталық рөл атқарады - фотосинтез процесі, яғни өсімдіктердің көміртегімен қамтамасыз ету тек оларға байланысты. Марганец пен мырыш антиоксидантты ферменттердің белсенді орталығы – супероксид дисмутазалардың негізгі компоненттері болып табылады. Осылайша, қоршаған ортадағы ауыр металдардың салыстырмалы түрде жоғары концентрациясында олар биогендік металдардың орнына биологиялық белсенді молекулалардың курамына ене алады.

Ауыр металдардың концентрациясы биогендік микроэлементтерден асып кетсе, химиялық бәсекелестік нәтижесінде ауыр металдар биологиялық белсенді ақуыздар мен ферменттерге қосылады. Соңдықтан өсімдік тұқымдарын биогенді металл иондарының жеткілікті мөлшерімен себер алдында қанықтыру ауыр металдардың ингибиторлық әсерін болдырымайды. Егер алдындағы прайминг кезінде, тұқымның өнуі кезінде және өсімдіктердің одан әрі өсуі мен дамуы кезінде жинақталған микроэлементтердің иондары тамырлар мен жер мүшелеріне тасымалданады. Өсімдіктер үшін микроэлементтер өте аз концентрацияда қажет болғандықтан, тұқымдарды осындай биогенді металдардың иондарымен алдын ала қанықтыру онтогенез кезінде әртүрлі мүшелердің тіндеріндегі ферменттер мен ақуыздарды қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, үлпа ішіндегі микроэлементтер биологиялық молекулаларға тезірек енеді. Сол себепті кейбір басқа стресстердің (төменгі және жоғары температура, тұздану), соңдай-ақ ауыр металдардың әсерінен өсіп келе жатқан өсімдіктерде қорғаныс және бейімделу процестері белсендеріліп, нәтижесінде металдардың жоғары концентрациясына төзуге мүмкіндік беретін тәзімділік пайда болатындығын атап өтуге болады.

Тұқымдарды осындай биогенді металдардың иондарымен алдын ала қанықтыру онтогенез кезінде әртүрлі мүшелердің тіндеріндегі ферменттер мен ақуыздарды қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, үлпа ішіндегі микроэлементтер биологиялық молекулаларға тезірек енеді.

Осылайша, арпа өскіндерінің қорғасын және кадмий тұздарымен төмен концентрацияда алдын-ала өнделу, олардың металдарға тәзімділігінің жоғарылауын тудырады және болашақта осы химиялық заттардың сублетальды концентрациясының әсерін зақымдамай және өсу процестерін аз тежеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, белгілі бір дәрежеде стресстің жоғарылауы кезіндегі тәзімділік денгейі ауыр металдардың әсер ету тәртібі мен ұзақтығына байланысты (металл концентрациясы мен экспозициясы) болады.

Осылайша, ауыр металдардың концентрациясы биогендік микроэлементтерден асып кетсе, химиялық бәсекелестік нәтижесінде ауыр металдар биологиялық белсенді ақуыздар мен ферменттерге қосылады. Соңдықтан өсімдік тұқымдарын биогенді металл иондарының жеткілікті мөлшерімен себер алдында қанықтыру ауыр металдардың ингибиторлық әсерін болдырымайды. Егер алдындағы прайминг кезінде, тұқымның өнуі кезінде және өсімдіктердің одан әрі өсуі мен дамуы кезінде жинақталған микроэлементтердің иондары тамырлар мен жер мүшелеріне тасымалданады. Өсімдіктер үшін микроэлементтер өте аз концентрацияда қажет болғандықтан, тұқымдарды осындай биогенді металдардың иондарымен алдын ала қанықтыру онтогенез кезінде әртүрлі мүшелердің тіндеріндегі ферменттер мен ақуыздарды қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, үлпа ішіндегі микроэлементтер биологиялық молекулаларға тезірек енеді. Сол себепті кейбір басқа стресстердің (төменгі және жоғары температура, тұздану), соңдай-ақ ауыр металдардың әсерінен өсіп келе жатқан өсімдіктерде қорғаныс және бейімделу процестері белсендеріліп, нәтижесінде металдардың жоғары концентрациясына төзуге мүмкіндік беретін тәзімділік пайда болатындығын атап өтуге болады.

## Корытынды

1. Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>-нің арпа өскіндерінде құрғақ массаның жинақталуының төмендеуі байқалды, яғни өскіндерде күшті уытты әсер байқалды: концентрация 0,5 мМ болғанда биомасса 2 есе,

1 мМ – де 3,5 есе; 5 мМ – де 3,7 есе; 10 мМ – де шамамен 10 есе тәмен жинақталды. Арпа өскіндерінің биiktігінің аласаруы нәтижесінде ылғал және құргақ биомассаның жинақталуының баулауы мен дамудың тежелуіне ұшыратты.

2. Өскіндерді қорғасын ацетатымен 1, 3 немесе 7 тәулік бойы тәмен концентрацияда (0,001 мМ) алдын ала өндөу 1 мМ концентрацияның кейінгі әсері кезінде өскіндердің ылғалды салмағы алдын ала өндөусіз нұсқаларға қарағанда аз дәрежеде төмөндеуіне алып келді.

3. Арпа өскіндерінің ылғал және құргақ массасының жинақталуы  $Pb(CH_3COO)_2$  10 мМ концентрациядағы әсері кезінде одан да құрт төмөндейді, өскіндерді алдын ала қорғасынның 0,001

мМ концентрациясымен өндегеннен кейін осы концентрацияның әсері қорғасынмен тәмен концентрацияда алдын ала өндөудің ұзақтығына (1, 3 немесе 7 тәулік) қарамастан өскіндердің ылғал және құргақ массасының жинақталуын басуға әкелді.

4.  $CdCl_2$  арpanың өскіндеріне жоғары концентрациядағы әсері құргақ массасының жиналудың тоқтатуға әкелді.

5. Тәмен концентрациядағы қорғасын және кадмий түздарымен арпа өскіндерін алдын-ала өндөу олардың металдар әсеріне төзімділігін жоғарылатады және осы заттардың жоғары концентрациясының әсерінен бұлінбей және есу процестерін аз тежей отырып әрі қарай өсуіне мүмкіндік береді.

### Әдебиеттер

1. Прохорова Н. В., Матвеев Н. М., Павловский В. А. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самарский университет. – 1998. – 131 с.
2. Thabit T.M., Shokr S.A., Elgeddawy D.I.H., El-Naggar M.A.H. Determination of heavy metals in wheat and barley grains using ICP-MS/MS//Journal of AOAC International. – 2021. – Vol.103, No 5. – P. 1277-1281.
3. Enakiev Y.I., Lapushkina A.A., Lapushkin V.M., Vernichenko I.V. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants under soil drought//Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2021. – Vol.27, No 2. – P.328-332.
4. Atabayeva, S. Heavy Metals Accumulation Ability of Wild Grass Species from Industrial Areas of Kazakhstan/ In: Ansari, A., Gill, S., Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds) Phytoremediation. Springer, Cham. 2016.-P. 157-208.
5. Бингам Ф. Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – 366 с.
6. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R., Jazini R., Soleimani M., Mirghaffari N. Characterization of barley straw biochar produced in various temperatures and its effect on lead and cadmium removal from aqueous solutions// Water and Environment Journal. – 2018. – Vol.32, No 1. – P. 125-133.
7. Foy C. D., Chaney R. L., White M. C. The physiology of metal toxicity in plants. // Ann. Rev. Plant Physiol. 1978. Vol. 29. – P. 511-566.
8. Murphy A., Zhou J., Goldsbrough P.B., Taiz L. Purification and immunological identification of Metallothioneins 1 and 2 from *Arabidopsis thaliana*. // Plant Physiol. 1997. Vol. 113. – P. 1293-1301.
9. SteffensJ. C. The heavy metal-binding peptides of plants. // Ann. Rev. Plant Physiol. 1990. Vol. 41. – P. 553-575.
10. Гуральчук Ж. З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. Т. 26. – С. 107-117.
11. Zhang X., Wang H., He L., Lu K., Sarmah, A., Li J., Bolan N.S., Huang H. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants//Environmental Science and Pollution Research.-2013.-Vol. 20, No 12.-P. 8472-8483. doi: 10.1007/s11356-013-1659-0
12. Jones S., Bardos R.P., Kidd P.S., Mench M., de Leij F., Hutchings T., Cundy A., Menger P. Biochar and compost amendments enhance copper immobilization and support plant growth in contaminated soils // Journal of Environmental Management. – 2016. – Vol. 171. – P. 101-112. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.01.024
13. Мельничук Ю. П. Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 35-37.
14. Eldamaty H.S.E., Elbasiouny H., Elmoslemany A.M., Moneim D.A.E., Zedan A. Protective effect of wheat and barley grass against the acute toxicological effects of the concurrent administration of excessive heavy metals in drinking water on the rats liver and brain// Applied Sciences (Switzerland).-2021.- Vol.11, No 11. –P.50-59.
15. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R. Barley Straw Biochar and Compost Affect Heavy Metal Transport in Soil and Uptake by Potatoes Grown under Wastewater Irrigation// Sustainability (Switzerland).- 2022.-Vol.14, No 9.-P.56-65.
16. Титов А.Ф., Шерудило Е. Г., Боева Н.П. Формирование устойчивости растений в условиях нарастающего температурного стресса. // Адаптация, рост и развитие растений / под ред. Дроздова С.Н., Титова А.Ф. – Петропавловск: Карел. НЦ РАН, 1994. – С. 46-55.
17. Harrington H.M., Aim P.M. Interaction of heat and salt shock in cultured tobacco cells. // Plant Physiol. 1988. Vol. 88. P. 618-625.

18. Sanal F. The effects of heavy metal exposure on phenolic compounds in Barley (*Hordeum Vulgare*) ( Book Chapter) // *Hordeum vulgare: Production, Cultivation and Uses.* – 2021. – P. 139-162.
19. Yang X., Feng Y., He Z., Stoffella P.J. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation// *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* – 2005. – Vol. 18, No 4. – P. 339-353. doi: 10.1016/j.jtemb.2005.02.007
20. Tozser D., Magura T., Simon E. Heavy metal uptake by plant parts of willow species: A meta-analysis // *Journal of Hazardous Materials.*-2017.-Vol. 336.-P. 101-109. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.03.068
21. Liu J.J., Wei Z., Li J.H. Effects of copper on leaf membrane structure and root activity of maize seedling// *Bot. Stud.* – 2014. – Vol. 55. – P. 41-47.
22. Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.H. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms and management // *Environ. Int.* – 2019. Vol. 125. – P. 365-385.
23. Mohammad J.K., Muhammad T., Khalid K. Effect of organic and inorganic amendments on the heavy metal content of soil and wheat crop irrigated with wastewater // *Sarhad J. Agric.* – 2013. Vol. 29. – P. 145-152.
24. Rizvi A., Ahmed B., Zaidi A., Khan M. S. Heavy metal mediated phytotoxic impact on winter wheat: oxidative stress and microbial management of toxicity by *Bacillus subtilis* // *BM2, RSC Adv.* – 2019. – Vol. 9. – P. 6125-6142.
25. Pegah M.D., Sharif-Zadeh F., Janmohammadi M. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays L.*) // *ARPN J. Agric. and Biol. Sci., №3*, 2008. – P. 22-25.
26. Singh S., Parihar P., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics, and ionomics // *Front. Plant Sci.* – 2015. – Vol. 6. – P. 1143.

### References

1. Prokhorova N.V., Matveev N. M., Pavlovsky V.A. Accumulation of heavy metals by wild and cultivated plants in the forest-steppe and steppe Volga region. Samara: Samara University, 1998. – 131 p.
2. Thabit T.M., Shokr S.A., Elgeddawy D.I.H., El-Naggar M.A.H. Determination of heavy metals in wheat and barley grains using ICP-MS/MS//*Journal of AOAC International.* – 2021. – Vol.103, No 5. – P. 1277-1281.
3. Enakiev Y.I., Lapushkina A.A., Lapushkin V.M., Vernichenko I.V. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants under soil drought//*Bulgarian Journal of Agricultural Science.* – 2021. – Vol.27, No 2. – P.328-332.
4. Atabayeva, S. Heavy Metals Accumulation Ability of Wild Grass Species from Industrial Areas of Kazakhstan/ In: Ansari, A., Gill, S., Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds) Phytoremediation. Springer, Cham. 2016. – P. 157-208.
5. Bingham F. T. Some questions of the toxicity of metal ions. M.: Mir, 1993. 366 p.
6. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R., Jazini R., Soleimani M., Mirghaffari N. Characterization of barley straw biochar produced in various temperatures and its effect on lead and cadmium removal from aqueous solutions// *Water and Environment Journal.*-2018.-Vol.32, No 1.-P. 125-133 doi: 10.1111/wej.12307
7. Foy C.D., Chaney R.L., White M.C. The physiology of metal toxicity in plants. // *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1978. Vol. 29. – P. 511-566.
8. Murphy A., Zhou J., Goldsborough P. B., Taiz L. Purification and immunological identification of Metallothioneins 1 and 2 from *Arabidopsis thaliana*. // *Plant Physiol.* 1997. Vol. 113. P. 1293-1301.
9. Steffens J. C. The heavy metal-binding peptides of plants. // *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1990. Vol. 41. P. 553-575.
10. Guralchuk Zh.Z. Mechanisms of resistance of plants to heavy metals. // *Physiology and biochemistry cult. plants.* 1994. V. 26. – S. 107-117.
11. Zhang X., Wang H., He L., Lu K., Sarmah, A., Li J., Bolan N.S., Huang H. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants//*Environmental Science and Pollution Research.* – 2013. – Vol. 20, No 12. – P. 8472-8483.
12. Jones S., Bardos R.P., Kidd P.S., Mench M., de Leij F., Hutchings T., Cundy A., Menger P. Biochar and compost amendments enhance copper immobilisation and support plant growth in contaminated soils // *Journal of Environmental Management.* – 2016. – Vol. 171. – P. 101-112. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.01.024
13. Melnichuk Yu. P. Influence of cadmium ions on cell division and plant growth. Kyiv: Naukova Dumka, 1990. – P.35-37.
14. Eldamaty H.S.E., Elbasiouny H., Elmoslemany A.M., Moneim D.A.E., Zedan A. Protective effect of wheat and barley grass against the acute toxicological effects of the concurrent administration of excessive heavy metals in drinking water on the rats liver and brain// *Applied Sciences (Switzerland).* – 2021. – Vol.11, No 11. – P.50-59.
15. Mawof A., Prasher S.O., Bayen S., Nzediegwu C., Patel R. Barley Straw Biochar and Compost Affect Heavy Metal Transport in Soil and Uptake by Potatoes Grown under Wastewater Irrigation// *Sustainability (Switzerland).*- 2022. – Vol.14, No 9. – P.56-65.
16. Titov A.F., Sherudilo E. G., Boeva N.P. Formation of plant resistance under increasing temperature stress. // *Adaptation, growth and development of plants / ed. Drozdova S. N., Titova A. F. Petrozavodsk: Karel. Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 1994, pp. 46-55.*
17. Harrington H.M., Aim P.M. Interaction of heat and salt shock in cultured tobacco cells. // *Plant Physiol.* 1988. Vol. 88. – P. 618-625.
18. Sanal F. The effects of heavy metal exposure on phenolic compounds in Barley (*Hordeum Vulgare*) (Book Chapter)// *Hordeum vulgare: Production, Cultivation and Uses.* – 2021. – P. 139-162.

19. Yang X., Feng Y., He Z., Stoffella P.J. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation// *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* -2005. -Vol. 18, No 4. -P. 339-353. doi: 10.1016/j.jtemb.2005.02.007
20. Tozser D., Magura T., Simon E. Heavy metal uptake by plant parts of willow species: A meta-analysis // *Journal of Hazardous Materials.* – 2017. – Vol. 336. – P. 101-109. doi: 10.1016/j.jhazmat.2017.03.068
21. Liu J.J., Wei Z., Li J.H. Effects of copper on leaf membrane structure and root activity of maize seedling// *Bot. Stud.* – 2014. – Vol. 55. – P. 41-47.
22. Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.H. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms and management // *Environ. Int.* – 2019. Vol. 125. – P. 365-385.
23. Mohammad J.K., Muhammad T., Khalid K. Effect of organic and inorganic amendments on the heavy metal content of soil and wheat crop irrigated with wastewater // *Sarhad J. Agric.* – 2013. Vol. 29. – P. 145-152.
24. Rizvi A., Ahmed B., Zaidi A., Khan M.S. Heavy metal mediated phytotoxic impact on winter wheat: oxidative stress and microbial management of toxicity by *Bacillus subtilis* // *BM2, RSC Adv.* – 2019. – Vol. 9. – P. 6125-6142.
25. Pegah M.D., Sharif-Zadeh F., Janmohammadi M. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays L.*) // *ARPN J. Agric. and Biol. Sci.*, №3, 2008. – P. 22-25.
26. Singh S., Parihar P., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M. Heavy metal tolerance in plants: role of transcriptomics, proteomics, metabolomics, and ionomics // *Front. Plant Sci.* – 2015. – Vol. 6. – P. 1143.

Г.С. Жунусова<sup>1\*</sup>, Н.А. Омарбаева<sup>2</sup>, С.Е. Абдикерим<sup>1</sup>, К. Ергали<sup>1</sup>,  
А.С. Жунусова<sup>1</sup>, Н.В. Мить<sup>1</sup>, Д.Р. Кайдарова<sup>2</sup>, Л.Б. Джансугурова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РГП «Институт генетики и физиологии КН МНВО РК», Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>АО «Казахский научно-исследовательский институт онкологии и радиологии», Казахстан г. Алматы

\*e-mail: gulnur\_j@mail.ru

## КОРРЕЛЯЦИЯ ГЕНОТИПА И ФЕНОТИПА ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН-КАЗАШЕК

Рак молочной железы занимает лидирующие позиции по заболеваемости и смертности от рака среди женщин как в мире, так и в Казахстане. В настоящее время для более точной диагностики и успешной терапии заболевания широко используются современные методы генотипирования. В данной работе проведен анализ вклада генетических вариантов гена BRCA2 в патогенез и клиническую гетерогенность рака молочной железы в популяции молодых этнических казашек до 40 лет. Всего было обследовано 200 пациенток. С использованием секвенирования нового поколения (NGS) и последующего биоинформационного анализа обнаружены редкие патогенные варианты у пациенток с РМЖ. Все патогенные варианты встретились в гетерозиготном состоянии. Всего выявлено 12 патогенных вариантов в гене BRCA2 у 22 пациенток, среди которых были нонсенс-мутации, инсерции, делеции, приводящая к сдвигу рамки считывания, делеции внутри рамки считывания. Анализ ассоциации между мутационным статусом и клиническими особенностями заболевания показал, что существует связь между проявлением ряда клинико-морфологических признаков и наличием патогенных мутаций в гене BRCA2 у пациенток. Дальнейшие исследования в области генетики РМЖ будут способствовать получению более точной картины взаимодействия генотипа и фенотипа при данном заболевании.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, секвенирование нового поколения, патогенные мутации, BRCA2.

G.S. Zhunussova<sup>1\*</sup>, N.A. Omarbayeva<sup>2</sup>, S.E. Abdikerim<sup>1</sup>, K. Yergali<sup>1</sup>, A.S. Zhunussova<sup>1</sup>,  
N.V. Mit<sup>1</sup>, D.R. Kaidarova<sup>2</sup>, L.B. Djansugurova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RSE "Institute of Genetics and Physiology of the CS MNVO RK", Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>JSC "Kazakh Research Institute of Oncology and Radiology", Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: gulnur\_j@mail.ru

### Genotype and phenotype correlation of breast cancer in young kazakh women

Breast cancer occupies a leading position in incidence and mortality from cancer among women worldwide and in Kazakhstan. Currently, modern genotyping methods are widely used for more accurate diagnosis and successful treatment of the disease. In this study, we analyzed the contribution of genetic variants of the BRCA2 gene to the pathogenesis and clinical heterogeneity of breast cancer among young ethnic Kazakh women under 40 years of age. 200 patients were examined. Using next-generation sequencing (NGS) and subsequent bioinformatic analysis, rare pathogenic variants were found in patients with breast cancer. All pathogenic variants met in the heterozygous state. 12 pathogenic variants in the BRCA2 gene were identified in 22 patients, among which were nonsense, frameshift indels, and inframe deletions. An analysis of the association between the mutational status and the disease's clinical features showed a relationship between the manifestation of a number of clinical and morphological features and the presence of pathogenic mutations in the BRCA2 gene in patients. Further research in the field of breast cancer genetics will contribute to obtaining a more accurate picture of the interaction of genotype and phenotype in this disease.

**Key words:** breast cancer, next-generation sequencing, pathogenic mutations, BRCA2.

Г.С. Жұнісова<sup>1\*</sup>, Н.А. Омарбаева<sup>2</sup>, С.Е. Әбдікерім<sup>1</sup>, К. Ерғали<sup>1</sup>,  
А.С. Жұнісова<sup>1</sup>, Н.В. Мить<sup>1</sup>, Д.Р. Қайдарова<sup>2</sup>, Л.Б. Жансүгірова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ШЖК «Генетика және физиология институты ҚРБФМ FK», Қазақстан, Алматы к.

<sup>2</sup>«Қазак онкология және радиология ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Қазақстан, Алматы к.

\*e-mail: gulnur\_j@mail.ru

## Жас қазақ әйелдеріндегі сүт безі қатерлі ісігінің генотип пен фенотип корреляциясы

Сүт безінің қатерлі ісігі әлемде де, Қазақстанда да әйелдер арасында қатерлі ісікке шалдығу мен өлім-жітім бойынша жетекші орынға ие. Қазіргі уақытта ауруды дәлірек диагностикалау және сәтті емдеу үшін осы заманғы генотиптеу әдістері кеңінен қолданылады. Бұл жұмыста BRCA2 генінің генетикалық нұсқаларының 40 жасқа дейінгі жас этникалық қазақтар популациясындағы сүт безі қатерлі ісігінің патогенезі мен клиникалық гетерогенділігіне қосқан үлесіне талдау жүргізді. Барлығы 200 науқас тексерілді. Жаңа буынғы секвенирлеу (NGS) және кейінгі биоинформатикалық талдауды пайдалана отырып, СБІ шалдықкан науқастарда сирек кездесетін патогендік нұсқалар табылды. Барлық патогендік нұсқалар гетерозиготалы күйде кездесті. Барлығы 22 науқастың BRCA2 генінде 12 патогендік нұсқа анықталды, олардың арасында нонсенс-мутация, инсерция, оқылу шенберінің ішіндеғі делеция, оқылу шенберінің ішіндеғі делеция айқындалды. Мутациялық күй мен аурудың клиникалық ерекшеліктері арасындағы байланысты талдау бірқатар клиникалық-морфологиялық белгілердің көрінісі мен науқастарда BRCA2 генінде патогендік мутациялардың болуы арасында байланыс бар екенін көрсетті. РМЖ генетикасы саласындағы одан өрі зерттеулер осы ауруда генотип пен фенотиптің өзара әрекеттесуінің дәлірек көрінісін алуға ықпал етеді.

**Тұйын сөздер:** сүт безінің қатерлі ісігі, жаңа буынғы секвенирлеу, патогендік мутациялар, BRCA2.

## Введение

Рак молочной железы (РМЖ) занимает первое место в списке наиболее часто встречающихся видов рака у женщин во всем мире и является ведущей причиной смертности от злокачественных новообразований среди женщин в Казахстане [1]. Согласно показателям онкологической службы Республики, Казахстан за 2020 год РМЖ занимает первое место в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями и насчитывает 14.5% среди больных обоих полов. В общей структуре причин смерти от онкозаболеваний для обоих полов РМЖ занимает третье место, следя за раком легкого и раком желудка, и насчитывает 7.8% случаев. Однако среди женщин РМЖ является главенствующей причиной смерти от онкозаболеваний, составляя 16.9% случаев [2].

Заболеваемость этим видом рака остается на высоком уровне, несмотря на действующие государственные скрининговые программы. Основные перспективы в снижении таких высоких показателей заболеваемости и смертности связаны с созданием и совершенствованием методов диагностики, обладающих научно-обоснованной эффективностью. В этой связи особую важность приобретают программы скрининга для женщин, входящих в группы риска и имеющих генетическую предрасположенность к развитию РМЖ.

Одним из наиболее эффективных подходов для своевременного выявления заболевания у женщин из групп риска является внедрение в клиническую практику метода NGS – секвенирования нового поколения [3, 4]. Благодаря применению NGS-секвенирования был выявлен ряд полиморфизмов и мутаций, ассоциированных с развитием РМЖ [5-12]. К сожалению, в настоящее время имеется мало данных о спектре таких генетических вариантов в казахской популяции [13-14]. В то же время эти данные играют важную роль для своевременной диагностики и успешной терапии заболевания [15-16].

В связи с этим целью настоящей работы было установить роль патогенных генетических вариантов гена BRCA2 в развитие РМЖ и выявить корреляцию с клинико-фенотипическими характеристиками у молодых (до 40 лет) женщин казахской популяции на основе технологии NGS-секвенирования.

## Материалы и методы исследования

### Сбор клинического материала

Сбор клинического материала и анкетирование проводились исключительно на добровольной основе с оформлением информированного согласия. Для проведения исследований было получено заключение этической комиссии АО «КазНИИОиР» (протокол №04 от 23.09.2020).

Объектами исследований были неродственные между собой пациенты с ранним началом развития рака молочной железы (200 женщин-казашек до 40 лет). Клинический материал представлял собой образцы периферической крови больных раком молочной железы (РМЖ). Верификация клинического диагноза гистологическими и лабораторно-инструментальными методами устанавливались квалифицированными врачами-онкологами АО «КазНИИОиР». Кровь из локтевой вены для обследования в количестве 5 мл была собрана в условиях стационара в куумные пробирки с антикоагулянтом ЭДТА, заморожена при -20°C для дальнейшего молекулярно-генетического исследования.

### **Выделение ДНК**

ДНК выделяли с использованием набора реагентов ReliaPrep™ Blood gDNA Miniprep System (производство Promega, США) в соответствии с протоколом, предоставленным фирмой-производителем набора с помощью спектрофотометра (NanoDropOne, Thermo Scientific™) и флуориметра Qubit (Invitrogen). Использовали ДНК с коэффициентом чистоты K=1,7-1,8.

### **Подготовка ДНК-библиотек и проведение высокопроизводительного секвенирования (NGS) на платформе Illumina**

ДНК-библиотеки готовили по рекомендованному протоколу TruSight Rapid Capture (Illumina). Далее проводили их качественную оценку и количественную оценку с использованием наборов Agilent High Sensitivity DNA Kit биоанализаторе.

Таргетное секвенирование более чем 10 экзонов и прилегающих к ним инtronов (50 из 94 генов (255 kb генома человека), вовлеченных в канцерогенез, было выполнено на платформе MiSeq с использованием панели TruSight Cancer Panel. Таргетная панель генов включала: *AIP*, *ATM*, *BAP1*, *BLM*, *BMPRIA*, *BRCA1*, *BRC3*, *BRIP1*, *BUB1B*, *CDC73*, *CDKNIC*, *CDKN1C*, *CEBPA*, *CEP57*, *CHEK2*, *CYLD*, *DDB2*, *DICE*, *DIS3L2*, *EGFR*, *EPCAM*, *ERCC2*, *CDH1*, *CD44*, *ERCC3*, *ERCC4*, *ERCC5*, *EXT1*, *EXT2*, *EZH2*, *FANCA*, *FANCB*, *FANCC*, *FANCD2*, *FANCI*, *FANCF*, *FANCG*, *FANCI*, *FANCL*, *FANCM*, *FLCN*, *GATA2*, *GPC3*, *HNF1A*, *HRAS*, *KIT*, *MEN1*, *MET*, *MLH1*, *MSH2*, *MSH6*, *MUTYH*, *NBN*, *NF1*, *NF2*, *NSD1*, *PALB2*, *PHOX2B*, *PM*, *PMS2*, *PRF1*, *PRKARIA*, *PTCH1*, *PTEN*, *RAD51*, *RAD51D*, *RBI*, *RECQL4*, *RET*, *RHBDF2*, *RUNX3*.

*SBDS*, *SDHAF2*, *SDHB*, *SDHC*, *SDHD*, *SLX4*, *SMAD4*, *SMARCB1*, *STK11*, *SUFU*, *TMEM127*, *TP53*, *TSC1*, *TSC2*, *VHL*, *WRN*, *WT1*, *XPA*, *XPC*.

Библиотеки ДНК с молярностью 4ММ подвергались кластерной генерации в проточные ячейки. Были проведены 600 циклов секвенирования в соответствии с парными концами фрагментов в разных направлениях с использованием MiSeq картриджа (MiSeqReagent Kit v3.) на платформе MiSeq (Illumina) [17].

### **Анализ данных NGS-секвенирования и биоинформационная обработка**

Данные NGS были проанализированы с помощью программного обеспечения MiSeqReporter v.2.4. Генетические варианты аннотированы в соответствии с принятой номенклатурой Human Genome Variation Society [18] на основе рекомендаций международной организации по изучению генома человека HGNC [19]. Для интерпретации использовались геномные базы данных: Single Nucleotide Polymorphism Database dbSNP [20], ClinVar database [21], LOVD – Leiden Open Variation Database, открытая база данных вариаций Лейдена [22] и каталог соматических мутаций, встречающихся при раке (Catalogue of Somatic Mutations in Cancer, COSMIC) [23]. Для визуализации вариантов применено ПО Integrative Genomics Viewer. Для оценки популяционной частоты генетических вариантов использовались базы данных «1000 геномов» (1000 Genomes project) [24], проект секвенирования экзома (Exome Sequencing Project database, ESP6500) [25] и Консорциум по агрегации экзома (Exome Aggregation Consortium – ExAC) [26]. *In Silico* биоинформационные инструменты, такие как SIFT (Sorting Intolerant From Tolerant) и PolyPhen-2 (Polymorphism Phenotyping-2) были использованы для предсказания потенциальных патогенных эффектов миссенс-вариантов на структуру и функцию белка [27].

Результаты секвенирования, представленные выровненными последовательностями в виде VCF-файлов, анализировались с использованием программного обеспечения Variant Studio Data Analysis v.2.2. (Illumina). В качестве допустимого порогового значения качества секвенирования (Q-score) был выбран показатель 30, что соответствует уровню частоты ошибок 1:1000. Для исключения нуклеотидных вариантов низкого качества были установлены следующие параметры фильтрации: глубина считывания >50x, глубина альтернативного считывания >20x и

показатель качества >100. Варианты, удовлетворяющие критериям указанных параметров фильтрации, были включены в исследование.

Все этапы биоинформационного анализа процессинга и вычислительные расчеты выполнялись с использованием рабочей станции HPZ440 (Intel (R) Xeon (R) CPU E5-1603 v2 2.80GHz 2.80Gb, 64Gb RAM) на базе «Института генетики и физиологии» КН МНВО РК.

### **Методы статистической обработки результатов**

Для проведения статистического анализа использовали критерий суммы рангов Уилкоксона (Wilcoxon rank-sumtest) и критерий хи-квадрата (chi-square test). С использованием этих тестов были проанализированы демографические и клинико-патологические характеристики. Описательные статистические данные были суммированы частотными распределениями для категориальных переменных для непрерывных переменных. Тест суммы ранга Уилкоксона на использу-

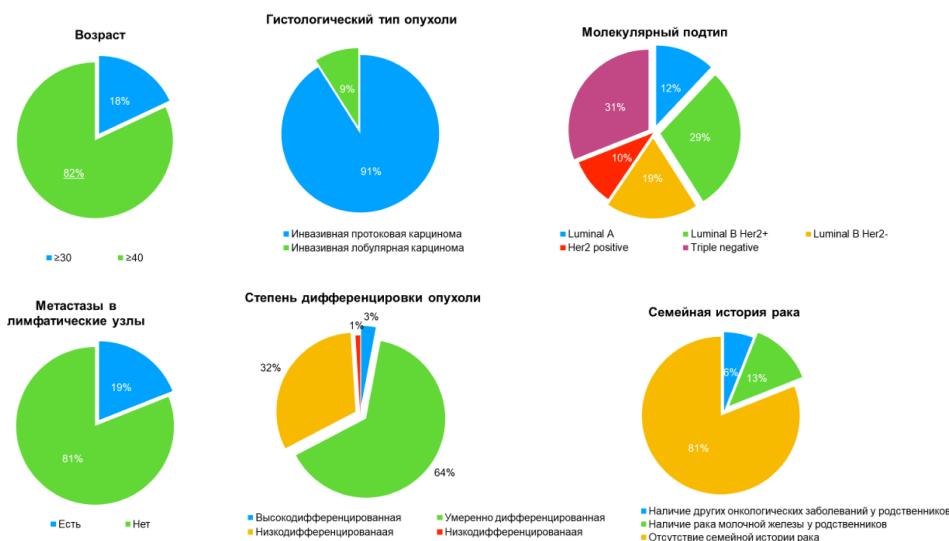
зовался для сравнения непрерывных переменных, а критерий хи-квадрат-для сравнения категориальных переменных. Результаты считались статистически значимыми при значении  $p < 0,05$ . Все статистические тесты были двусторонними при уровне значимости 5%. Данные были проанализированы и осуществлены с использованием программного обеспечения R версии 3.6.0 (W.N. Venables, D.M. Smith и R Core Team).

### **Результаты и обсуждение**

#### **Клинико-морфологическая характеристика рака молочной железы у женщин молодого возраста**

В ходе исследования был собран клинический материал и подробные анкетные данные, а также изучен семейный анамнез пациенток с ранним развитием РМЖ.

Результаты анализа клинико-морфологических характеристик пациенток с РМЖ представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Клинико-морфологические особенности исследованной группы.**

Средний возраст на момент постановки диагноза составил  $34,6 \pm 4,4$ . Самой молодой пациентке на момент постановки диагноза было 20 лет. У 37 пациентов (18,4%) РМЖ был диагностирован в возрасте до 30 лет. У 26 (13,0%) пациенток отмечен отягощенный семейный анализ по РМЖ, у 12 (6,0%) – по другим онкопатологиям. По гистологическому признаку опухолей

преобладающим типом являлась инвазивная протоковая карцинома. По степени дифференцировки опухоли преобладали умеренная и низкая степень дифференцировки. У большинства пациентов на момент постановки диагноза выявлена II стадия рака. Анализ молекулярного подтипа опухолей позволил выявить следующие субтипы: тройной негативный, люминальный B,

люминальный А, Her2 положительный тип. Преобладающими были тройной негативный и люминальный В субтипы. Также было проанализировано наличие метастазов у пациенток: у 36 пациенток (18,0%) выявилось метастатическое поражение регионарных лимфатических узлов, у 15 (6,7%) пациенток метастатическое поражение печени, метастатическое поражение легких обнаружено у 22 (9,82%) пациенток, костные поражения – у 23 (10,27%) пациенток, у 15 пациенток (6,70) обнаружены метастазы в центральную нервную систему. У некоторых пациенток при первичном обращении метастазы не обнаруживались, однако в течение полугода наблюдалось быстрое прогрессирование и появление метастазов. Эти пациентки считались как имеющие метастазы.

#### **Генетическая характеристика мутаций в гене *BRCA2* у женщин молодого возраста с раком молочной железы**

По результатам биоинформационического анализа данных NGS у 200 пациенток среднее покрытие составило 217,8Х и доля целевых регионов с глубиной покрытия не менее 20 ридов составила 96,7%, что обеспечило высокое качество прочтения.

Было выявлено 35 патогенных вариантов у 53 пациенток, что составляет 26,5% от всей когорты. Патогенные значение выявленных мутаций подтвердились базами данных ClinVar (NCBI), BIC и LOVD. Среди выявленных патогенных вариантов 4 (11,5%) регистрируются как новые мутации, не зарегистрированные в известных базах данных. Все выявленные патогенные мутации были в гетерозиготном состоянии. Все патогенные варианты были редкими. Для 29 вариантов данные об их популяционной часто-

те неизвестны в базах данных 1000G, ESP6500 и ExAC. Большинство патогенных мутаций были найдены в генах *BRCA1/BRCA2*.

Далее нами проведено детальное изучение выявленных вариантов гена *BRCA2*, поскольку значительное количество всех известных случаев РМЖ связано с мутациями именно в этом гене. Этот ген является опухолевым супрессором и играет важную роль в reparации двунитевых разрывов ДНК. Потеря функциональной активности этого гена в результате мутации приводит к нарушению регуляции клеточного цикла, процессов дифференцировки и апоптоза. Это способствует возникновению хромосомной нестабильности, следствием которой является рак.

В результате было выявлено и отфильтровано 1259 вариантов в гене *BRCA2*, из которых 442 оценены как миссенс варианты (смысловые), 795 – как синонимические замены нуклеотидов, 13 вариантов, приводящих к сдвигу рамки считываания (делеции/инсерции), 6 нонсенс-вариантов (варианты стоп кодона), 3 делеции внутри рамки считываивания (inframe deletion). Не было обнаружено вариантов в сайте сплайсинга, вариантов, нарушающих старт кодоны (start lost), и инtronных вариантов.

Характеристика идентифицированных патогенных вариантов приведена в Таблице 1. Все патогенные варианты находились в кодирующих участках гена *BRCA2* и встретились в гетерозиготном состоянии, а также ранее регистрировались в зарубежных исследованиях и базах данных ClinVar, LOVD. В целом в базе данных dbSNP были индексированы 99,89% вариантов, в каталоге COSMIC (Catalogue of somatic mutations in cancer) были зарегистрированы – 66,67%.

**Таблица 1 – Характеристика редких патогенных вариантов в гене *BRCA2*, обнаруженных у пациентов с раком молочной железы**

№	Характеристика варианта	Геномная позиция	Аминокислотная позиция	Частота по базам данных			Клиническое значение по базам данных	Число больных, чел.
				1000G	Esp6500	ExAC		
1	Делеция со сдвигом рамки считываания	g.30338TC	p.Q2157fs*18	0	0	0	патогенная мутация	1
2	Нонсенс мутация	g.52897G>A	p.W2725X	0	0	0	патогенная мутация	1
3	Делеция со сдвигом рамки считываания	g.26684_26687del	p.A938fsX21	0	0,03	0	патогенная мутация	2

Продолжение таблицы

4	Делеция со сдвигом рамки считывания	g.69663del	p.T3085fsX19	0	0	0	патогенная мутация	3
5	Делеция со сдвигом рамки считывания	g.46076CT	p.L2523fsX15	0	0	0	патогенная мутация	2
6	Делеция со сдвигом рамки считывания	g.26318del	p.M815fsX10	0	0	0	патогенная мутация	1
7	Нонсенс мутация	g.29934G>T	p.E2020*	0	0	0	патогенная мутация	1
8	Делеция со сдвигом рамки считывания	c. 9409dup	p.T3137fsX13	0	0	0	ClinVar-НД, LOVD-ВНЗ	3
9	Делеция со сдвигом рамки считывания	g.30521_30524del	p.T2214_Tyr2215insX	0	0	0	патогенная мутация	1
10	Нонсенс мутация	g.84239G>T	p.E3096*	0	0	0	патогенная мутация	1
11	Нонсенс мутация	g.88010A>T	p.K3326*	0,44	0,65	0,7	LOVD, ClinVar- ВД, ВНЗ	3
12	Делеция внутри рамки считывания	g.176470del	p.N1382del	0	0,07	0,01	ClinVar- ВНЗ	3

**Примечание:** НД – нет данных (не описан); ВНЗ-вариант неясного (неопределенного) значения; ВД = возможно доброкачественная

Всего было выявлено 12 патогенных вариантов (Таблица 1) у 22 пациенток, 6 из выявленных генетических вариантов являлись повторяющимися (рекуррентными). Спектр выявленных патогенных вариантов в гене *BRCA2* представлен на рисунке 2. Самым частым типом мутацией (50%) оказалась делеция, приводящая к сдвигу рамки считывания. Доли других типов мутаций оказались следующими: нонсенс-мутации

– 27,27%, делеции внутри рамки считывания – 13,64%, инсерции – 9,09%. Чаще всего (n=3) мутации наблюдались в следующих геномных позициях: g.69663del (p.T3085fsX19), c. 9409dup (p.T3137fsX13), g.88010A>T (p.K3326\*), g.176470del (p.N1382del). 6 отдельных патогенных вариантов (50%) встретились в единичных случаях. Все выявленные патогенные варианты были редкими, с частотой менее 1%.



**Рисунок 2 – Спектр идентифицированных патогенных вариантов в гене *BRCA2***

**Ассоциация между клинико-фенотипическими характеристиками и наличием патогенных мутаций в гене BRCA2 у пациентов с РМЖ**

Для того чтобы определить вклад выявленных нами патогенных мутаций гена *BRCA2* в

развитие РМЖ, мы проанализировали клинико-фенотипический статус пациентов – носителей *BRCA2*-мутаций (таблица 2). В группу носителей вошли все пациенты, у которых была обнаружена 1 или более патогенных мутаций в гене *BRCA2*.

**Таблица 2 – Ассоциация выявленных патогенных мутаций в гене *BRCA2* с экспрессией биомаркеров и с прогностическими факторами**

№	Характеристика варианта	Геномная позиция	Аминокислотная позиция	Частота по базам данных			Клиническое значение по базам данных	Число больных, чел.
				1000G	Esp6500	ExAC		
1	Делекция со сдвигом рамки считывания	g.30338TC	p.Q2157fs*18	0	0	0	патогенная мутация	1
2	Нонсенс мутация	g.52897G>A	p.W2725X	0	0	0	патогенная мутация	1
3	Делекция со сдвигом рамки считывания	g.26684_26687del	p.A938fsX21	0	0,03	0	патогенная мутация	2
4	Делекция со сдвигом рамки считывания	g.69663del	p.T3085fsX19	0	0	0	патогенная мутация	3
5	Делекция со сдвигом рамки считывания	g.46076CT	p.L2523fsX15	0	0	0	патогенная мутация	2
6	Делекция со сдвигом рамки считывания	g.26318del	p.M815fsX10	0	0	0	патогенная мутация	1
7	Нонсенс мутация	g.29934G>T	p.E2020*	0	0	0	патогенная мутация	1
8	Делекция со сдвигом рамки считывания	c. 9409dup	p.T3137fsX13	0	0	0	ClinVar-НД, LOVD-ВНЗ	3
9	Делекция со сдвигом рамки считывания	g.30521_30524del	p.T2214_Tyr2215insX	0	0	0	патогенная мутация	1
10	Нонсенс мутация	g.84239G>T	p.E3096*	0	0	0	патогенная мутация	1
11	Нонсенс мутация	g.88010A>T	p.K3326*	0,44	0,65	0,7	LOVD, ClinVar- ВД, ВНЗ	3
12	Делекция внутри рамки считывания	g.176470del	p.N1382del	0	0,07	0,01	ClinVar- ВНЗ	3

**Примечание:** НД – нет данных (не описан); ВНЗ-вариант неясного (неопределенного) значения; ВД = возможно доброкачественная

Из таблицы 2 видно, что почти все изученные нами биомаркеры и прогностические критерии развития РМЖ показали ассоциацию с наличием мутаций гене *BRCA2*, поскольку показатель OR оказался больше 1. Так, у пациенток-носительниц патогенных мутаций в гене *BRCA2* наблюдается

ассоциация с такими клиническими особенностями, как развитие эстроген/прогестерон-позитивных опухолей, наличие метастазов, а также повышается вероятность смерти от РМЖ. Хотя статистический анализ показал недостоверность выявленных ассоциаций, мы предполагаем, что

это можно объяснить недостаточным объемом имевшейся выборки. Дальнейшие исследования в области генетики РМЖ будут способствовать получению более точной картины взаимодействия генотипа и фенотипа при данном заболевании.

Следует также отметить, что в нашей выборке большая часть пациенток с мутациями в гене *BRCA2* не имела наследственно отягощенный семейный анамнез по онкологическим заболеваниям. Лишь небольшой процент пациенток имели родственников (1 и 2 степени родства), имевших РМЖ либо другие виды рака. Это позволяет предположить наличие экологической составляющей в развитии РМЖ. Неблагоприятная экологическая обстановка в местах проживания пациенток может приводить к утере гетерозиготности в соматических клетках, что провоцирует развитие рака.

## Заключение

Таким образом, применение метода NGS секвенирования позволяет выявлять патоген-

ные варианты в генах, участвующих в развитии РМЖ. Выявление патогенных мутаций у пациенток является очень важным этапом, поскольку играет решающую роль в прогнозировании течения заболевания, подбора наиболее адекватных методов терапии и улучшении качества жизни .

## Финансирование

Работа выполнена в рамках проекта АР09259034 «Изучение клинико-генетических аспектов раннего развития рака молочной железы на основе секвенирования нового поколения», финансируемой Министерством Высшего Образования и Науки Республики Казахстан.

## Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов.

## Литература

1. <https://onco.kz/o-rake/ponimanie-raka/statistika-raka/>
2. Kaidarov D, Dushimova Z, Shatkovskaya O, Ongarbayev B, Seisenbayeva G.T., Azhmagambetova A.E., Zhylkaidarov A.Zh., Lavrentyeva I.K., Sagi M.S. Indicators of the Oncology Service of the Republic of Kazakhstan for 2020: Statistical and Analytical Materials // eds. KIOR JSC. – 2021. – p. 366. doi: 10.52532/978-601-7548-11-7-2020-1-370.
3. Easton D.F., Pharoah P.D., Antoniou A.C., Tischkowitz M., Tavtigian S.V., Nathanson K.L., Devilee P., Meindl A., Couch F.J., Southey M., Goldgar D.E., Evans D.G., Chenevix-Trench G., Rahman N., Robson M., Domchek S.M., Foulkes W.D. Gene-Panel Sequencing and the Prediction of Breast-Cancer Risk // N Engl J Med. – 2015. – Vol. 372. – Pp. 2243-2257.
4. Caswell-Jin J.L., Gupta T., Hall E., Petrovchich I.M., Mills M.A., Kingham K.E., Koff R., Chun N.M., Levonian P., Lebenthal A.P., Ford J.M., Kurian AW. Racial/ethnic differences in multiple-gene sequencing results for hereditary cancer risk // Genet Med. – 2018. Vol. 20. № 2. – Pp. 234-239. doi:10.1038/gim.2017.96
5. Lin P.H., Kuo W.H., Huang A.C., Lu Y.S., Lin C.H., Kuo S.H., Wang M.Y., Liu C.Y., Cheng F.T., Yeh M.H., Li H.Y., Yang Y.H., Hsu Y.H., Fan S.C., Li L.Y., Yu S.L., Chang K.J., Chen P.L., Ni Y.H., Huang CS. Multiple gene sequencing for risk assessment in patients with early-onset or familial breast cancer // Oncotarget. – 2016. – Vol. 7. № 7. – Pp. 8310-8320. doi: 10.18632/oncotarget.7027.
6. Li L., Yi Z., Li C., Guan X., Xu B., Ma F. Integrative clinical genomics of early-onset breast cancer // Journal of Clinical Oncology. – 2018. – Vol. 36. № 15. – P. 1541. doi: 10.1200/JCO.2018.36.15\_suppl.1541.
7. Gomez-Flores-Ramos L., Dean M., Jones K., Wang M., Villarreal-Garza C., Alvarez-Gomez R.M. Clinically Relevant Germline Mutations in a Cohort of Young Women with Breast Cancer: A Comprehensive Analysis of Hereditary-Cancer Genes from Whole-Exome Sequencing // Preprints 2020, 20200807187; doi: 10.20944/preprints202008.0718.v1.
8. Kast K., Rhiem K., Wappenschmidt B., Hahnen E., Hauke J., Bluemcke B. Prevalence of BRCA1/2 germline mutations in 21 401 families with breast and ovarian cancer // J. Med. Genet. – 2016. – Vol. 53. – Pp. 465-471.
9. Buys S.S., Sandbach J.F., Gammon A., Patel G., Kidd J., Brown K.L., Sharma L., Saam J., Lancaster J., Daly M.B. A study of over 35,000 women with breast cancer tested with a 25-gene panel of hereditary cancer genes // Cancer. – 2017. – Vol. 123. – Pp. 1721-1730. doi: 10.1002/cncr.30498.
10. Tedaldi G., Tebaldi M., Zampiga V., Danesi R., Arcangeli V., Ravagnani M., Cangini I., Pirini F., Petracci E., Rocca A., Falcini F., Amadori D., Calistri D. Multiple-gene panel analysis in a case series of 255 women with hereditary breast and ovarian cancer // Oncotarget. – 2017. – Vol. 8. № 29. – Pp. 47064-47075. doi: 10.18632/oncotarget.16791.
11. Kraus C., Hoyer J., Vasileiou G., Wunderle M., Lux M.P., Fasching P.A., Krumbiegel M., Uebe S., Reuter M., Beckmann M.W., Reis A. Gene panel sequencing in familial breast/ovarian cancer patients identifies multiple novel mutations also in genes other than BRCA1/2 // Int J Cancer. – 2017. – Vol. 140. № 1. – Pp. 95-102. doi: 10.1002/ijc.30428.

12. Cock-Rada A.M., Ossa C.A., Garcia H.I., Gomez L.R. A multi-gene panel study in hereditary breast and ovarian cancer in Colombia // Fam Cancer. – 2018. – Vol. 17. № 1. – Pp. 23-30. doi: 10.1007/s10689-017-0004-z.
13. Балмұханов Т.С., Хансентова А.К., Нигматова В.Г., Аширбеков Е.Е., Попова И.В., Прназарова А.Ж., Черушева А.С., Ходаева А.Ю., Талаева Ш.Ж., Айтхожина Н.А. Распространенность некоторых полиморфизмов в генах BRCA1 и BRCA2 при раке молочной железы среди населения Республики Казахстан // Доклады Национальной Академии наук Республики Казахстан. – 2012. № 2. – С.58-63.
14. Akilzhanova A.R., Nyshanbekkyzy B., Nurkina Z.M., Shtephanov I.I., Makishev A.K., Adylkhanov T.A., Rakhypbekov T.K., Ramanculov E.M., Momynaliev KT. BRCA1 and BRCA2 Gene Mutations Screening In Sporadic Breast Cancer Patients In Kazakhstan // Cent Asian J Glob Health. – 2013. – Vol.2. № 1. – P. 29. doi:10.5195/cajgh.2013.29
15. Hata C., Nakaoka H., Xiang Y., Wang D., Yang A., Liu D., Liu F., Zou Q., Wei L., Zheng K. Inoue I., You H. Germline mutations of multiple breast cancer-related genes are differentially associated with triple-negative breast cancers and prognostic factors // J Hum Genet. – 2020. – Vol. 65. № 7. – Pp. 577-587. doi:10.1038/s10038-020-0729-7
16. Felix G.E.S., Zheng Y., Olopade O.I. Mutations in context: implications of BRCA testing in diverse populations // Fam Cancer. – 2018. – Vol. 17. № 4. – Pp. 471-483. doi:10.1007/s10689-017-0038-2
17. Feliubadaló L., Tonda R., Gausachs M., Trotta JR., Castellanos E., López-Doriga A., Teulé À., Tornero E., Del Valle J., Gel B., Gut M., Pineda M., González S., Menéndez M., Navarro M., Capellá G., Gut I., Serra E., Brunet J., Beltran S., Lázaro C. Benchmarking of Whole Exome Sequencing and Ad Hoc Designed Panels for Genetic Testing of Hereditary Cancer // Sci Rep. – 2017. – Vol. 7. – P. 37984. doi: 10.1038/srep37984.
18. Human GenomeVariation Society (HGVS) [www.hgvs.org/mutnomen](http://www.hgvs.org/mutnomen)
19. HUGO GeneNomenclature Committee <https://www.genenames.org>
20. Single Nucleotide Polymorphism Database dbSNP <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/ SNP>
21. ClinVar database <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/clinvar/>
22. LOVD – Leiden Open Variation Database, открытая база данных вариаций Лайдена <http://www.lovd.nl/3.0/home>
23. Catalogue of Somatic Mutations in Cancer, COSMIC, <http://cancer.sanger.ac.uk/cancergenome/projects/cosmic/>
24. 1000 Genomes project, <http://www.1000genomes.org/>
25. Exome Sequencing Project database, ESP6500, <https://esp.gs.washington.edu>
26. Консорциум по агрегации экзома (Exome Aggregation Consortium – ExAC, <http://exac.broadinstitute.org>).
27. Liu X., Jian X., Boerwinkle E. dbNSFP v2.0: a database of human non-synonymous SNVs and their functional predictions and annotations. Hum Mutat. – 2013. – Vol.34 № 9. – Pp. 2393-2402. doi: 10.1002/humu.22376. Epub 2013 Jul 10.

## References

1. <https://onco.kz/o-rake/ponimanie-raka/statistika-raka/>
2. Kaidarova D, Dushimova Z, Shatkovskaya O, Ongarbayev B, Seisenbayeva G.T., Azhmagambetova A.E., Zhylkaidarova A.Zh., Lavrentyeva I.K. and Sagi M.S. Indicators of the Oncology Service of the Republic of Kazakhstan for 2020: Statistical and Analytical Materials // eds. KIOR JSC. (2021): 366. doi: 10.52532/978-601-7548-11-7-2020-1-370.
3. Easton D.F., Pharaoh P.D., Antoniou A.C., Tischkowitz M., Tavtigian S.V., Nathanson K.L., Devilee P., Meindl A., Couch F.J., Southey M., Goldgar D.E., Evans D.G., Chenevix-Trench G., Rahman N., Robson M., Domchek S.M. and Foulkes W.D. "Gene-Panel Sequencing and the Prediction of Breast-Cancer Risk." *N Engl J Med* 372, (2015): 2243-2257.
4. Caswell-Jin J.L., Gupta T., Hall E., Petrovchich I.M., Mills M.A., Kingham K.E., Koff R., Chun N.M., Levonian P., Leb- ensohn A.P., Ford J.M. and Kurian AW. "Racial/ethnic differences in multiple-gene sequencing results for hereditary cancer risk" *Genet Med* 20, no 2 (2018): 234-239. doi:10.1038/gim.2017.96
5. Lin P.H., Kuo W.H., Huang A.C., Lu Y.S., Lin C.H., Kuo S.H., Wang M.Y., Liu C.Y., Cheng F.T., Yeh M.H., Li H.Y., Yang Y.H., Hsu Y.H., Fan S.C., Li L.Y., Yu S.L., Chang K.J., Chen P.L., Ni Y.H. and Huang CS. "Multiple gene sequencing for risk assessment in patients with early-onset or familial breast cancer" *Oncotarget* 7, no 7 (2016): 8310-8320. doi: 10.18632/oncotarget.7027.
6. Li L., Yi Z., Li C., Guan X., Xu B. and Ma F. "Integrative clinical genomics of early-onset breast cancer" *Journal of Clinical Oncology* 36, no 15 (2018): 1541. doi: 10.1200/JCO.2018.36.15\_suppl.1541.
7. Gomez-Flores-Ramos L., Dean M., Jones K., Wang M., Villarreal-Garza C. and Alvarez-Gomez R.M. "Clinically Relevant Germline Mutations in a Cohort of Young Women with Breast Cancer: A Comprehensive Analysis of Hereditary-Cancer Genes from Whole-Exome Sequencing" *Preprints* 2020, 20200807187; doi: 10.20944/preprints202008.0718.v1.
8. Kast K., Rhiem K., Wappenschmidt B., Hahnen E., Hauke J. and Bluemcke B. "Prevalence of BRCA1/2 germline mutations in 21 401 families with breast and ovarian cancer" *J. Med. Genet*-53, (2016): 465-471.
9. Buys S.S., Sandbach J.F., Gammon A., Patel G., Kidd J., Brown K.L., Sharma L., Saam J., Lancaster J. and Daly M.B. "A study of over 35,000 women with breast cancer tested with a 25-gene panel of hereditary cancer genes" *Cancer* 123, (2017): 1721-1730. doi: 10.1002/cncr.30498.
10. Tedaldi G., Tebaldi M., Zampiga V., Danesi R., Arcangeli V., Ravagnani M., Cangini I., Pirini F., Petracci E., Rocca A., Falcini F., Amadori D. and Calistri D. "Multiple-gene panel analysis in a case series of 255 women with hereditary breast and ovarian cancer" *Oncotarget* 8, no 23 (2017): 47064-47075. doi: 10.18632/oncotarget.16791.
11. Kraus C., Hoyer J., Vasileiou G., Wunderle M., Lux M.P., Fasching P.A., Krumbiegel M., Uebe S., Reuter M., Beckmann M.W. and Reis A. "Gene panel sequencing in familial breast/ovarian cancer patients identifies multiple novel mutations also in genes others than BRCA1/2" *Int J Cancer* 140, no 1 (2017): 95-102. doi: 10.1002/ijc.30428.

12. Cock-Rada A.M., Ossa C.A., Garcia H.I. and Gomez L.R. "A multi-gene panel study in hereditary breast and ovarian cancer in Colombia" *Fam Cancer* 17, no 1 (2018): 23-30. doi: 10.1007/s10689-017-0004-z.
13. Balmukhanov T.S., Khanseitova A.K., Nigmatova V.G., Ashirbekov Ye.Ye., Popova I.V., Prnazarova A.ZH., Cherusheva A.S., Khodayeva A.YU., Talayeva SH.ZH. Aytkhozhina N.A. "Rasprostranennost' nekotorykh polimorfizmov v genakh BRCA1 i BRCA2 pri rake molochnoy zhelezы sredi naseleniya Respubliki Kazakhstan [The prevalence of some polymorphisms in the BRCA1 and BRCA2 genes in breast cancer among the population of the Republic of Kazakhstan]" *Doklady Natsional'noy Akademii nauk Respubliki Kazakhstan* no 2 (2012): 58-63. (In Russian)
14. Akilzhanova A.R., Nyshanbekkyzy B., Nurkina Z.M., Shtephanov I.I., Makishev A.K., Adylkhanov T.A., Rakhypbekov T.K., Ramanculov E.M. and Momynaliev KT. "BRCA1 and BRCA2 Gene Mutations Screening In Sporadic Breast Cancer Patients In Kazakhstan" *Cent Asian J Glob Health* 2, no 1 (2013): 29. doi:10.5195/cajgh.2013.29
15. Hata C., Nakaoka H., Xiang Y., Wang D., Yang A., Liu D., Liu F., Zou Q., Wei L., Zheng K., Inoue I. and You H. "Germ-line mutations of multiple breast cancer-related genes are differentially associated with triple-negative breast cancers and prognostic factors" *J Hum Genet* 65, no 7 (2020): 577-587. doi:10.1038/s10038-020-0729-7
16. Felix G.E.S., Zheng Y. and Olopade O.I. "Mutations in context: implications of BRCA testing in diverse populations" *Fam Cancer* 17, no 4 (2018): 471-483. doi:10.1007/s10689-017-0038-2
17. Feliubadaló L, Tonda R, Gausachs M, Trotta JR, Castellanos E, López-Doriga A, Teulé Á, Tornero E, Del Valle J, Gel B, Gut M, Pineda M, González S, Menéndez M, Navarro M, Capellá G, Gut I, Serra E, Brunet J, Beltran S and Lázaro C. "Benchmarking of Whole Exome Sequencing and Ad Hoc Designed Panels for Genetic Testing of Hereditary Cancer" *Sci Rep* 7, (2017): 37984. doi: 10.1038/srep37984.
18. Human GenomeVariation Society (HGVS) [www.hgvs.org/mutnomen](http://www.hgvs.org/mutnomen)
19. HUGO GeneNomenclature Committee <https://www.genenames.org>
20. Single Nucleotide Polymorphism Database dbSNP <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/SNP>
21. ClinVar database <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/clinvar/>
22. LOVD – Leiden Open Variation Database, открытая база данных вариаций Лейдена <http://www.lovd.nl/3.0/home>
23. Catalogue of Somatic Mutations in Cancer, COSMIC, <http://cancer.sanger.ac.uk/cancergenome/projects/cosmic/>
24. 1000 Genomes project, <http://www.1000genomes.org/Exome Sequencing Project database, ESP6500, https://esp.gs.washington.edu>
25. Exome Sequencing Project database, ESP6500, <https://esp.gs.washington.edu>
26. Консорциум по агрегации экзома (Exome Aggregation Consortium – ExAC, <http://exac.broadinstitute.org>).
27. Liu X, Jian X, Boerwinkle E. "DbNSFP v2.0: a database of human non-synonymous SNVs and their functional predictions and annotations" *Hum Mutat* 34, no 9 (2013): 2393-2402. doi: 10.1002/humu.22376. Epub 2013 Jul 10.

**O.Yu. Yurikova\***, **T.I. Abdullayeva**, **Sh.A. Atambayeva**, **A. Bekenkali**

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: oksanayurikova@mail.ru

## GENES AND MIRNAS INVOLVED IN THE DEVELOPMENT OF ATHEROSCLEROSIS

Atherosclerosis is a complex multifactorial disease. miRNAs, single-stranded RNA molecules may play an important role in the regulation genes expression which involved in atherosclerosis. The work studied binding of miRNAs with mRNA of genes responsible for development of human atherosclerosis. Based on the literature data of PubMed, a database of 14 genes sequences associated with development of atherosclerosis was created. The miRNA binding sites in mRNAs of the studied genes were found using the miRWALK, miRTarBase, TargetScan, miRDB, and MirTarget programs. 94 binding sites of 51 miRNAs were revealed in mRNA of genes responsible for the development of atherosclerosis. Of the studied binding sites, 15 sites are located in CDS, 17 in 5'UTR, and 62 in 3'UTR. It was defined that some mRNAs of genes have several binding sites with miRNAs. Thus, TNFRSF9 has 15, LDLR – 11 binding sites, TGFB1 – 14 binding sites. It was shown that miR-619-5p more frequently than others binds to mRNA of genes responsible for the development of atherosclerosis. miR-619-5p binds to CD36 with a  $\Delta G/\Delta G_m$  ratio of 100%, miR-5096 with a  $\Delta G/\Delta G_m$  equal to 100% binds to IL18. Among the studied genes, TGFB1 is the most preferred target of miRNA with high values of interaction, indicating the degree of miRNA binding to mRNA. Thus, using miRWALK, miRTarBase, TargetScan, and miRDB programs, it was shown that mRNA of TGFB1 is a target for many miRNAs in CDS, 5'UTR, and 3'UTR regions.

**Key words:** miRNA, mRNA, binding sites, atherosclerosis, CDS, 5'UTR, 3'UTR, and nucleotide sequences.

О.Ю. Юрикова\*, Т.И. Абдуллаева, Ш.А. Атамбаева, А. Бекенқали

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

\*e-mail: oksanayurikova@mail.ru

### Атеросклероздың дамуына жауап беретін гендер мен миРНК

Атеросклероз – көп факторлы ауру. miRNAs, бір тізбекті РНҚ молекулалары, атеросклерозға қатысатын гендердің экспрессиясын реттеуде маңызды рөл атқаруы мүмкін. Жұмыста миРНҚ-ның адамның атеросклерозының дамуына жауап беретін гендердің мРНҚ-мен байланысы зерттелді. PubMed әдебиеттерінің деректері негізінде атеросклероздың дамуына байланысты 14 геннің мәліметтер базасы құрылды. Таңдалған гендердің мРНҚ-дағы miRNA байланыстыратын сайттар miRWALK, miRTarBase, TargetScan, miRDB және MirTarget бағдарламаларының көмегімен табылды. Атеросклероздың дамуына жауап беретін гендердің мРНҚ-сында 51 миРНҚ-ның байланыстыратын 94 сайт табылды. Анықталған байланысу сайттардан 15 сайт CDS-де, 17-i 5'UTR-де және 62-i 3'UTR-де орналасқан. Атеросклероздың дамуына жауап беретін гендердің кейбір мРНҚ-сында миРНҚ-мен байланысатын бірнеше сайттар бар екендігі анықталды. Сонымен TNFRSF9 гендерінің 15 байланысу сайттары, LDLR – 11 байланысу сайттары, TGFB1 – 14 байланыс сайттары бар. Көрсетілгендей, атеросклероздың дамуына жауап беретін гендердің мРНҚ-мен миРНҚ miR-619-5p ең көп байланысады. miR-619-5p CD36 генімен  $\Delta G/\Delta G_m$  қатынасы 100% болды, miR-5096  $\Delta G/\Delta G_m$  100%-ке тең IL18 генімен байланысады. Барлық зерттелген гендердің ішінен TRFB1 гені миРНҚ-ның мРНҚ-мен байланыс дәрежесін сипаттайтын жогары көрсеткіштерімен миРНҚ-ның ең қолайлы нысаны екендігі анықталды. Осылайша, miRWALK, miRTarBase, TargetScan және miRDB бағдарламаларын қолдана отырып, TGFB1 генінің мРНҚ-сы CDS, 5'UTR және 3'UTR аймақтарындағы көптеген миРНҚ-лардың нысаны екендігі көрсетілді.

**Тұйын сөздер:** миРНҚ, мРНҚ, байланысатын сайттар, атеросклероз CDS, 5'UTR, 3'UTR, нуклеотидтік тізбектер.

О.Ю. Юрикова\*, Т.И. Абдуллаева, Ш.А. Атамбаева, А. Бекенкали

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, Казахстан, г. Алматы  
\*e-mail: oksanayurikova@mail.ru

### Гены и миРНК, участвующие в развитии атеросклероза

Атеросклероз является многофакторным заболеванием. miRNA, однократочные молекулы РНК, могут играть важную роль в регуляции экспрессии генов, участвующих в развитии атеросклероза. В работе было изучено связывание миРНК с мРНК генов, ответственных за развитие атеросклероза человека. На основе литературных данных публикаций PubMed была создана база данных из 14 генов, связанных с развитием атеросклероза. Сайты связывания миРНК в мРНК отобранных генов были найдены с использованием программ miRWALK, miRTarBase, TargetScan, miRDB и MirTarget. В mRNA генов, ответственных за развитие атеросклероза, найдено 94 сайта связывания для 51 миРНК. Из выявленных сайтов связывания миРНК, 15 расположены в CDS, 17 – в 5'UTR и 62 – в 3'UTR. Было выявлено, что некоторые мРНК генов, ответственных за развитие атеросклероза, имеют несколько сайтов связывания с миРНК. Так, гены TNFRSF9 имеют 15 сайтов связывания, LDLR – 11 сайтов связывания, TGFB1 – 14 сайтов связывания. Было показано, что больше всего с мРНК генов, ответственных за развитие атеросклероза, связывалась миРНК miR-619-5p. miR-619-5p связывается с геном CD36 соотношением  $\Delta G/\Delta G_m$ , равным 100%, miR-5096 с  $\Delta G/\Delta G_m$ , равным 100%, связываются с геном IL18. Было установлено, что из всех изученных генов ген TGFB1 является наиболее предпочтительной мишенью миРНК с высокими показателями, характеризующими степень связывания миРНК с мРНК. Так, с помощью программ miRWALK, miRTarBase, TargetScan и miRDB было показано, что мРНК гена TGFB1 является мишенью для многих миРНК в CDS, 5'UTR и 3'UTR участках.

**Ключевые слова:** миРНК, мРНК, сайты связывания, атеросклероз, CDS, 5'UTR, 3'UTR, нуклеотидные последовательности.

## Introduction

Atherosclerosis is a complex multifactorial disease of medium and large arteries influenced by many genetic and environmental factors. In recent years, the number of candidate genes for atherosclerosis has been growing rapidly. This, in turn, leads to a significant increase in interest in identifying additional genetic risk factors for atherosclerosis and initiating a large number of genetic studies to prove a genetic effect on atherosclerosis [1].

Atherosclerosis is a chronic inflammatory disease, in which lipid macrophages accumulate in the subendothelial layer of arteries [2, 3]. It is well known that adhesion of monocytes is stimulated by endothelial dysfunction of the artery wall, after which they divide into macrophages and absorb lipoprotein particles into foam cells [4, 5]. The accumulation of these lipids causes inflammation, which stimulates and intensifies the atherosclerotic process [6].

MicroRNAs (miRNAs) are short, single-stranded RNA molecules that interact with mRNA and may affect protein synthesis [7, 8]. They make up about 1-5% of the human genome and are formulated as evolutionary conserved components that control the post-transcriptional expression of certain genes [8- 10]. Due to this action, miRNA can

suppress the expression of a particular protein and, therefore, bind to this gene and suppress it. miRNA suppresses the expression of a gene by dividing or disrupting its subsequent target mRNA, or by inhibiting the translation process. The method of action used to suppress a gene is determined by the degree of complementarity between the miRNA complex and its target mRNA [11].

Since miRNAs play an important role in the silencing of target genes, they subsequently decrease protein synthesis and, therefore, affect cell function; hence, it has been hypothesized that miRNAs may indeed play a role in endothelial damage and cell fusion, growth, and inflammatory responses [12 – 15]. It has also been suggested that miRNAs may be significant regulators of smooth muscle proliferation and phenotypic changes [16 – 20] and may affect macrophage activity. Thus, understanding the effect of miRNAs on cells that provoke the development of atherosclerosis may be crucial for using their potential in clinical therapy in the process of vascular diseases. The aim of this study was to determine the genes and miRNAs involved in the development of atherosclerosis, as well as the identification of their miRNAs – candidate genes associations, effectively interacting to each other. As a result of the study, a database of genes responsible for the development of atherosclerosis was created, and the features of

the interaction of mRNA genes with miRNAs involved in the development of atherosclerosis were revealed.

## Methods and materials

NCBI database ([www.ncbi.nlm.nih.gov/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/)) was used for the genes search; the name of the disease was used as a keyword (the choice of keywords was in different variations). For each request for atherosclerosis, there were several hundred candidate genes in the database, each of which was studied separately. The study was conducted by looking for the association of this gene with the corresponding disease in publications over the past decade ([www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed)). Thus, the relationship between the gene and the corresponding disease was identified, and a database of genes involved in the development of atherosclerosis was created. Further, a comparative analysis of the database of candidate genes was carried out.

All nucleotide sequences of selected genes mRNAs were obtained from GenBank ([www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)). The miRNA nucleotide sequences were obtained from miRBase ([www.mirbase.org](http://www.mirbase.org)). The search for the target gene for miRNA was carried out using the MirTarget program [20]. The program was used to search for sites of interaction, free energy of interaction ( $\Delta G$ ) and schemes of their interaction.  $\Delta G/\Delta G_m$  is a relative quantitative measure of the strength of interaction between miRNAs and mRNAs, where  $\Delta G_m$  is equal to the binding energy of the fully complementary miRNA nucleotide sequences. The location of the miRNA binding sites were determined at the 5'-UTR, protein Coding Sequence (CDS), or at the 3'UTR. The search for a target gene for miRNA was also carried out using miRWalk program [22 – 25].

## Results and Discussion

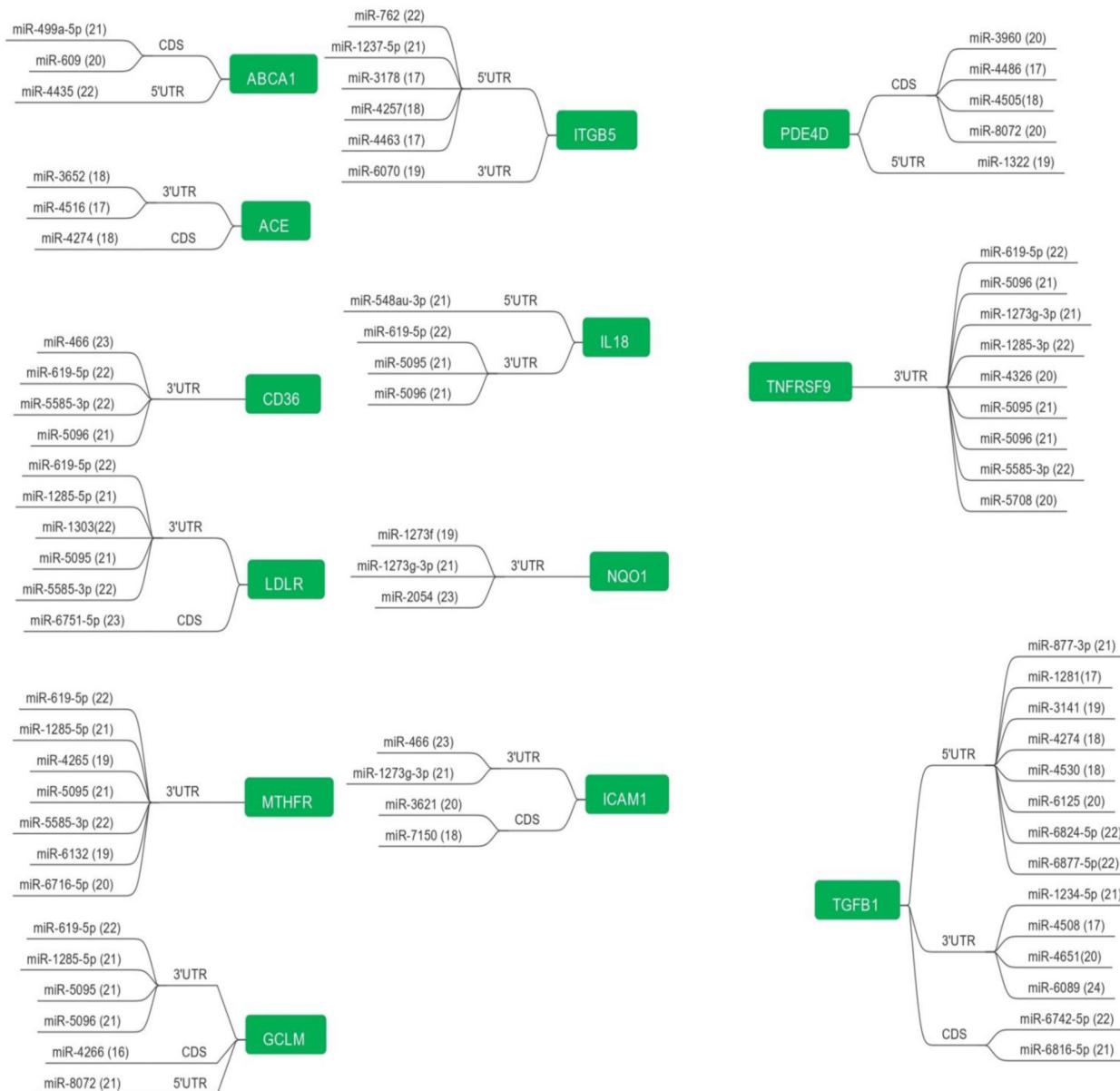
14 genes involved in development of atherosclerosis were selected from NCBI database (Table 1).

**Table 1** – Genes involved in the development of atherosclerosis

Gene	Full gene name	PMID
TNFRSF9	TNF receptor superfamily member 9	25032953
ABCA1	ATP binding cassette subfamily A member 1	25527331
ACE	angiotensin I converting enzyme	18298340
PDE4D	phosphodiesterase 4D	22045424
GCLM	glutamate-cysteine ligase modifier subunit	19126404
NQO1	NAD(P)H quinone dehydrogenase 1	31332605
IL18	interleukin 18	20350254
CD36	CD36 molecule	28691408
ICAMI	intercellular adhesion molecule 1	18420209
ITGB5	integrin subunit beta 5	30131040
IGFBP7	insulin like growth factor binding protein 7	30131040
LDLR	low density lipoprotein receptor	31834409
TGFB1	transforming growth factor beta 1	30942415
MTHFR	methylenetetrahydrofolate reductase	29501539

The binding of mRNA to miRNA and their characteristics are shown in Figure 1. Of the genes involved in the development of atherosclerosis: four genes interact with miRNAs in 5'UTR, six genes interact with miRNAs in CDS, and nine genes interact with miRNAs in 3'UTR. mRNAs of the genes presented in Table 1 are most often associated with the following miRNAs: miR-466, miR-619-5p, miR-1273g-3p, miR-1285-3p, miR-5095, and miR-5096.

Some mRNAs involved in the development of atherosclerosis have been associated with two or more miRNAs. *CD36*, *IL18*, and *ICAMI* genes interact with four miRNAs, *GCLM* – with six miRNAs, *LDLR* and *MTHFR* – with seven miRNAs, and *TNFRSF9* gene – with eight miRNAs. In 5'UTR, mRNA of *ITGB5* gene is associated with five miRNAs. The greatest number of miRNAs-mRNA interactions (14 binding sites) were identified in mRNA of *TGFB1* gene (Figure 1-2).



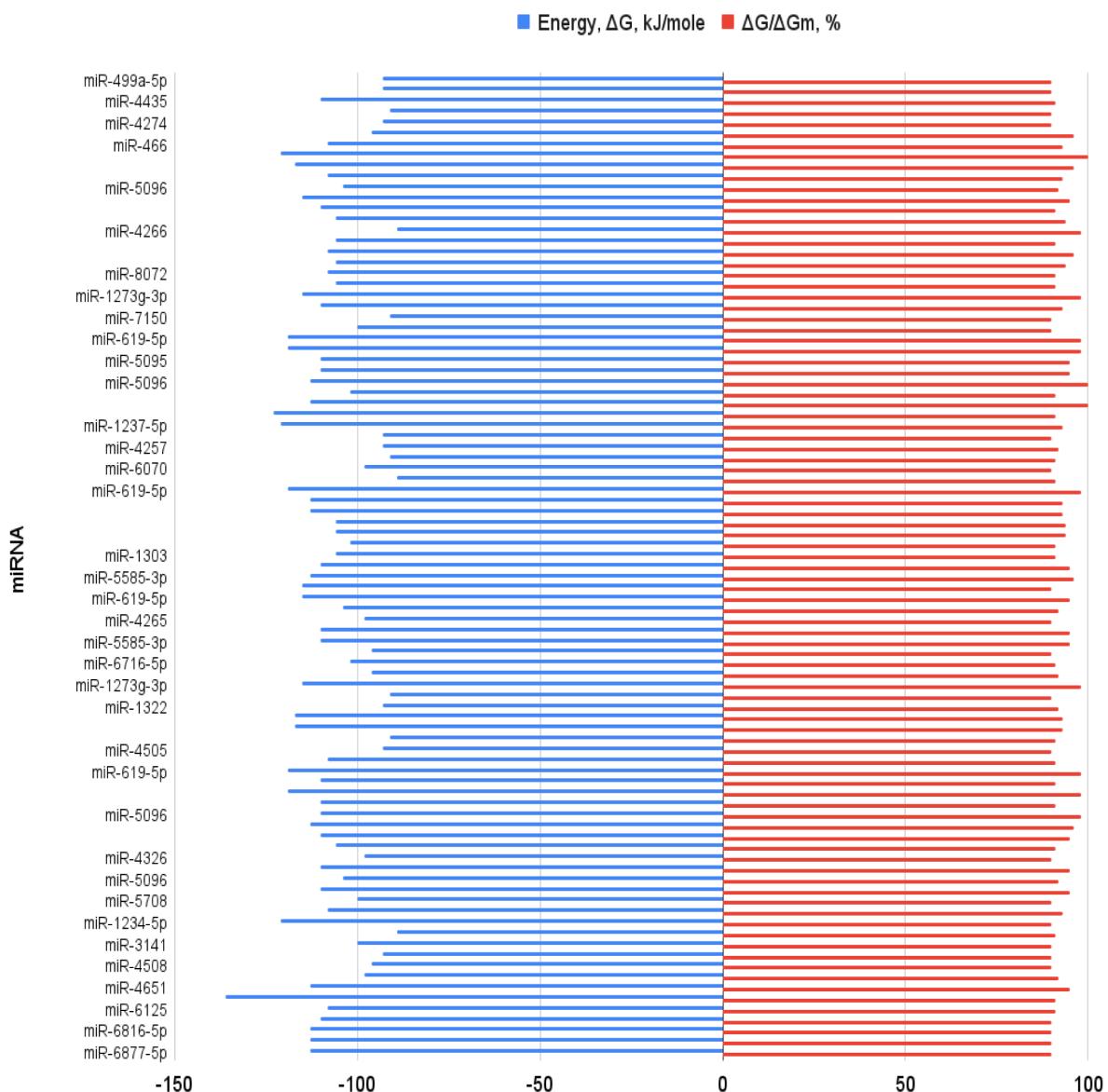
**Figure 1 –** Interactions of miRNAs and mRNAs of the genes involved in development of atherosclerosis

Most interactions were found predominantly in 3'UTR of mRNAs. The largest number of miRNA bindings are in 3'-untranslated region of the studied mRNAs. *TGFB1* gene was the only that has miRNA binding sites in 5'UTR, CDS, and 3'UTR. The length of miRNAs associated with genes associated with the development of atherosclerosis varied within 17-23 nucleotides. Some miRNA-mRNA interactions was more effective than others as the free energy of binding was high: mRNA of *CD36* and miR-619-5p interacted with the free energy

value equal to -121 kJ/mol, *ITGB5* and miR-762 (free energy of interaction -123 kJ/mol), *TGFB1* and miR-6089 ( -136 kJ/mol). The average free energy of binding in 5'UTR, CDS and 3'UTR was calculated by dividing the sum of free energy value of all binding sites by the number of these sites and it was around -104 kJ/mol for 5'UTR located binding sites, -101 kJ/mol for CDS located binding sites, and -108 kJ/mol for 3'UTR located binding sites. Some mRNAs have multiple binding sites of miRNAs. The largest number of interactions was found

between miR-619-5p, miR-1273g-3p, miR-1285-5p and *TNFRSF9*, *LDLR*, and *TGFB1* mRNAs. Notably, these several miRNAs – mRNAs interactions were with full complementarity and therefore with  $\Delta G/\Delta G_m$  value equal to 100%. There were such pairs miR-619-5p and *CD36* mRNA, miR-5096 and *IL18* mRNA. The high  $\Delta G/\Delta G_m$  ratio that is around 98% was revealed between miR-1273g-3p, miR-619-5p, miR-5096 and mRNAs of *ICAMI*, *IL18*, *NQO1*, *LDLR*, *TNFRSF9*. In addition, high  $\Delta G/\Delta G_m$  values were found in genes *GCLM* and *ACE*.

In result of the conducted analysis 14 miRNA binding sites were revealed in mRNA of *TGFB1* gene. As it was established that mRNA of gene *TGFB1* interacted with different miRNAs, it might be associated with the development of atherosclerosis. In addition the prediction of miRNAs interacting with *TGFB1* was performed using miRWalk open-source platform [22-25]. Table 2 shows the identified interactions of mRNA of *TGFB1* with various miRNAs at Score 1,000 in its, 5'UTR, CDS, and 3'UTR.



**Figure 2** – Characteristics of binding sites of miRNAs and mRNAs of the genes involved in development of atherosclerosis

**Table 2** – Interactions of mRNAs with miRNAs, involved in the development of atherosclerosis, obtained using miRWALK

miRNA	Target gene	Site location	Score	Localization	miRTarBase	Target Scan	miRDB
hsa-miR-17-5p	<i>TGFB1</i>	2279	1,000	3UTR	MIRT437865		
hsa-miR-106A-5p	<i>TGFB1</i>	2279	1,000	3UTR	MIRT734164		
hsa-miR-124-3p	<i>TGFB1</i>	1177	0,981	CDS		+	
hsa-miR-361-3p	<i>TGFB1</i>	2739	1,000	3UTR		+	
hsa-miR-609	<i>TGFB1</i>	2616	1,000	3UTR		+	
hsa-miR-609	<i>TGFB1</i>	2465	1,000	3UTR		+	
hsa-miR-654-5p	<i>TGFB1</i>	1025	1,000	CDS		+	
hsa-miR-744-5p	<i>TGFB1</i>	1891	1,000	CDS	MIRT037719	+	+
hsa-miR-1827	<i>TGFB1</i>	1834	1,000	CDS		+	
hsa-miR-3907	<i>TGFB1</i>	2648	1,000	3UTR		+	
hsa-miR-4472	<i>TGFB1</i>	519	1,000	5UTR		+	
hsa-miR-4510	<i>TGFB1</i>	726	1,000	5UTR		+	
hsa-miR-6129	<i>TGFB1</i>	2247	1,000	3UTR		+	
hsa-miR-6130	<i>TGFB1</i>	2220	1,000	3UTR		+	
hsa-miR-6856-3p	<i>TGFB1</i>	2742	1,000	3UTR		+	

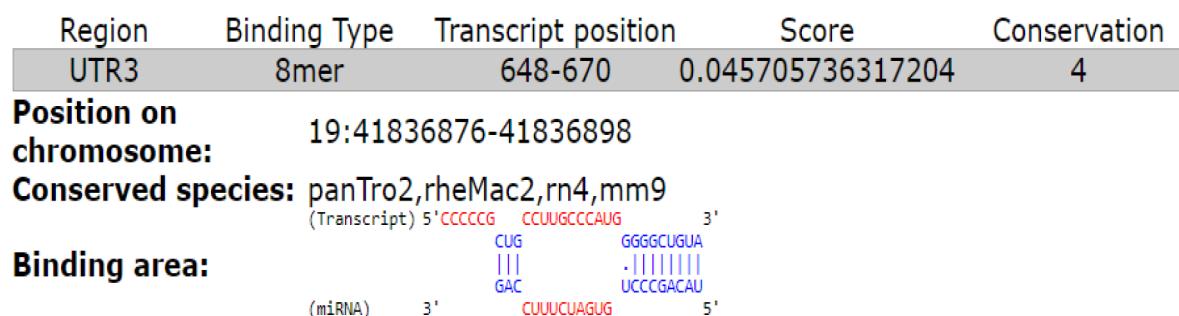
Note: miRTarBase is experimentally confirmed miRNA-database of interactions with targets;

TargetScan is a web server that predicts miRNA targets;

miRDB is an online database for miRNA targets prediction;

The score is calculated by running the TarPmiR algorithm to predict miRNA targets based on the random-forest method.

It was also found that the interaction between hsa-miR-6856-3p and *TGFB1* is conservative, which is demonstrated by the Diana Tools platform (Figure 3) [26].

**Figure 3** – Characteristics of binding sites of hsa-miR-6856-3p and *TGFB1* obtained using program Diana Tools

It should be noted that interactions between *TGFB1* gene mRNA and hsa-miR-17-5p, hsa-miR-106A-5p, hsa-miR-744-5p have been experimentally confirmed. The relationship between *TGFB1* mRNA and hsa-miR-744-5p was demonstrated by

miRWALK program, and also confirmed by TargetScan and miRDB programs. Most interactions between *TGFB1* mRNA and miRNAs shown in Table 2 are also determined by miRDB miRNA target prediction database.

## Conclusion

The analysis revealed that *TGFB1* gene, which is responsible for the development of atherosclerosis, may become the most effective biomarker, and it

was shown that its expression is regulated by various miRNAs. The efficiency of using mRNA of *TGFB1* gene as a regulator of the development of atherosclerosis was also shown using miRWALK, miRTarBase, TargetScan, miRDB and Diana Tools programs.

## References

1. Arnett D. K., Baird A. E., Barkley R. A., Basson C. T., Boerwinkle E., Ganesh S. K., Herrington D. M., Hong Y., Jaquish C., McDermott D. A., O'Donnell C. J. Relevance of genetics and genomics for prevention and treatment of cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, the Stroke Council, and the Functional Genomics and Translational Biology Interdisciplinary Working Group. // Circulation. – 2007. – Vol. 115, No. 22. – Pp. 2878-2901.
2. Hansson G.K., Libby P., Tabas I. Inflammation and plaque vulnerability // Journal of Internal Medicine. – 2015. – Vol. 278. – Pp. 483-493.
3. Libby P., Hansson G.K. Inflammation and immunity in diseases of the arterial tree: players and layers // Circulation Research. – 2015. – Vol. 116. – Pp. 307-311.
4. Vozenilek A.E., Navratil A.R., Green J.M., et al. Macrophage-Associated Lipin-1 Enzymatic Activity Contributes to Modified Low-Density Lipoprotein-Induced Proinflammatory Signaling and Atherosclerosis // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2018. – Vol. 38. – Pp. 324-334.
5. Violi F., Carnevale R., Loffredo L., et al. NADPH Oxidase-2 and Atherothrombosis: Insight from Chronic Granulomatous Disease // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2017. – Vol. 37. – Pp. 218-225.
6. Tabas I. Russell Ross Memorial Lecture in Vascular Biology: Molecular-Cellular Mechanisms in the Progression of Atherosclerosis // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2017. – Vol. 37. – Pp. 183-189.
7. Thum T., Mayr M. Review focus on the role of microRNA in cardiovascular biology and disease // Cardiovascular Research. – 2012. – Vol. 93. – Pp. 543-544.
8. Winter J., Jung S., Keller S., et al. Many roads to maturity: microRNA biogenesis pathways and their regulation // Nature Cell Biology. – 2009. – Vol. 11. – Pp. 228-234.
9. Maitrias P., Metzinger-Le Meuth V., Nader J., et al. The Involvement of miRNA in Carotid-Related Stroke // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2017. – Vol. 37. – Pp. 1608-1617.
10. Zampetaki A., Mayr M. MicroRNAs in vascular and metabolic disease // Circulation Research. – 2012. – Vol. 110. – Pp. 508-522.
11. Yates L., Norbury C., Gilbert R. The long and short of microRNA // Cell. – 2013. – Vol. 153. – Pp. 516-519.
12. Sunderland N., Skroblin P., Barwari T., et al. MicroRNA Biomarkers and Platelet Reactivity: The Clot Thickens // Circulation Research. – 2017. – Vol. 120. – Pp. 418-435.
13. Lima J., Batty J., Sinclair H., Kunadian V. MicroRNAs in Ischemic Heart Disease: From Pathophysiology to Potential Clinical Applications // Cardiology in Review. – 2017. – Vol. 25. – Pp. 117-125.
14. Alexandru N., Badila E., Weiss E., et al. Vascular complications in diabetes: Microparticles and microparticle associated microRNAs as active players // Biochemical and Biophysical Research Communications. – 2016. – Vol. 472. – Pp. 1-10.
15. Reddy M., Das S., Zhuo C., et al. Regulation of Vascular Smooth Muscle Cell Dysfunction under Diabetic Conditions by miR-504 // Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. – 2016. – Vol. 36. – Pp. 864-873.
16. Albinsson S., Sward K. Targeting smooth muscle microRNAs for therapeutic benefit in vascular disease // Pharmacological Research. – 2013. – Vol. 75. – Pp. 28-36.
17. Robinson H., Baker A. How do microRNAs affect vascular smooth muscle cell biology? // Current Opinion in Lipidology. – 2012. – Vol. 23. – Pp. 405-411.
18. Hergenreider E., Heydt S., Treguer K., et al. Atheroprotective communication between endothelial cells and smooth muscle cells through miRNA // Nature Cell Biology. – 2012. – Vol. 14. – Pp. 249-256.
19. Ivaschenko A., Berillo O., Pyrkova A., et al. The properties of binding sites of miR-619-5p, miR-5095, miR-5096 and miR-5585-3p in the mRNAs of human genes // BioMed Research International. – 2014. – Vol. 2014. – P. 720715.
20. Sticht C., De La Torre C., Parveen A., Gretz N. miRWALK: An online resource for prediction of microRNA binding sites // PLOS One. – 2018. – Vol. 13, №10.
21. Joshi SR., Comer BS., McLendon JM., Gerthoffer WT. MicroRNA Regulation of Smooth Muscle Phenotype // Mol Cell Pharmacol. – 2012. – №4 (1). – Pp. 1-16.
22. Sticht C., De La Torre C., Parveen A., Gretz N. miRWALK: An online resource for prediction of microRNA binding sites // PLoS One. – 2018. – №3 (10):e0206239.
23. Dweep H., Gretz N., Sticht C. miRWALK database for miRNA-target interactions // Methods Mol Biol. – 2014. – №1182. – Pp. 289-305.
24. Griffiths-Jones, Sam miRBase: microRNA sequences and annotation // Current protocols in bioinformatics. – 2010. – Vol. Chapter 12. – Unit 12.9.1-10.
25. Kozomara A., Griffiths-Jones S. miRBase: integrating microRNA annotation and deep-sequencing data // Nucleic Acids Res. – 2011. – №39. – D152-D157.
26. Paraskevopoulou MD., Georgakilas G., Kostoulas N., et al. DIANA-microT web server v5.0: service integration into miRNA functional analysis workflows // Nucleic Acids Res. – 2013. – №41 (Web Server issue). – W169-W173.

**A.D. Zhadil\***, **A.V. Lovinskaya**, **S.Zh. Kolumbayeva**, **M.A. Suvorova**

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: aia.zhad@mail.ru

## **STUDY OF THE TOXIC AND GENOTOXIC ACTIVITY OF WATER OF LAKE KOLSAI, LOCATED ON THE TERRITORY OF THE ALMATY REGION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

An important step in assessing the state of natural environment is the identification of various environmentally hazardous factors that possess toxic, genotoxic and mutagenic activity. The appearance in the environment of a new pollutants and an increase in the concentration of already present physicochemical components that exhibit toxic and genotoxic properties contribute to environmental mutational load on biota. In recent decades, due to the intensification of economic activity and the development of the tourism sector, the anthropogenic load has significantly increased not only on terrestrial, in particular mountain ecosystems, but also on natural water reservoirs. In this regard, the purpose of this study was to investigate the genotoxic, mutagenic and toxic activity of surface water of the freshwater lake Nizhny Kolsai, located on the territory of national park "Kolsai kolderi" in the Kegen district of the Almaty region, Republic of Kazakhstan. For the first time, using a number of test systems (DNA comet method, cytogenetic test for accounting for chromosomal aberrations and biochemical analysis of lipid peroxidation products), water samples taken in 2018 and 2022 (spring-summer period) were studied at the *Mus musculus* model facility. It was found that water samples induced DNA breaks in cells of bone marrow and spleen of experimental mice, the level of which was significantly higher than in intact animals ( $p < 0.001$ ). Cytogenetic analysis of the bone marrow of mice treated with lake water also showed a statistically significant increase in the frequency of aberrant cells and the number of structural chromosome aberrations per 100 metaphases ( $p < 0.05$ ). A biochemical study of lipid peroxidation products (LPO) in the liver of experimental animals also revealed a statistically significant ( $p < 0.05$ ) increase in the level of lipid hydroperoxide (HPL) and malondialdehyde (MDA). The results obtained indicate the presence in the studied natural surface waters of chemicals with genotoxic, mutagenic and toxic activity.

**Key words:** natural surface waters, genotoxicity, organ specificity, chromosomal aberrations, comet DNA assay.

А.Д. Жаділ\*, А.В. Ловинская, С.Ж. Колумбаева, М.А. Суворова

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

\*e-mail: aia.zhad@mail.ru

### **Қазақстан Республикасы Алматы облысының ауамағында орналасқан Қөлсай көлі сүйниң токсикалық және генотоксикалық белсененділігін зерттеу**

Табиги ортаниң жай-күйін бағалаудың маңызды кезеңі – ондағы токсикалық, генотоксикалық және мутагендік белсененділікке ие әртүрлі экологиялық қауіпті факторларды анықтау. Қоршаған ортада жаңа компоненттердің пайда болуы улы және генотоксикалық қасиеттері бар физика-химиялық компоненттер концентрациясының жоғарылауы әртүрлі экожүйелердің биотасына қоршаған ортаниң мутациялық қысымының жоғарылауына ықпал етеді. Соңғы он жылдықтарда экономикалық белсененділіктің күшеюіне және туризм секторының дамуына байланысты антропогендік жүктеме тек жер үсті, атап айтқанда, таулы эко жүйелерде ғана емес, сонымен қатар табиги жер үсті суларында да айтарлықтай өсті. Осыған байланысты бұл зерттеудің мақсаты – Қазақстан Республикасы Алматы облысы Кеген ауданындағы «Қөлсай көлдері» ұлттық саябағының ауамағында орналасқан Төмөнгі Қөлсай тұщы көлі сүйниң генотоксикалық, мутагендік және токсикалық белсененділігін зерттеу. Алғаш рет *Mus musculus* модельдік объектісінде бірқатар сынақ жүйелерін (ДНК кометасы әдісі, хромосомалық aberrацияларды есепке алу бойынша цитогенетикалық тест және липидтердің асқын тотығу өнімдерінің биохимиялық талдауы) пайдалана отырып, 2018 және 2022 жылдарды (көктем-жаз кезеңі) іріктелген су үлгілері зерттелді. 2018 және 2022 жылдардағы су үлгілері тәжірибелі тышқандардың сүйек кемігімен көк бауыр жасушаларында ДНК бұзылыстарын индукциялағаны анықталды, оның деңгейі интактты жануарлардағы аналогиялық көрсеткіштерден статистикалық түрғыдан айтарлықтай жоғары болды ( $p < 0,001$ ). Қөл сүйн қабылдаған тышқандардың сүйек кемігін цитогенетикалық тал-

дауда аберрантты жасушалардың жиілігінің және 100 метафазаға шаққанда құрылымдық хромосомалардың бұзылыстарының статистикалық маңызды жоғарылауын көрсетті ( $p < 0,05$ ). Тәжірибелік жануарлардың бауырындағы липидтердің асқын тотығу өнімдерін биохимиялық зерттеуде липидті гидропероксид (ГПЛ) және малондиальдегид (МДА) деңгейінің статистикалық маңызды ( $p < 0,05$ ) жоғарылауын анықтады. Зерттеу барысында алынған нәтижелер зерттелген табиги жер үсті суларында генотоксикалық, мутагендік және токсикалық белсенеділігі бар химиялық заттардың бар екендігін көрсетеді.

**Тұйін сөздер:** жер үсті табиги сулары, генотоксикалық, органоспецификалық, хромосомалық аберрациялар, ДНК комета әдісі.

А.Д. Жадил\*, А.В. Ловинская, С.Ж. Колумбаева, М.А. Суворова

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

\*e-mail: aia.zhad@mail.ru

### Исследование токсической и генотоксической активности воды озера Кольсай, расположенного на территории Алматинской области Республики Казахстан

Важным этапом оценки состояния природной окружающей среды является выявление в ней различных экологически опасных факторов, обладающих токсической, генотоксической и мутагенной активностью. Появление в окружающей среде новых и увеличение концентрации уже присутствующих физико-химических компонентов, проявляющих токсические и генотоксические свойства, способствует усилению мутационного давления внешней среды на биоту различных экосистем. В последние десятилетия в связи с интенсификацией хозяйственной деятельности и развитием туристической сферы значительно увеличилась антропогенная нагрузка не только на наземные, в частности горные экосистемы, но и на природные поверхностные воды. В связи с этим, целью настоящего исследования явилось изучение генотоксической, мутагенной и токсической активности воды пресноводного озера Нижний Кольсай, расположенного на территории национального парка «Көлсайкөлдері» в Кегенском районе Алматинской области РК. Впервые с помощью ряда тест-систем (метод ДНК-комет, цитогенетический тест по учету хромосомных аберраций и биохимический анализ продуктов перекисного окисления липидов) на модельном объекте *Mus musculus* были изучены образцы воды, отобранные в 2018 и 2022 годах (весенне-летний период). Установлено, что пробы воды 2018 и 2022 г.г. индуцировали в клетках костного мозга и селезенки опытных мышей разрывы ДНК, уровень которых статистически значимо превышал аналогичные показатели у интактных животных ( $p < 0,001$ ). Цитогенетический анализ костного мозга мышей, принимавших озерную воду, также показал статистически значимое увеличение частоты аберрантных клеток и числа структурных нарушений хромосом на 100 метафаз ( $p < 0,05$ ). Биохимическое исследование продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в печени опытных животных также выявило статистически значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение уровня гидроперекиси липидов (ГПЛ) и малонового диальдегида (МДА). Полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о наличии в исследуемых природных поверхностных водах химических веществ, обладающих генотоксичной, мутагенной и токсической активностью.

**Ключевые слова:** поверхностные природные воды, генотоксичность, органоспецифичность, хромосомные аберрации, метод ДНК комета.

## Introduction

Escalating anthropogenic load leads to large-scale pollution of the environment with various xenobiotics, the number and range of which is increasing every year. This situation, of course, causes reasonable concern among specialists in various fields, environmental services, and, above all, among healthcare representatives [1-4].

Currently, the study of pollutants action on living organisms is the main goal of environmental monitoring, of which genetic monitoring is an integral part. Living organisms, including humans, are constantly exposed to a variety of environmentally

hazardous factors of physical, chemical and biological nature, the vast majority of which, as has been shown in experimental studies, exhibit toxic, mutagenic and carcinogenic properties [5-9].

Of particular danger are factors that possess mutagenic activity. Environmental mutagens may cause irreversible damage to DNA, disrupt DNA replication and cause mutations leading to various hereditary pathologies, as well as cancer [10,11]. The frequency of spontaneous mutations in normal cells is estimated ranging from  $10^{-8}$  to  $10^{-11}$  per DNA nucleotide [12]. However, various mutagens can dramatically increase this frequency by several hundreds of times [13]. The impact of mutagenic factors

on the body contributes to an increase in the genetic load in populations, which can cause a population decline, extinction of entire species and an increase in the frequency of hereditary diseases in the population.

At present, when there is a rapid increase in the world's population, the state of natural environment which is a direct habitat or a source of vital resources is deteriorating significantly. Natural surface waters located near settlements deserve special attention. Therefore, the assessment of genotoxicity and mutagenicity of water bodies is becoming increasingly important [14,15].

Different levels of anthropogenic impact significantly affect water quality and lead to pronounced gradients of environmental pollution. Ecological gradients have significantly affected the geographic distribution of zooplankton biodiversity. In addition, along with the trend towards increasing environmental pollution, indicator taxa associated with habitats have shifted in constituent parts, changing from large species (for example, arthropods) in lightly disturbed areas to small organisms (for example, rotifers and ciliates) in heavily disturbed areas. All this clearly demonstrates that water pollution as a result of anthropogenic activity significantly affects biological communities [16].

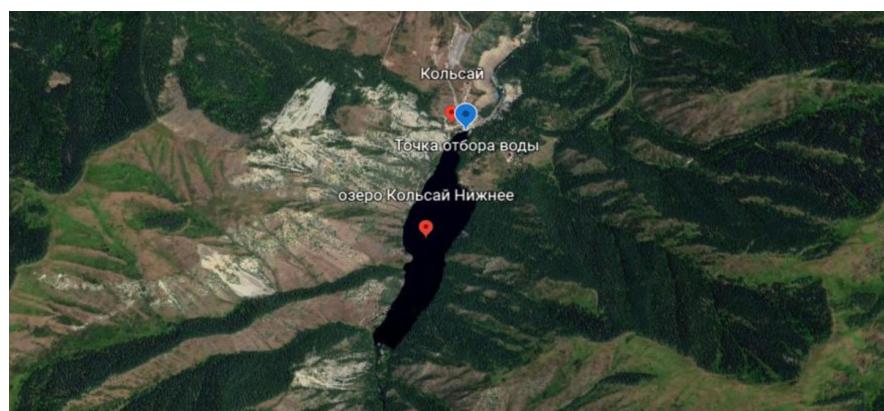
According to the surface water monitoring data of the Republic of Kazakhstan for the 1<sup>st</sup> half of 2022, out of 134 water bodies, 27 rivers belong to classes 5 and > 5 according to the Unified Water Quality Classification, that is, water is not suitable for all types of water use [17]. The main pollutants of surface water bodies in Kazakhstan include the main ions of the salt composition, biogenic and organic compounds, pesticides, oil and oil products,

phenols, etc. Exceeding the quality standards for these indicators to some extent may be due to the natural and climatic features of the territory, then in most cases, the cause is anthropogenic factors, wastewater discharges from various economic enterprises and public utilities, etc. [17].

However, it should be noted that natural surface waters that are not subjected to direct human activity are also exposed to pollutants. Popular tourist and recreational areas are also experiencing anthropogenic pressure. One of such picturesque places is the Kolsai lakes (Upper, Middle and Lower), located on the territory of the national park "Kolsai Kolderi" in Kegen district, Almaty region, Republic of Kazakhstan. The national park is included in the UNESCO World Network of Biosphere Reserves. Kolsai lakes are characterized by the biodiversity of hydrobiota (phyto- and zooplankton, zoobenthos and fish resources), and are popular places of outdoor activity, there are guest houses and campsites nearby. Therefore, the purpose of this study was to study the genotoxic and mutagenic potential of the water of the Nizhny Kolsai Lake, located at an altitude of 1800 m above sea level.

## Materials and methods

The object of the study was the water from Lower Kolsai Lake, located in Kungei Alatau mountains (South-Eastern Kazakhstan) on the territory of State National Natural Park "Kolsai Kolderi" at an altitude of 1800 m above sea level. Water samples were taken in 2018 and 2022 (Figure 1). Collection, filtration and conservation of water samples were carried out according to standard recommendations [18].



**Figure 1 – Location of water sampling points:**  
Lake Kolsai- 42°59'29"N 78°19'36"E.

The genotoxic and mutagenic activity of water samples was studied on laboratory mice, 2-3 month age, the average weight was 25 g. Intact and experimental animals were kept in a vivarium on a standard diet. Laboratory animals were maintained in accordance with state and international principles [19]. Animals were sacrificed by cervical dislocation. Samples of internal organs (liver, kidneys, spleen, and bone marrow) were taken to study DNA breaks using the DNA comet assay, bone marrow – for cytogenetic analysis, liver – to determine the content of lipid peroxidation products (LPO).

Laboratory mice drank sampled water for seven days. An aqueous solution of standard mutagen methyl methanesulfonate (MMS) at a dose of 40.0 mg/kg was used as a positive control, which was administered intraperitoneally. Standard drinking water was used as a negative control. The genotoxic potential of water samples was studied using the DNA comet assay, which makes it possible to detect DNA breaks at the level of single cells. The following internal organs of laboratory mice were analyzed: bone marrow, liver, kidneys, and spleen [20, 21]. Giemsa stain was used for slides staining [22]. At least 100 DNA comets with non-overlapping tails for each preparation were visually analyzed using Olympus BX-43 microscope (Olympus Corporation, Japan) at 40x magnification. DNA comets were divided into five conditional types: class I: 0 – 6.0%; class II: 6.1 – 17%; class III: 17.1 – 35.0%; class IV: 35.1 – 60.0%; class V: 60.1–100.0% single- and double-strand DNA breaks in “comet tails” [23]. The index of DNA comets (IDC) as the degree of DNA damage was calculated using the following formula:

$$IDC = \frac{n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{\Sigma n},$$

where  $n_0-n_4$  – number of DNA comets in each class,  $\Sigma n$  – sum of calculated DNA comets. The damage index (DI) was calculated using the formula:

$$DI = IDC_e / IDC_c,$$

where  $IDC_e$  – index of DNA comets in the experimental group,  $IDC_c$  – index of DNA comets in negative control [24].

To assess the mutagenic potential of water samples, a metaphase method for analysis of chromosome aberrations in bone marrow cells was carried out [24]. Cytogenetic preparations were prepared 24 hours after the last injection and stained with azure-eosin. Slides were analyzed using light microscope

under x1000 magnification. Cells with aberrations of chromosome and chromatid types (single and paired fragments of chromosomes, acentric and centric rings, point fragments) were counted.

To evaluate the toxic properties of water samples for mice liver the content of primary (HPL – lipid hydroperoxide) and secondary (MDA – malonic dialdehyde) products of lipid peroxidation (LPO) was determined in liver homogenate [25, 26]. The method for HPL determining is based on measuring the absorption of light by conjugated diene structures extracted with a mixture of heptanes:isopropyl alcohol (1:1). The optical density of the heptane phase was measured at a wavelength of 233 nm on Apel PD-303 spectrophotometer (Japan). MDA was determined by the 2-thiobarbituric acid method. Optical density was measured at 532 nm on Apel PD-303 spectrophotometer (Japan).

Statistical data processing was performed using StatPlus®5 Pro version 5.9.9.4/Core v6.7.3 software (AnalystSoft Inc., USA). In all cases, mean values (M) and mean errors (m) were calculated. The statistical significance of the differences between groups was analyzed using Student's t-test. Differences were considered statistically significant with a confidence level of 95% or more ( $p<0.05$ ).

## Research results and discussion

In recent decades, natural aquatic ecosystems, being a habitat for many organisms, source of drinking water and human economic activity, have been subjected to powerful anthropogenic pressure. Most environmentally hazardous factors possess not only toxic, but also mutagenic and carcinogenic activity. Identification of potential mutagens and human carcinogens in terms of genetic consequences is a priority for biological assays. An increase in the range and number of environmental pollutants with mutagenic activity creates a real basis for enhancing genetic load and contributes to the rate of mutation process. The current research is intended on the investigation of genotoxic, mutagenic, and toxic effects of water samples from Lake Kolsai on laboratory mice *Mus musculus*.

*Assessment of water samples genotoxicity using DNA comet assay.* Water samples from Kolsai Lake were orally administered to mice for seven days. To detect genotoxic activity, DNA comets were analyzed in cells of bone marrow, liver, kidneys, and spleen. The indices of DNA comets (IDCs) in the cells of the studied organs are represented in Table

1. It has been found that the level of induced DNA breaks is significantly higher in cells of the bone marrow and spleen of experimental animals compared to the negative control ( $p<0.001$ ). At the same time, in the cells of liver and kidneys, this index was at the control level. No statistically significant differences were found between similar indices in animals that received water samples collected whether in 2018 or 2022.

The DNA damage index (DI) exceeding 2 indicates pronounced genotoxic effect of the studied xenobiotics. As a result of the experimental study, it was found that in animals that received water from Lake

Kolsai collected in 2018, the damage index, which reflects the degree of genotoxicity, increased by 2.7 and 3.5 times in the bone marrow and spleen cells, respectively, compared to intact animals. In animals that received water samples collected in 2022, DI increased only in the cells of the bone marrow (2.3 times), and in the cells of the spleen, liver and kidneys it was below 2 (Figure 2). Comparative analysis of DI in animals that drank water collected in 2018 and 2022 did not reveal statistically significant differences between the studied parameters, with the exception of DI in spleen cells, which was below 2 in the experimental group for 2022 water samples.

**Table 1** – The level of DNA comets in the cells of mice that received water from Lake Kolsai

Experimental groups	Index of DNA comets in the cell (M±SE), %			
	Bone marrow	Liver	Kidneys	Spleen
Drinking water (negative control)	0,17 ± 0,05	0,23 ± 0,04	0,43 ± 0,03	0,22 ± 0,04
Positive control (MMS – methyl methanesulfonate)	3,38 ± 0,33*	3,1 ± 0,3*	2,7 ± 0,16*	3,14 ± 0,24*
Lake Kolsai, 2018	0,61 ± 0,17*	0,33 ± 0,04	0,48 ± 0,12	0,61 ± 0,04*
Lake Kolsai, 2022	0,42 ± 0,02*	0,32 ± 0,07	0,33 ± 0,04	0,43 ± 0,08*

Note – \* –  $p<0.001$  in comparison with the negative control



**Figure 2** – Index of DNA damage in the cells of laboratory mice that received water from Lake Kolsai

In terms of sensitivity to DNA-damaging effects of water samples from 2018 and 2022, the studied organs can be arranged in the following order: bone marrow > spleen > liver > kidneys. The results obtained demonstrate the presence of

genotoxic properties of the Kolsai water samples, collected in 2018 and 2022. In addition, the organ-specificity for genotoxic effect was established. The most sensitive were cells of the bone marrow and spleen.

*The study of mutagenic activity of water samples from Lake Kolsai by chromosome aberration test.* To study the mutagenic activity of water from Lake Kolsay, we carried out a cytogenetic analysis of bone marrow cells of laboratory mice that orally took the studied water samples. The analysis was carried out using a chromosome aberration test (metaphase method). The results of cytogenetic test for mutagenic activity of water samples in mice are presented in Table 2.

As can be seen, in intact animals (negative control), the frequency of aberrant bone marrow cells and the number of structural mutations per 100 metaphases were  $1.33 \pm 0.25$ . The

classical mutagen methyl methanesulfonate (MMS) induced aberrant cells in the bone marrow of experimental animals and the number of chromosome rearrangements per 100 metaphases, which was statistically significantly higher than in intact animals. Thus, the frequency of aberrant cells in MMS-treated mice increased by 4.3 times ( $p < 0.001$ ), and the number of chromosome aberrations per 100 metaphases increased by 5.4 ( $p < 0.001$ ) times. All types of chromosome rearrangements increased statistically significantly. The most pronounced was the frequency of chromosomal aberrations of chromatid type.

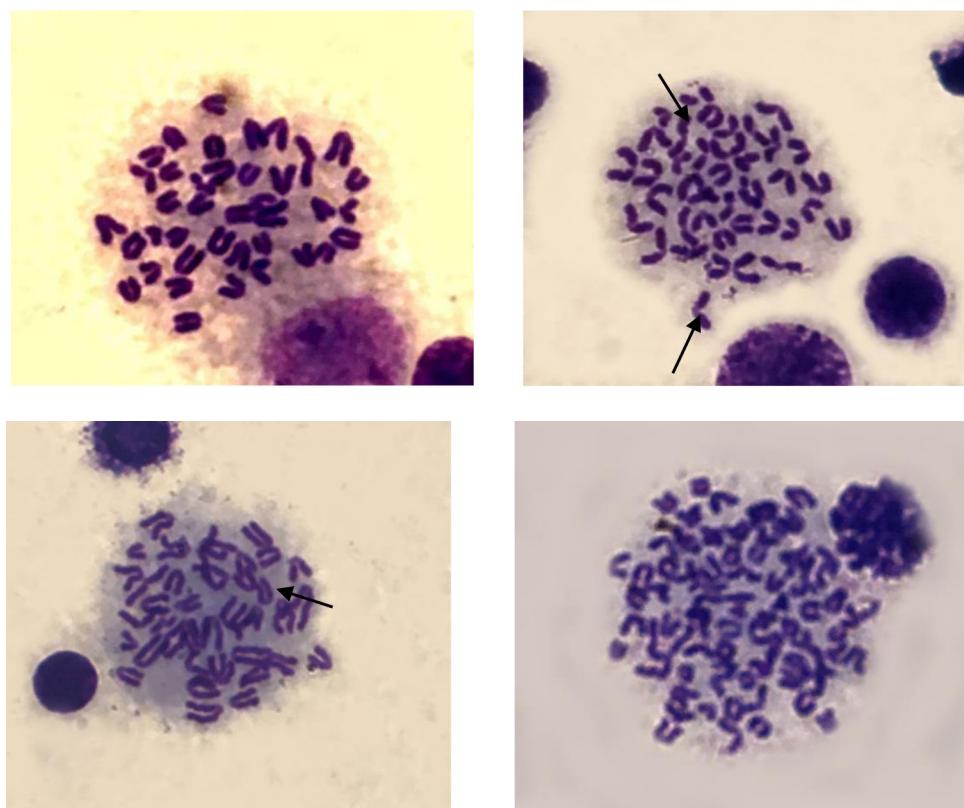
**Table 2** – The frequency of structural chromosome aberrations in bone marrow cells of mice treated with water from Lake Kolsai

Experimental groups	Metaphase studied	Frequency of aberrant cells ( $M \pm m\%$ )	Number of chromosome aberrations per 100 metaphases			
			Total aberrations	Chromosome type	Chromatid type	Point fragments
Negative control ( $H_2O$ )	525	$1.33 \pm 0.25$	$1.33 \pm 0.25$	$0.37 \pm 0.25$	$0.59 \pm 0.27$	$0.38 \pm 0.26$
Positive control (MMS – methyl methanesulfonate)	520	$5.73 \pm 0.91^{**}$	$7.15 \pm 0.95^{***}$	$1.35 \pm 0.27^*$	$4.06 \pm 0.45^{***}$	$1.74 \pm 0.42^*$
Water from Lake Kolsai (2018)	517	$2.91 \pm 0.50^{**}$	$3.10 \pm 0.42^{***}$	$0.58 \pm 0.27$	$2.13 \pm 0.41^*$	$0.39 \pm 0.27$
Water from Lake Kolsai (2022)	544	$2.39 \pm 0.26^*$	$2.58 \pm 0.38^{**}$	$0.38 \pm 0.26$	$1.47 \pm 0.26^*$	$0.72 \pm 0.20$

Note: • –  $p < 0.05$ ; •• –  $p < 0.01$ ; ••• –  $p < 0.001$  compared to the negative control ( $H_2O$ );  
\* –  $p < 0.05$ ; \*\* –  $p < 0.01$  in comparison with the positive control (MMS).

In an experimental study of water samples collected in 2018, the frequency of aberrant cells, as well as the number of aberrations per 100 metaphases, increased significantly compared to the negative control. Single cells containing a polyploid set of chromosomes were noted, which were absent in intact animals. The frequency of aberrant cells increased by 2.2 times ( $p < 0.05$ ), and the number of chromosome aberrations per 100 metaphases increased by 2.3 times ( $p < 0.01$ ). At the same time, these indicators were statistically lower than for the positive control (MMS). In the spectrum of chromosome alterations, rearrangements of both chromosomal and chromatid types were registered. Structural mutations of the chromosomal type were represented by paired terminal deletions, while those of the chromatid type were represented by single acentric rings, single terminal fragments, and point fragments were also found (Figure 3). A similar pic-

ture was observed in the experimental study in 2022. The frequency of aberrant cells increased by 1.8 times ( $p < 0.05$ ), and the number of chromosome aberrations per 100 metaphases increased by 1.9 times ( $p < 0.05$ ). In the spectrum of chromosome disorders, rearrangements of the chromosomal and chromatid types were also noted. In experimental animals that took water collected in 2018 and 2022, a statistically significant increase in structural mutations of the chromatid type was observed, which is typical for most mutagens of a chemical nature. There were no statistically significant differences in the frequency of induced chromosome aberrations in animals that took water samples collected in the lake in 2018 and 2022. However, in experiments conducted in 2022, there is a decrease in the absolute number of the aberrant cells and chromosome aberrations, which may be due to a decrease in the tourist number during the pandemic years (2020-2022).



**Figure 3 – Structural mutations in bone marrow cells of mice induced by water samples from Kolsai Lake in Almaty region, x1000**

Because of cytogenetic studies, it was found that the water from Lake Kolsai exhibits mutagenic activity. In laboratory animals that received lake water, there was a statistically significant increase in the frequency of aberrant cells and the number of chromosome aberrations per 100 metaphases. The results obtained indicate the presence in the studied natural waters of chemicals with mutagenic and genotoxic activity.

*Study of the influence of Kolsai lake water on the processes of lipid peroxidation.* A free radicals of chemical nature play a crucial role in damage to the nuclear genome as is indicated by a number of works. The authors note that LPO secondary products, including MDA, can cause cross-links in biopolymers, which disrupts their structure and functions [27-31].

This paper presents the results of a spectrophotometric analysis of lipid peroxidation products in the liver of laboratory mice that took water from the Nizhny Kolsai Lake (Table 3). The level of lipid hydroperoxide (HPL) in the liver of experimental animals exposed to lake water in 2018 and 2022 was  $0.52 \pm 0.18$  and  $1.49 \pm 0.35$  mmol/mg, respectively. These data show that in animals that received native water samples in 2022, the HPL is significantly higher, by 2.59 times than in the control. The level of malondialdehyde (MDA) in the liver of animals was statistically increased by 2 times (2018) and 1.38 times (2022) compare to control values. An increase in the content of HPL and MDA in animals that received lake water indicates an enhancement of free radical processes in the liver of experimental mice.

**Table 3 – The content of lipid peroxidation products in the liver of laboratory mice**

Experimental groups	HPL content	MDA content
Negative control ( $\text{H}_2\text{O}$ )	$0.58 \pm 0.14$	$10.16 \pm 0.56$
Positive control (MMS)	$3.01 \pm 0.58^*$	$25.34 \pm 0.84^*$

Continuation table

Water from Lake Kolsai (2018)	$0,52 \pm 0,18$	$20,53 \pm 1,84^*$
Water from Lake Kolsai (2022)	$1,49 \pm 0,35^*$	$14,03 \pm 1,48^*$
Note: HPL – lipid hydroperoxide, MDA – malondialdehyde; * – $p < 0.05$ in comparison with the negative control		

It is known that lipid peroxidation occurs under the action of free radicals, which are active charged molecules [32]. At the first stage of lipid peroxidation, diene conjugates of fatty acids are formed, when exposed to hydroxyl radicals, lipid hydroperoxides are formed. At the same time, lipid peroxidation products cause conformational changes in phospholipids and phospholipid complex, which leads to disruption of the functions of cells organelles, organs, and then the whole organism. At the sites of attachment of peroxide radicals, fatty acids break into fragments containing aldehyde groups, which are known to be highly reactive. When broken on both sides, malonic dialdehyde is formed. MDA, reacting with the SH- and CH3- groups of proteins, inhibits the activity of a number of enzymes [33].

Due to the continuous growth of the world population and the growth of consumption, all natural ecosystems are exposed to negative factors of various nature. Aquatic ecosystems, especially fluid ones (rivers, streams), are subjected to powerful anthropogenic pressure, as a result, a decrease in the diversity of aquatic organisms is observed. Water and soil pollution occurs due to industrial, agricultural, household waste, fertilizers and pesticides used by farmers, oil spills and radioactive materials [34]. Polluted water and soil pose a serious threat to living organisms, including humans, since they can have toxic, mutagenic, carcinogenic, teratogenic, and other negative effects [35]. In the complex of influence of pollutants on the body, genetic consequences are important. For any population, including humans, an increase of mutagenic factors in the environment is undesirable, since a real basis is created for increasing the genetic load and changing the rate of the mutation process.

According to the CAS (Chemical Abstracts Service, USA), by September 2018, 144 million chemical compounds were registered, and by October 2022, already 201 million [36]. All of them can end up in the air, water, soil, food. As a result, several dozens of compounds that can be found in the tissues of humans and other organisms can enter the body at the same time.

Among many chemical elements, heavy metals are of particular importance due to their association

with human activities – vehicle exhausts [37], domestic and industrial wastewater discharges. Metals such as Pb, Cr, Zn, Cu, Cd, and Ni are typical potential pollutants of water and bottom sediments in urban areas [38,39]. Concern about the distribution of these elements in the environment is growing worldwide because they are persistent, bioaccumulative and toxic [40]. In addition to the fact that they contribute to the occurrence of morphological, behavioral, reproductive, genotoxic, and mutagenic damage in representatives of aquatic biota [41], they can also adversely affect human health.

The combined effect (synergy) of the chemical compounds can negatively affect the body even at low concentrations [42]. The genotoxic, mutagenic and toxic activity of the water of Nizhny Kolsai Lake (2018 and 2020), established in our studies on laboratory mice, is apparently due to the complex action of various chemical components of aquatic environment, which may include organic and inorganic compounds.

Thus, the studies of native water samples of the Nizhny Kolsai Lake carried out on the *Mus musculus* in 2018 and 2022 revealed genotoxic, mutagenic and toxic activity. Water samples collected 2018 and 2022 induced DNA breaks in cells of the bone marrow and spleen of experimental mice, the level of which was statistically higher than in intact animals ( $p < 0.001$ ). Cytogenetic analysis of the bone marrow of mice treated with lake water also showed a statistically significant increase in the frequency of aberrant cells and the number of structural chromosome disorders per 100 metaphases ( $p < 0.05$ ). Biochemical study of lipid peroxidation products (LPO) in the liver of experimental animals revealed a statistically significant increase ( $p < 0.05$ ) in the level of lipid hydroperoxide (HPL) and malondialdehyde (MDA). The results obtained indicate the presence in the studied natural surface waters of chemicals with genotoxic, mutagenic and toxic activity.

## Conclusion

Environmental pollution by environmentally hazardous factors has become global in nature and is observed even in uninhabited areas where there is

no economic activity. Most contaminants exhibit a potential mutagenic and carcinogenic hazard to living organisms. To solve this problem, first of all, it is necessary to take strict control over the processes of environmental pollution, prevent the expansion of pollutants, reveal the nature of their action and find ways to protect against their influence. Ecotoxins have a negative impact on all components of natural ecosystems and lead to an increase of genetic load in natural and human populations. Therefore, the priority task is to assess the genetic consequences of the impact of pollutants on living organisms, as well as to find ways to protect against their negative effects.

In connection with the development of tourist and recreational activities in Kazakhstan in recent years, aquatic ecosystems, including high mountain lakes, have been intensively exploited. Therefore, the state of water bodies, which play an important role both in the natural water cycle and in the national economy, deserves special attention. The study of waters and bottom sediments of ecosystems of water bodies is important for studying their toxic and mutagenic effects, since the general recent trend is known – the active distribution of toxicants in the aquatic environment and their accumulation in bottom sediments [43, 44].

As noted earlier, natural environments that are not subject to direct human economic activity are also polluted. Tourist and recreational areas are also experiencing anthropogenic pressure. These include the national park "Kolsai Kolderi", located on the territory of the Almaty region, Republic of Kazakhstan. On the territory of the park, within the heights of 1800-3500 meters above sea level, there are unique landscapes rich in flora and fauna. The main attraction is the cascade of Kolsai lakes, located in

a beautiful gorge, the tract of the tributary of Shilik River, the Kolsai River. These are three unique mountain lakes of tectonic origin – Upper, Middle and Lower Kolsai.

Kolsai lakes are characterized by the biodiversity of hydrobionts (phyto- and zooplankton, zoobenthos and fish resources), are a tourist attraction, there are guest houses and campsites nearby. According to the Institute of Hydrobiology and Ecology of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan [45], in accordance with the hydrochemical characteristics of reservoirs, water in terms of chemical composition and content of biogenic elements is a favorable habitat for hydrobionts. Nevertheless, for the first time in 2018 and 2022, cytogenetic, molecular genetic and biochemical studies of water at the model object *Mus musculus* revealed its genotoxic, mutagenic and toxic activity. Further studies are planned to identify the main inorganic and organic pollutants in Lake Kolsai and the sources of genotoxic water action.

As noted earlier, genotoxic and mutagenic factors present in the environment can increase the evolutionary level of mutation for each species and genetic load in the population of living organisms, including humans. Therefore, it is very important to carry out genetic monitoring of various natural media, including water, to detect mutagenic activity in order to reduce the level of pollution by environmentally hazardous factors that pose a threat to biota and human health.

*This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP05130546, A.V. Lovinskaya is the Project supervisor).*

## References

1. Piwowarska D., Kiedrzynska E. (2022). Xenobiotics as a contemporary threat to surface waters. Ecohydrology and Hydrobiology, vol. 22. no 2, pp. 337-354.
2. Afolabia O., Walib E., Eze C. Ihunda, Orji M.C., Emelu V.O., Bosco-Abiah L.C., Ogbuehi N.C., Asomaku S.O., Wali O.A. (2022) Potential environmental pollution and human health risk assessment due to leachate contamination of groundwater from anthropogenic impacted site. Environmental, no 9, pp. 2-9.
3. Mukhamedova A.M., Aukenov N.Ye., Masabaeva M.R., Chayzhunusova N.Zh (2019). Detoxication genes polymorphism and human endoecological status .Bulletin of the Kazakh National Medical University. no 1, pp. 428-432.
4. Boev V. M. (2020) Ksenobial'nye faktory riska sredy obitaniya i sostoyanie zdorov'ya naseleniya [Xenobial risk factors of the environment and the state of health of the population] : monografiya. – Orenburg : OrGMA. pp. 1-435 (In Russian).
5. Keam S. , MacKinnon K.M. , D'Alonzo R.A. , Gill S. , Ebert M.A. , Nowak A.K., Cook A.M (2020). Effects of Photon Radiation on DNA Damage, Cell Proliferation, Cell Survival, and Apoptosis of Murine and Human Mesothelioma Cell Lines . Advances in Radiation Oncology. Vol.7. no 6, pp. 1-16.
6. Taslima K., Al-Emran, Rahman M.Sh., Hasan J., Ferdous Z., Rohani F., Shahjahan (2022). Impacts of heavy metals on early development, growth and reproduction of fish. Toxicology Reports. no 9, pp. 858-868.
7. Vellingiri B., Suriyanarayanan A., Selvara P (2022). Role of heavy metals (copper (Cu), arsenic (As), cadmium (Cd), iron (Fe) and lithium (Li)) induced neurotoxicity . Chemosphere. no 301, pp. 30-38.

8. Karwal P., Mittal P., Nagar G., Singh A., Singh I.K (2022). Effects of pesticides on human physiology, genetics and evolution. Emerging Contaminants in the Environment. no1, pp. 287-310.
9. Omarova E.M., Vetchinova D.V., Frundina D.A (2018). Vliyanie sinteticheskikh pischevyh krasitelei na organizm cheloveka [The effect of synthetic food colors on the human body]. Pokolenie buduschego: vzglyad molodyh uchenyh. Tom 3, pp. 13-14 (In Russian).
10. Goyal K., Baranwal P., Dixit A., Goel H (2021). Unravelling the molecular mechanism of mutagenic factors impacting human health. Environmental science and pollution research, pp 1- 21.
11. Krasnenko E.O., Omel'chenko G.V., Varduni T.V., Minkina T.M., Mandjjeva S.S (2018). Ekologicheskaya ocenka sostoyaniya impaktnykh zon s ispol'zovaniem biotestov [Ecological assessment of the state of impact zones using biotests]. Sbornik statei po materialam VII mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii. pp. 24-32 (In Russian).
12. Cervantes R.B., Stringer J.R., Shao C., Tischfield J.A. and Stambrook P.J (2002). Embryonic stem cells and somatic cells differ in mutation frequency and type. Proc Natl Acad Sci U S A. no 99, pp. 3586-3590.
13. Roach J.C., Glusman G., Smit A.F.A., Huff C.D., Hubley R., Shannon P.T., Rowen L., Pant K.P., Goodman N., Bamshad M., Shendure J., Drmanac R., Jorde L.B., Hood L. and Galas D.J (2010). Analysis of Genetic Inheritance in a Family Quartet by WholeGenome Sequencing. Science. Vol. 328. pp. 636-639.
14. Pesnya D.S., Bolotov S.E (2022). Allium test genotoxicity data on water from river valley of Irtysh, West Siberia. Data in Brief. no 41, pp. 1-8.
15. Karchava Sh. K., Al'-Rammahi A. A. K., Klimova M. V., Hmelevcova L. E., Barabashin T.O., Sazykina M. A (2020). Genotoksichnost' vody azovskogo morya [Genotoxicity of the Azov Sea water]. Biodiagnostika sostoyaniya prirodnyh i prirodno-tehnogenykh sistem. pp. 80-83 (In Russian).
16. Dhananjayan V., Ravichandran B., Panjakumar K., Kalaiselvi K., KausicRajasekar, Mala A., Avinash G., Shridhar K., Manju A., Rajesh Wilson (2019). Assessment of genotoxicity and cholinesterase activity among women workers occupationally exposed to pesticides in tea garden. Elsevier Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. pp. 1-7.
17. Informacionnyi byulleten' o sostoyanii okrujajuschei sredy Respubliki Kazahstan za 1 polugodie 2022 goda (2022) [Newsletter on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan for the 1st half of 2022]. – RGP «KAZGIDROMET» (In Russian).
18. GOST 31861-2012 (2013). Mejdunarodnyistandard. Voda. Obschietrebovaniya k otboru i prob [International standard. Water. General sampling requirements]. – M.: Standartinform (In Russian).
19. Guide for the care and use of laboratory animals (2011): Eight Education. – The National Academies Press. pp 1-246 .
20. Janataev A.K., Nikitina V.A., Voronina E.S., Durnev A.D (2011). Metodicheskie aspekty ocenki DNK-povrejdenii metodom DNK-komet [Methodological aspects of DNA damage assessment by the DNA comet method]. Prikladnaya toksikologiya. Vol. 2. no 4, pp. 27-37 (In Russian).
21. Durnev A.D., Janataev A.K., Anisina E.A (2006). Primenenie metoda schelochchnogo gel'-elektroforeza izolirovannyh kletok dlya ocenki genotoksicheskikh svoistv prirodnyh i sinteticheskikh soedinenii [Application of the method of alkaline gel electrophoresis of isolated cells to assess the genotoxic properties of natural and synthetic compounds]: Metodicheskie rekomendacii. – M. pp. 1-28 (In Russian).
22. Czubaszek M., Szostek M., Wójcik E., Andraszek K (2014). The comet assay as a method of identifying chromosomes instability. PostepyHig Med Dosw. Vol. 68. pp. 695-700.
23. Miller J.M., Mardhekar N.M., Rajasekaran V., Zhang J., Kannappan R (2019). Assessing Stem Cell DNA Integrity for Cardiac Cell Therapy. Journal of Visualized Experiments. Vol. 143. pp. 1-8.
24. Kolumbaeva S.J., Lovinskaya A.V., Kalimagambetov A.M (2018). Citogeneticheskie metody v geneticheskem monitoring [Cytogenetic methods in genetic monitoring]: ucheb.-metod. posobie. Almaty: Қазақ un-ti (In Russian).
25. Chernadchuk S.S., Fedorko N.L., Zaharieva Z.E., Budnyak A.K., Petrov S.A., Zaporozchenko A.V (2010). Metodyocenki sostoyaniya oksidantnoi i antioksidantnoi system biologicheskikh ob'ektov[Methods for assessing the state of the oxidant and antioxidant systems of biological objects]. Odessa: Odesskii nacional'nyi universitetim. I.I.Mechnikova (In Russian).
26. Gaschler M.M., Stockwell B.R (2017). Lipid peroxidation in cell death. BiochemBiophys Res Commun. no 482(3). pp. 419-425.
27. Zenkov N.K., Lankin V.Z., Men'schikova E.B (2001). Okislitel'nyi stress: Biohimicheskii i patofiziologicheskii aspekty [Oxidative stress: Biochemical and pathophysiological aspects]. M.: Nauka. Interperiodika (In Russian).
28. Polunina T.E., Maev I.V (2008). Lekarstvennyi hepatit [Medicinal hepatitis]. Gastroenterologiya . no 1, pp. 54-62 (In Russian).
29. Moulisova B.I (2006). Silibin umen'shaet perekisnoe okislenie lipidov membrany hepatocitov krys, inducirovannoe ciklosporinom A [Silybin reduces lipid peroxidation of rat hepatocyte membrane induced by cyclosporine A]. Biohimiya. T. 71 (9). pp. 1371-1376 (In Russian).
30. Lyahovich V.V (2006). Aktivnaya zaschita pri okislitel'nom stresse. Antioksidant-responsivnyi element [Active protection against oxidative stress. Antioxidant is a responsive element]. Biohimiya. T. 71 (9). pp. 1183-1197 (In Russian).
31. Kemeleva E.A (2006). Okislenie guanina v DNK pecheni i legkikh prejde vremenno stareyuschihi krys linii OXYS [Oxidation of guanine in the DNA of liver and lungs of prematurely aging OXYS rats]. Biohimiya. T. 71 (6). pp. 760-767 (In Russian).
32. Nekrasov E.V (2012). Methods for lipid peroxidation analysis in medical and biological research. Bulletin Physiology and Pathology of Respiration. no 46. pp. 98-108.
33. Veremeichik A. P (2006). Osobennosti processov perekisnogo okisleniya lipidov i antioksidantnoi sistemy [Features of lipid peroxidation processes and antioxidant system] . Medicinskii jurnal. no 2, pp. 29-31 (In Russian).

34. Rendon-von Osten J., Dzul-Caamal R (2017). Glyphosate Residues in Groundwater, Drinking Water and Urine of Subsistence Farmers from Intensive Agriculture Localities: A Survey in Hopelchen, Campeche, Mexico. *Int J Environ Res Public Health.* Vol. 14(6). pp. 1-595.
35. Rodgers K.M (2018). Environmental chemicals and breast cancer: an updated review of epidemiological literature informed by biological mechanisms . *Environ Res* Vol. 160. pp. 152-182.
36. Aktual'naya baza dannyyh Chemical Abstracts Service (CAS). – URL: <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry> (data obrazcheniya 23.10.2022) (In Russian)
37. Zhao H., Li X., Wang X (2011). Heavy metal contents of road-deposited sediment along the urban-rural gradient around Beijing and its potential contribution to runoff pollution. *Environ. Sci. Technol.* Vol. 45. pp.7120-7127.
38. Patel P., Raju M.J., Reddy B.C., Suresh U., Sankar D.B., Reddy T.V (2017). Heavy metal contamination in river water and sediments of the Swarnamukhi River Basin, India: risk assessmentand environmental implications. *Environ. Geochem. Health.* Vol. 40(2). pp.609-623.
39. Kumar B., Singh U.K (2018). Source apportionment of heavy metals and their ecological risk in a tropical river basin system. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* Vol. 25(25). pp. 25443-25457.
40. Ali H., Khan E., Llahi I (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals:environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation . *Hindawi J. Chem.* pp. 252-258.
41. Pulley S., Foster I., Antunes P (2016). The dynamics of sediment-associated contaminants over a transition from drought to multiple flood events in a lowland UK catchment. *Hydrol. Process.* Vol.30. pp.704-719.
42. Geras'kin S., Oudalova A., Michalik B., Dikareva N., Dikarev V (2011). Genotoxicity assay of sediment and water samples from the Upper Silesia post-mining areas, Poland by means of Allium-test. *Chemosphere.* Vol. 83. no. 8, pp.1133-1146.
43. Bakaeva E.N., Ignatova N.A (2011). Dinamika toksichnosti vod i donnyh otlojenii vodnogo ob'ekta rekreacii [Dynamics of toxicity of waters and bottom sediments of a recreational water body]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. no 6. pp.1-8 (In Russian).
44. Skurlatov YU.I., Shtamm E.V., Shishkina L.N., Roschin A.V., Shvydkii V.O., Semenyak L.V (2020). Himiko-toksikologicheskii analiz territorii, podverjennyh radiacionno-himicheskemu zagryazneniyu. III. Perekisnoe okislenie lipidov i effekty toksichnosti prirodnyh vod (in vivo) [Chemical and toxicological analysis of territories exposed to radiation and chemical pollution. III. Lipid peroxidation and effects of toxicity of natural waters (in vivo)]. *Himicheskaya fizika.* T. 39. no 2, pp. 50-57 (In Russian).
45. Gosudarstvennyi nacional'nyi prirodnyi park «Kol'sai Kolderi» (2017) [«Kolsai Kolderi» State National Nature Park]. Informacionno-analiticheskoi posobie, ch. 3. Trudy Instituta gidrobiologii ekologii. T.II «Sostoyanie gidrobiontov vodoemov osobo ohranyaemyh prirodnyh territorii respublicanskogo znacheniya Vostochno-Kazahstanskoi I Almatinskoi oblastei Kazahstan». Almaty (In Russian).

3-бөлім

**БИОЛОГИЯЛЫҚ**

**АЛУАНТУРЛІКТІ САҚТАУДЫҢ**

**ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРИ**

---

Section 3

**ACTUAL PROBLEMS**

**OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

---

Раздел 3

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ**

**СОХРАНЕНИЯ**

**БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

**Л.В. Игнатова<sup>\*</sup>, А.Д. Усманова<sup>\*</sup>, Е.В. Бражникова<sup>\*</sup>,**  
**А.А. Омирбекова<sup>\*</sup>, А.Е. Аужанова<sup>\*</sup>, Ж.К. Уразова<sup>\*</sup>**

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

\*e-mail: aizhamalduszhhanovna@mail.ru

## СКРИНИНГ ЭФФЕКТИВНЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ, СПОСОБСТВУЮЩИХ УЛУЧШЕНИЮ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Современные технологии, используемые в сельском хозяйстве, главным образом основаны на применении химических средств защиты растений, что неизбежно приводит к загрязнению производимой продукции и окружающей среды. В связи с этим разработка и применение экологически безопасных биопрепараторов, основанных на использовании микроорганизмов, улучшающих рост и развитие растений, являются актуальной задачей современного растениеводства.

В настоящее время микроорганизмы, обладающие совокупностью полезных для растений свойств, принято обозначать как PGPM (от Plant Growth-Promoting Microorganisms – микроорганизмы, способствующие росту растений). Исследования этой перспективной для практического использования группы микроорганизмов вызывают большой интерес. Среди PGPM различных таксономических групп широким набором полезных для растений свойств выделяются микромицеты. Они являются потенциальными объектами агробиотехнологии для разработки биологических средств защиты растений от фитопатогенов, а также биопрепараторов, стимулирующих рост и повышающих продуктивность растений.

В статье представлены данные по отбору штаммов микромицетов, выделенных из агроценозов зерновых и кормовых культур Казахстана, улучшающих рост растений и обладающих способностью повышать доступность для них элементов питания. В результате проведенного скрининга из 44 штаммов было отобрано 2, показавших наибольшую активность и обладающих сразу несколькими цennыми свойствами. Отобранные эффективные микромицеты оказывали положительное влияние на физиологические процессы растений (морфометрические показатели и фотосинтез), а также повышали доступность элементов питания (фосфор и калий).

**Ключевые слова:** солубилизация калия, микромицеты, ростстимулирующая активность, фосфатомобилизация.

L.V. Ignatova, A.D. Usmanova\*, Y.V. Brazhnikova, A.A. Omirbekova, A.Y. Auzhanova, Zh.K. Urazova

Kazakh National University Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: aizhamalduszhhanovna@mail.ru

### Screening of effective microscopic fungi that contribute to the improvement of plant growth and development

Modern technologies used in agriculture are mainly based on the use of chemical plant protection products, which inevitably leads to contamination of manufactured products and the environment. In this regard, the development and application of environmentally safe biological products based on the use of microorganisms that improve the growth and development of plants is an urgent task of modern crop production.

Currently, microorganisms with a set of beneficial properties for plants are commonly referred to as PGPM (from Plant Growth-Promoting Microorganisms – microorganisms that promote plant growth). Studies of this promising group of microorganisms for practical use are of great interest. Among the PGPs of various taxonomic groups, a wide range of useful properties for plants are distinguished by micromycetes. They are potential objects of agrobiotechnology for the development of biological plant protection products against phytopathogens, as well as biological products that stimulate growth and increase plant productivity.

The article presents data on the selection of strains of micromycetes isolated from agrocenoses of grain and feed crops of Kazakhstan that improve plant growth and have the ability to increase the availability of nutrients for them. Because of the screening, out of 44 strains, 2 were selected that showed the greatest activity and had several valuable properties at once. The selected effective micromycetes had a positive effect on the physiological processes of plants (morphometric parameters and photosynthesis), as well as increased the availability of nutrients (phosphorus and potassium).

**Key words:** potassium solubilization, micromycetes, growth-stimulating activity, phosphatmobilization.

Л.В. Игнатова, А.Д. Усманова\*, Е.В. Бражникова, А.А. Омирбекова, А.Е. Аужанова, Ж.К. Уразова  
Әл-Фараби атындағы Қазак ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: aizhamalduszhanova@mail.ru

### **Өсімдіктердің өсуі мен дамуын жақсартатын түімдіктердің міндеттері**

Ауыл шаруашылығында қолданылатын заманауи технологиялар негізінен өсімдіктердің қорғаудың химиялық құралдарын қолдануға негізделген, бұл өндірілетін өнім мен қоршаған ортаның ластануына әкелетіні сөзсіз. Осыған байланысты өсімдіктердің өсуі мен дамуын жақсартатын микроорганизмдерді қолдануға негізделген экологиялық қауіпсіз биологиялық өнімдерді өзірлеу және қолдану – қазіргі өсімдік шаруашылығының басты міндеті.

Қазіргі уақытта өсімдіктерге пайдалы қасиеттердің жиынтығы бар микроорганизмдер әдепте PGPM ретінде белгіленеді (Plant growth-promoting microorganisms – Өсімдіктердің өсуіне ықпал ететін микроорганизмдер). Микроорганизмдер тобын тәжірибе үшін қолдануға осы перспективалы зерттеулер үлкен қызығушылық тудырады. Әртүрлі таксономиялық топтардың PGPM арасында өсімдіктерге пайдалы қасиеттерінің көңілкөңілдік спектрі микромицеттермен ерекшеленеді. Олар өсімдіктерді фитопатогендерден биологиялық қорғауды, сондай-ақ өсімдіктердің өсуін ынталандыратын және өнімділігін арттыратын биологиялық өнімдерді өзірлеуге арналған агробиотехнологияның әлеуетті нысаны.

Мақалада өсімдіктердің өсуін жақсартатын және олар үшін қоректік элементтердің қолжетімділігін арттыру қабілеті бар Қазақстанның астық және мал азықтық дақылдарының агроценоздарынан бөлінген микромицеттер штаммдарын іріктеу жөніндегі деректер берілген. Жүргізілген скрининг нәтижесінде 44 штаммнан ең жоғары белсенділікті көрсеткен және бірден бірнеше құнды қасиетке ие 2 штамм таңдалды. Таңдалған тиімді микромицеттер өсімдіктердің физиологиялық процестеріне (морфометриялық көрсеткіштер мен фотосинтез) он әсер етті, сонымен қатар қоректік заттардың (фосфор мен калий) қолжетімділігін арттырыды.

**Түйін сөздер:** калийдің еруі, микромицеттер, өсіді ынталандыратын белсенділік, фосфатмобилизация.

## **Введение**

Загрязнение окружающей среды и абиотические стрессы являются основными глобальными проблемами, влияющими на прорастание семян, появление всходов и энергию прорастания и, в конечном счете, урожая [1]. Эти неблагоприятные условия оказывают серьезное влияние на многие сельскохозяйственные районы особенно засушливых и полузасушливых климатических зон [2]. Абиотические стрессы влияют на рост растений и урожайность за счет задержки начала прорастания и снижение скорости роста растений [3]. Это также воздействует на почвенную биоту, что приводит к значительным экономическим потерям. Другим ограничением урожайности является плохая доступность питательных веществ в почве [4]. Все это стимулирует поиск новых подходов к обработке семян с помощью эффективных микроорганизмов – стимуляторов роста растений, агентов биоконтроля или биопестицидов. Сельское хозяйство в Ка-

захстане имеет потребность в простой, эффективной и управляемой технологии для улучшения приживаемости и урожайности сельскохозяйственных культур в различных экологических условиях. Использование биопрепаратов на основе эффективных микроорганизмов как для стимуляции роста, так и для защиты растений от различных биотических и абиотических факторов является одним из приоритетных направлений в биотехнологии и защите окружающей среды. В настоящее время исследования направлены на получение многокомпонентных биопрепаратов широкого спектра действия. Их сущность заключается в подборе микроорганизмов, обладающих комплексом биологических свойств; выяснении механизмов их положительного действия на растения; изучении их колонизирующей и конкурентной способности, влияния на резидентную микрофлору ризосферы и ризопланы растений; оценке технологичности и эффективности [5-7].

Обработка посевного материала, а также корней и проростков растений некоторыми

штаммами РGP микромицетов может существенно снижать пораженность растений фитопатогенами и увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур. Использование таких штаммов в сельскохозяйственной практике, по мнению многих исследователей, уже в ближайшее время найдет широкое применение в современной агробиотехнологии. В некоторых случаях возможно использование смешанных препаратов совместимых микроорганизмов, в том числе различных таксономических групп с обязательным включением микромицетов [8-10].

Целью настоящего исследования был скрининг микромицетов, обладающих биотехнологически ценными свойствами и оценка дальнейшего их применения для стимуляции роста сельскохозяйственных культур.

### **Материалы и методы**

**Объекты исследования.** Объектами исследования служили 44 штамма микромицетов, выделенных из агроценозов зерновых и кормовых культур Казахстана.

Для оценки влияния микромицетов на растения использовали семена ячменя сорта «Арна» (*Hordeum vulgare*).

#### ***Определение способности микроорганизмов к солюбилизации калия***

Исследуемые микроорганизмы инкубировали на агаризованной питательной среде Александрова [11]. Штаммы, обладающие способностью к солюбилизации калия, выявляли поспособности формировать зоны гало (зоны просветления) вокруг колоний. Активность изолятов оценивали, вычисляя соотношение Ханделпарка =  $d$  зоны просветления/ $d$  колонии.

#### ***Выявление фосфатмобилизующей активности при росте микромицетов на плотной питательной среде NBRIP с индикатором бромфеноловым синим***

Микроорганизмы культивировали на агаризованной питательной среде NBRIP согласно методу Jayadi M. и др. [12]. В качестве индикатора использовали бромфеноловый синий (BPB) в количестве 0,025 г/л. Штаммы, обладающие способностью к солюбилизации фосфатов, выявляли поспособности формировать зоны просветления вокруг колоний. Способность к

фосфат-мобилизации оценивали путем вычисления индекса солюбилизации ИС по формуле (1) и по эффективности солюбилизации ЭС по формуле (2):

$$\text{ИС} = \frac{\text{диаметр зоны просветления}}{\text{диаметр колонии}} \quad (1)$$

$$\text{ЭС} = \frac{\text{диаметр зоны просветления}}{\text{диаметр колонии}} \times 100 \quad (2)$$

#### ***Выявление фосфат-мобилизующей активности при росте микромицетов в жидкой питательной среде двустадийным методом***

Для дальнейшего изучения фосфат-мобилизующей активности микромицетов исследования проводили в жидкой питательной среде (PVK), содержащей нерастворимый фосфат, в качестве которого использовали трикальцийфосфат (ТКФ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ). В качестве источника углерода использовали глюкозу.

Содержание нерастворенного фосфора определяли колориметрическим двустадийным методом с использованием молибдата аммония и двуххлористогоолова с добавлением твина-80 [13].

#### ***Определения подвижных соединений фосфора в почве***

Определение подвижных соединений фосфора был проведен по методу Чирикова в модификации Цинао [14].

#### ***Ростстимулирующая активность микромицетов***

Обработку семян проводили культуральной жидкостью, разбавленной стерильной водопроводной водой доразведения 1:5. В качестве контроля использовали семена, замоченные в стерильной водопроводной воде. После чего инокулированные семена вносили в почву [15].

#### ***Спектрофотометрический анализ фотосинтезирующих пигментов***

Содержание фотосинтетических пигментов определяли согласно методике, предложенной Шлык с соавторами [16].

Количественные данные подвергали статистической обработке с использованием общепринятых математических методов для вычисления среднего арифметического значения, среднего квадратичного отклонения и средней квадратичной ошибки.

## Результаты и обсуждение

### *Скрининг калий-мобилизующих микромицетов*

В почве присутствуют все необходимые для растений минеральные вещества в достаточноном количестве, однако степень их усвоения ограничена. Низкие коэффициенты использования растениями элементов питания из почвы и удобрений в значительной степени обусловливаются их слабой подвижностью и пространственным разобщением корневой системы и мест сорбции питательных веществ в почве. Существенный вклад в стимуляцию роста агрокультур вносит способность микроорганизмов к повышению биодоступности элементов минерального питания. Известно, что некоторые микроорганизмы способны мобилизовать и переводить недоступный фосфор и калий в доступную форму [17-19].

Штаммы, обладающие способностью к солюбилизации калия, выявляли по способности формировать зоны просветления вокруг колоний при инкубировании на питательной среде Александрова. Активность изолятов оценивали, вычисляя соотношение Кхандепаркара [20-21].

Из 44 культур микромицетов 9 проявили способность к солюбилизации калия, из них 2 штамма дрожжей и 7 штаммов мицелиальных грибов. Приросте на среде Александрова изоляты формировали зоны просветления от  $6,3 \pm 0,3$  до  $48,8 \pm 2,4$  мм. Соотношение Кхандепаркара варьировало в диапазоне от 1,02 до 1,45. Следует отметить, что мицелиальные грибы в большей степени обладали способностью мобилизовать калий по сравнению с дрожжевыми штаммами (Рисунок 1). Соотношение Кхандепаркара достигало максимальных значений у штаммов *P. biliaeae* T8 и *A. ustus* T5

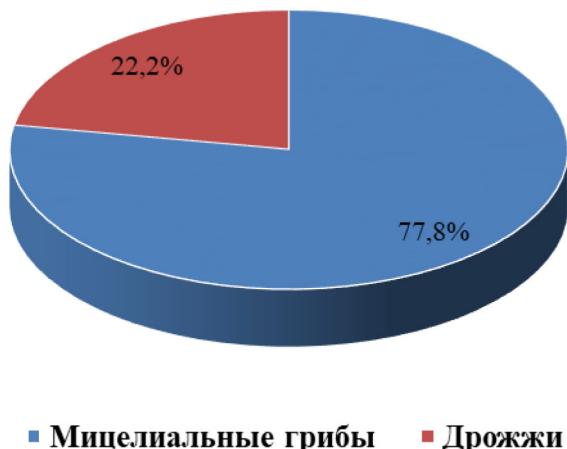


Рисунок 1 – Соотношение активных мицелиальных грибов и дрожжей по способности мобилизовать калий, %

Результаты проведенных исследований по изучению калий-солюбилизирующей способности микромицетов согласуются с данными других авторов. Так, в работе Prajapati et al. сообщается об активных штаммах мицелиальных грибов рода *Aspergillus*, у которых соотношение Кхандепаркара составляло от 1,04 до 1,87 [22]. В исследованиях Rosa-Magri и др. продемонстрирована способность дрожжевого штамма *Torulaspora globosa* к солюбилизации калия [23].

### *Скрининг фосфат-мобилизующих микромицетов*

Изучение фосфат-мобилизующей активности микроорганизмов осуществляли в два этапа. Первый этап состоял из прямого отбора микроорганизмов по способности расти на плотной питательной среде, содержащей трудно растворимые фосфаты кальция, и формировать зоны гало (зоны просветления) вокруг колоний. На втором этапе изучали способность отобранных штаммов растворять неорганические фосфаты

в жидкой питательной среде посодережанию остаточного количества фосфора.

При изучении способности штаммов микромицетов к фосфат-мобилизации показано, что 10 из 44 исследуемых культур активно мобилизовали труднорастворимые фосфаты кальция. При солюбилизации микроорганизмами

фосфатов кальция, содержащихся в среде, происходилообразование зон гало на изначально мутной среде, чтосвидетельствовало на наличии фосфат-мобилизующей активности. Диаметр зон гало варьировал в пределаах  $8,8\pm0,4$  до  $88,3\pm4,2$  мм в зависимости от штамма (Рисунок 2).

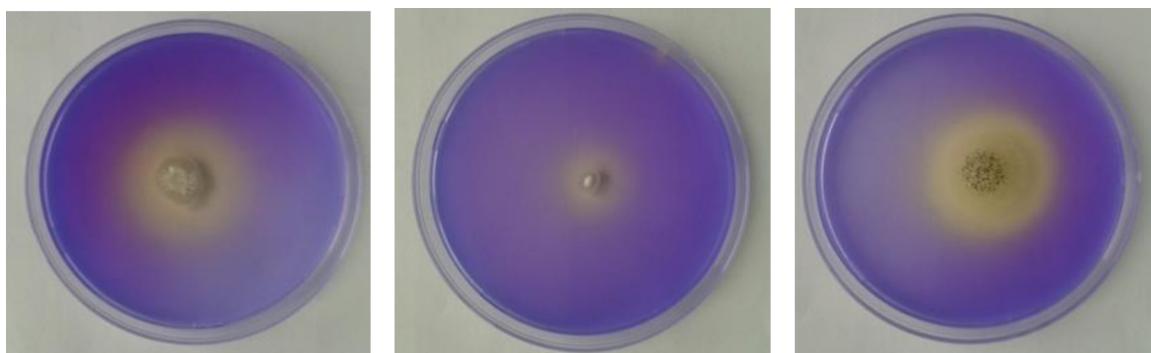


Рисунок 2 – Формирование зон гало штаммами микромицетов при росте на среде NBRIP

Среди 10 активных штаммов, обладающих наибольшей фосфат-мобилизующей активностью, 3 штамма отнесены к дрожжам (*A. pullulans* T1, *A. pullulans* T3, *M. Pulcherrima* T2) и 7

штамма – к мицелиальным грибам (*P. bilaiae* T8, *A. sydowii* T12, *A.ustus* T5, *Trichoderma* sp. T10, *P. bilaiae* C11, *Penicillium* sp. T7, *P. dipodomyicola* T4) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Способность активных микромицетов растворять труднорастворимый фосфат кальция (г/л) ( $p<0,05$ )

Максимальной способностью растворять фосфаты в среде обладали 2 штамма мицелиальных грибов *T. viride* T10 и *P. bilaiae* T8 (концентрация нерастворенного фосфора в данных вариантах составила соответственно  $0,55\pm0,03$  г/л и  $0,54\pm0,03$  г/л) и 2 штамма дрожжевых культур *A. pullulans* T1 и *A. pullulans* T3 ( $0,80\pm0,04$  и  $0,88\pm0,04$  г/лг/л).

Влияние микромицетов на ростовые характеристики растений в модельных экспериментах

В результате проведенных исследований из 44 штаммов были отобраны 2 наиболее активных – *P. bilaiae* T8 и *A. pullulans* T1. В качестве тестовых растений использовали семена ячменя сорта «Арна» (*Hordeum vulgare*). Семена замачивали в культуральной жидкости исследуемых культур. Контролем служили семена, замоченные в стерильной водопроводной воде. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Влияние микромицетов на ростовые качества ячменя

Вариант	Количество проросших семян, %	Длина стебля, см	Длина корня, см	Масса стебля, г	Масса корня, г
Контроль	75	$20,0\pm1,0$	$6,8\pm0,3$	$0,211\pm0,011$	$0,089\pm0,004$
<i>P.bilaiae</i> T8	95	$23,3\pm1,2$	$9,1\pm0,5$	$0,277\pm0,013$	$0,132\pm0,007$
<i>A.pullulans</i> T1	100	$25,5\pm1,3$	$12,1\pm0,5$	$0,293\pm0,015$	$0,145\pm0,007$

При обработке семян культурами микромицетов отмечено увеличение длины стебля на 3,3 – 5,5 см, длины корня на 2,3 – 5,3 см по сравнению с контролем. Количество проросших семян в опытных вариантах составило 95 – 100%, тогда как в контроле этот показатель составил 75%. Также показано, что биомасса корней и стеблей выше у тех растений, семена которых были инокулированы штаммами микромицетов.

Таким образом полученные данные свидетельствуют о том, что обработка семян штаммами *P. bilaiae* T8 и *A. pullulans* T1 оказала положительное влияние на морфометрические параметры растений. Вероятно, это связано с выработкой микромицетами активных веществ,

которые активизируют биохимические процессы в растениях.

В ходе эксперимента было установлено, что растения ячменя, которые выращивались в опытных вариантах отличались содержанием и соотношением хлорофилла а и б от контрольных. Так, например, содержание хлорофилла а в варианте с обработкой семян штаммом *A.pullulans*T1 составило  $0,997\pm0,049$  мг/г, хлорофилла б  $0,470\pm0,024$  мг/г. В контрольном варианте эти показатели составили  $0,770\pm0,039$  и  $0,415\pm0,021$  мг/г соответственно. Также установлено, что суммарное количество хлорофилла – а и б в опытных вариантах на  $0,239$  –  $0,282$  мг/г больше по сравнению с вариантом без инокуляции семян (таблица 2).

**Таблица 2** – Влияние микромицетов на содержание хлорофилла а и б в листьях ячменя, в мг/г

Вариант	Количество хлорофилла а, мг/г	Количество хлорофилла б, мг/г	Содержание общего хлорофилла, мг/г	Отношение хлорофилла а к б
Контроль	$0,770\pm0,039$	$0,415\pm0,021$	$1,185\pm0,006$	1,855
<i>A. pullulans</i> T1	$0,997\pm0,049$	$0,470\pm0,024$	$1,467\pm0,007$	2,121
<i>P. bilaiae</i> T8	$0,958\pm0,048$	$0,466\pm0,023$	$1,424\pm0,007$	2,056

В вариантах инокуляции штаммами *A. pullulans* T1 и *P. bilaiae* T8 наблюдали значительное увеличение количества растворимых

форм фосфора в почве. Максимальное содержание свободного фосфора отмечено на 30 сутки ( $0,795$  и  $0,720 \times 10^3$  мкг  $\text{kg}^{-1}$  соответственно).

## Заключение

Полученные данные показывают, что изученные эффективные микромицеты оказывают положительное влияние на физиологические процессы растений (морфометрические показатели и фотосинтез), а также повышают доступность элементов питания. Их дальнейшее использование в составе биопрепарата обеспечит ускорение роста, повышение урожайности и качества выращиваемых агрокультур. Кроме того, существенным их достоинством будет являться безвредность для человека, животных, почвенных организмов и окружающей среды.

## Финансирование

Работа выполнена в рамках проекта АР09261262 «Биотехнология создания микробной композиции для стимулирования роста и повышения адаптивного потенциала сельскохозяйственных растений», финансируемой Министерством образования и науки Республики Казахстан.

## Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие финансовой или какой-либо иной поддержки исследования, или конфликта интересов.

## Литература

1. Lambers, H., Grammer, M.D., Pearse, S.J. Veneklaas, E.J. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits // Ann. Bot. – 2006. – Vol. 98. – P. 693-713.
2. Chen, Y.P., Rekha, P.D., Arun, A.B., Shen, F.T., Lai, W.A., Young, C.C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities // Appl Soil Ecol. – 2016. – Vol. 34. – P. 33-41.
3. Othman, R., Mohd, H., Saud, M., Habib, S.H. Isolation and characterization of rhizobia and plant growth-promoting rhizobacteria and their effects on growth of rice seedlings // Appl Soil Ecol. – 2011. – Vol. 15. – P. 33-39
4. Rodrigues, A.A., Araujo, M.V.F., Soares, M.D.S., De Oliveira B.F.R., Sibov, S.T., Vieira, J.D.G. Isolation and Screening for Multitrait Plant Growth Promoting Actinobacteria From Organic Sugarcane Rhizosphere // Int. J. Microbiol. Res. – 2018. – Vol. 10. – P. 1193. doi: 10.9735/0975-5276.10.5.1193-1198
5. Djebaili, R., Pellegrini, M., Smati, M., Del Gallo, M., Kitouni, M. Actinomycete strains isolated from saline soils: Plant-growth promoting traits and inoculation effects on solanumlycopersicum // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – P. 4617. doi: 10.3390/su12114617.
6. Hamdali, H., Bouizgarne, B., Hafidi, M., Lebrihi, A., Virolle, M.J., Ouhdouch, Y. Screening for rock phosphate solubilizing Actinomycetes from Moroccan phosphate mines // Appl. SoilEcol. – 2008. – Vol. 38. – P. 12–19. doi: 10.1016/j.apsoil.2007.08.007.
7. Nafis, A., Raklami, A., Bechtaoui, N., El Khalloufi, F., El Alaoui, A., Glick, B.R., Hafidi, M., Kouisni, L., Ouhdouch, Y., Hassani, L. Actinobacteria from Extreme Niches in Morocco and Their Plant Growth-Promoting Potentials. // Diversity. – 2019. – Vol. 11 – P. 139. doi: 10.3390/d11080139.
8. Budania, K., Yadav., J. Effects of PGPR blended biochar and different levels of phosphorus on yield and nutrient uptake by chickpea. // Ann. Agric. Bio Res. – 2014. – Vol. 19. – P. 408-412.
9. Peix, A., Rivas, A.A., Mateos, P. F., Rodriguez, C., Martinez, E., Velazquez, E. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solublizing strain of Mesorhizobiummediterraneum under growth chamber conditions // SoilBoil. Biochem. – 2011. – Vol. 33. – P. 103-110.
10. Whitelaw, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. // Adv. Agron. – 2001. – Vol. 69. – P. 99-151.
11. Prajapati, K., Sharma, M.C., Modi, H.A. Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils // Life sciences Leaflets. – 2012. – Vol. 5. – P. 71-75.
12. Jayadi, M., Baharuddin, Ibrahim B. In vitro selection of rock phosphate solubility by microorganism from Ultisols in South Sulawesi, Indonesia // American Journal of Agriculture and Forestry. – 2013. – Vol. 1(4). – P. 68-73.
13. Maliha, Rashid., Samina, K., Najma, A., Sadia, A., Farooq, L. Organic Acids Production and Phosphate Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) Under in vitro Conditions // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2004. Vol. 7. – P. 187-196. DOI: 10.3923/pjbs.2004.187.196
14. Чириков М.А. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО // Почвы. – 1996. – С. 3.
15. Бражникова, Е.В., Мукашева, Т.Д., Игнатова, Л.В. Скрининг штаммов микромицетов, перспективных для стимуляции роста сельскохозяйственных культур // Experimental Biology. – 2019. – Vol. 3. – P. 80.
16. Шлык, А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. // Биохимические методы в физиологии растений. – 1971. – С. 154-171.
17. Me Carty, S.C., Chauhan, D.S., Mecarty, A.D., Tripathi, K.M., Selvan, T., Dubey, S.K. Effect of Azotobacter and phosphobacteria on yield of wheat (*Triticum aestivum*) // Vegetos. – 2017. Vol. 30. – P. 13–16. doi: 10.5958/2229-4473.2017.00130.6.

18. Nath, M., Bhatt, D., Bhatt, M.D., Prasad, R., Tuteja, N. Microbe-Mediated Enhancement of Nitrogen and Phosphorus Content for Crop Improvement. Elsevier B.V.; Amsterdam. – 2018. – P. 293–304.
19. Maqsood, M., Shehzad, M.A., Wahid, A., Butt, A.A. Improving drought tolerance in maize (*Zea mays*) with potassium application in furrow irrigation systems // Int. J. Agric. Biol. – 2013. Vol. 15. – P. 1193–1198.
20. Bakhshandeh, E., Pirdashti, H., Lendeh, K.S. Phosphate and potassium-solubilizing bacteria effect on the growth of rice // Ecol. Eng. – 2017. – Vol. 103. – P. 164–169. doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.03.008.
21. Meena, V.S., Maurya, B.R., Verma, J.P., Aeron, A., Kumar, A., Kim, K., Bajpai, V.K. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica // Ecol. Eng. – 2015. Vol. 81. – P. 340–347. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.04.065.
22. Prajapati, K., Sharma, M.C., Modi, H.A. Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils // Life sciences Leaflets. – 2012. – Vol. 5. – P. 71.
23. Rosa-Magri, M.M., Avansini, S.H., Lopes-Assad, M.L., Tauk-Tornisielo, S.M., Ceccato-Antonini, S.R. Release of potassium from rock powder by the yeast *Torulasporaglobosa* // Brazilian archives of biology and technology. – 2012. – Vol. 55. – P. 577–582.

### References

1. Lambers, H., Grammer, M.D., Pearse, S.J. Veneklaas, E.J. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: matching morphological and physiological traits. *Ann. Bot.* 98, no 5 (2006): 693–713.
2. Chen, Y.P., Rekha, P.D., Arun, A.B., Shen, F.T., Lai, W.A., Young, C.C. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl Soil Ecol.* 34, no 3(2016): 33–41.
3. Othman, R., Mohd, H., Saud, M., Habib, S.H. Isolation and characterization of rhizobia and plant growth-promoting rhizobacteria and their effects on growth of rice seedlings. *Appl Soil Ecol.* 15, no 19 (2011): 33–39
4. Rodrigues, A.A., Araujo, M.V.F., Soares, M.D.S., De Oliveira B.F.R., Sibov, S.T., Vieira, J.D.G. Isolation and Screening for Multitrait Plant Growth Promoting Actinobacteria From Organic Sugarcane Rhizosphere. *Int. J. Microbiol. Res.* 10, no 21 (2018): 1193. doi: 10.9735/0975-5276.10.5.1193-1198
5. Djebaili, R., Pellegrini, M., Smati, M., Del Gallo, M., Kitouni, M. Actinomycete strains isolated from saline soils: Plant-growth promoting traits and inoculation effects on *solanumlycopersicum*. *Sustainability*. 12, no (2020): 4617. doi: 10.3390/su12114617.
6. Hamdali, H., Bouizgarne, B., Hafidi, M., Lebrihi, A., Virolle, M.J., Ouhdouch, Y. Screening for rock phosphate solubilizing Actinomycetes from Moroccan phosphate mines. *Appl. SoilEcol.* 38, no 3 (2008): 12–19. doi: 10.1016/j.apsoil.2007.08.007.
7. Nafis, A., Raklami, A., Bechtaoui, N., El Khaloufi, F., El Alaoui, A., Glick, B.R., Hafidi, M., Kouisni, L., Ouhdouch, Y., Hassani, L. Actinobacteria from Extreme Niches in Morocco and Their Plant Growth-Promoting Potentials. *Diversity*. 11, no 3 (2019): 139. doi: 10.3390/d11080139.
8. Budania, K., Yadav, J. Effects of PGPR blended biochar and different levels of phosphorus on yield and nutrient uptake by chickpea. *Ann. Agric. Bio Res.* 19, no 14 (2014): 408–412.
9. Peix, A, Rivas, A.A., Mateos, P. F., Rodriguez, C., Martinez, E., Velazquez, E. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobiummediterraneum* under growth chamber conditions. *SoilBoil. Biochem.* 33, no 7 (2011): 103–110.
10. Whitelaw, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Adv. Agron.* 69 (2001): 99–151.
11. Prajapati, K., Sharma, M.C., Modi, H.A. Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils. *Life sciences Leaflets.* 5, no 23 (2012): 71–75
12. Jayadi, M., Baharuddin, Ibrahim B. In vitro selection of rock phosphate solubility by microorganism from Ultisols in South Sulawesi, Indonesia. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 1, no 4(2013): 68–73.
13. Maliha, Rashid, Samina, K., Najma, A., Sadia, A., Farooq, L. Organic Acids Production and Phosphate Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) Under in vitro Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 7, no 13 (2004): 187–196. DOI: 10.3923/pjbs.2004.187.196
14. Chirikov M.A. Opredelenie podvizhnyh soedinenij fosfora i kaliya po metodu CHirikova v modifikacii CINAO. Pochvy. 4, no 3(1996): S3.
15. Brazhnikova, E.V., Mukasheva, T.D., Ignatova, L.V. Skrining shtammov mikromicetov, perspektivnyh dlya stimulyacii rosta sel'skohozajstvennyh kul'tur. Experimental Biology. 3, no 1(2019): 80.
16. Shlyk, A.A. Opredelenie hlorofilov i karatinoidov v ekstraktah zelenyh list'ev. Biohimicheskie metody v fiziologii ras-tenij. 15, no 12(1971): 154–171.
17. Me Carty, S.C., Chauhan, D.S., Mecarty, A.D., Tripathi, K.M., Selvan, T., Dubey, S.K. Effect of Azotobacter and phosphobacteria on yield of wheat (*Triticum aestivum*). *Vegetos*. 30, no 9(2017): 13–16. doi: 10.5958/2229-4473.2017.00130.6.
18. Nath, M., Bhatt, D., Bhatt, M.D., Prasad, R., Tuteja, N. Microbe-Mediated Enhancement of Nitrogen and Phosphorus Content for Crop Improvement. Amsterdam: Elsevier, 2018.
19. Maqsood, M., Shehzad, M.A., Wahid, A., Butt, A.A. Improving drought tolerance in maize (*Zea mays*) with potassium application in furrow irrigation systems. *Int. J. Agric. Biol.* 15, no 11(2013): 1193–1198.
20. Bakhshandeh, E., Pirdashti, H., Lendeh, K.S. Phosphate and potassium-solubilizing bacteria effect on the growth of rice. *Ecol. Eng.* 103, no 22(2017): 164–169. doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.03.008.

21. Meena, V.S., Maurya, B.R., Verma, J.P., Aeron, A., Kumar, A., Kim, K., Bajpai, V.K. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): Isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica. *Ecol. Eng.* 81, no 13(2015): 340–347. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.04.065.
22. Prajapati, K., Sharma, M.C., Modi, H.A. Isolation of two potassium solubilizing fungi from ceramic industry soils. *Life sciences Leaflets.* 5, no 3 (2012): 71
23. Rosa-Magri, M.M., Avansini, S.H., Lopes-Assad, M.L., Tauk-Tornisielo, S.M., Ceccato-Antonini, S.R. Release of potassium from rock powder by the yeast *Torulasporaglobosa*. *Brazilian archives of biology and technology.* 55, no 27(2012): 577-582.

МРНТИ 34.25.39

<https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v73.i4.010>

**Ю.В. Перфильева<sup>1,2</sup>, А.С. Машжан<sup>1,4\*</sup>, А.В. Жигайлова<sup>1,2</sup>, Е.О. Остапчук<sup>1,2</sup>,**  
**Э.Р. Мальцева<sup>1,2,3</sup>, Д.А. Найзабаева<sup>1,2,4</sup>, Ж.А. Бердыгулова<sup>1</sup>, А.О. Бисенбай<sup>1,2,4</sup>,**  
**Ю.А. Скиба<sup>1,2,3</sup>, А.М. Дмитровский<sup>1</sup>, С.М. Мамадалиев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Филиал РГП «Национальный центр биотехнологии», Казахстан, г. Алматы<sup>2</sup>РГП «Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхозина» КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы<sup>3</sup>Научное сообщество «Тетис», Казахстан, г. Алматы<sup>4</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

\*e-mail: aj.akzhigit@gmail.com

## РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЛИХОРАДКИ КУ В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА

Лихорадка Ку (коксиеллез) – зоонозная инфекция, вызываемая бактерией *Coxiella (C.) burnetii*, которая может инфицировать многие виды млекопитающих, включая человека. Эта работа направлена на исследование распространённости *C. burnetii* среди домашнего скота и населения южного региона Казахстана с помощью иммуноферментного анализа (ИФА). Для серологического мониторинга проведен сбор образцов сыворотки у 100 жителей Жамбылской области в эпидемиологический сезон 2021 г. Выявлено, что общая серопревалентность IgG к *C. burnetii* равна 3,3%. Также проведен серологический анализ 282 образцов сыворотки крови от *Capra hircus*, *Ovis aries* и *Bos taurus*, собранных в Туркестанской и Жамбылской областях. Показано, что общая серопревалентность антител к *C. burnetii* у сельскохозяйственных животных составляет 32,2% и 23,0% в Туркестанской и Жамбылской областях соответственно. Проведен эпидемиологический анализ данных серомониторинга домашнего скота. Показано, что видовая принадлежность *Capra hircus* к женскому полу и обитание в Байдибекском, Сайрамском, Казыгуртском районах Туркестанской области и в районе Т. Рыскулова Жамбылской области являются факторами риска инфицирования *C. burnetii* в южном регионе Казахстана. Полученные результаты говорят о необходимости проведения дальнейшего исследования в этом направлении для выделения возбудителя и идентификации его основных резервуаров.

**Ключевые слова:** *Coxiella (C.) burnetii*, коксиеллез, эпидемиология, иммуноферментный анализ, сыворотка.

Y.V. Perfilyeva<sup>1,2</sup>, A. Mashzhan<sup>1,4\*</sup>, A.V. Zhigailov<sup>1,2</sup>, Y.O. Ostapchuk<sup>1,2</sup>,  
E.R. Maltseva<sup>1,2,3</sup>, D.A. Naizabayeva<sup>1,2,4</sup>, Zh.A. Berdygulova<sup>1</sup>, A.O. Bissenbay<sup>1,2,4</sup>, Y.A. Skiba<sup>1,2,3</sup>,  
A.M. Dmitrovsky<sup>1</sup>, S.M. Mamadaliyev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Kazakhstan, Almaty<sup>2</sup>M.A. Aitkhozin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Kazakhstan, Almaty<sup>3</sup>Tethys Scientific Society, Kazakhstan, Almaty<sup>4</sup>Kazakh National University Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: aj.akzhigit@gmail.com

### Prevalence of Ku fever in the Southern region of Kazakhstan

Q fever (coxiellosis) is a zoonotic infection caused by the bacterium *Coxiella (C.) burnetii* that can infect many species of mammals, including humans. This work was aimed at studying the prevalence of *C. burnetii* among livestock and people in the southern region of Kazakhstan using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). For serological monitoring, serum samples were collected from 100 residents of the Zhambyl oblast in the epidemiological season of 2021. It was found that the total seroprevalence of IgG to *C. burnetii* is 3.3%. A serological analysis of 282 blood serum samples from *Capra hircus*, *Ovis aries* and *Bos taurus* collected in the Turkestan and Zhambyl oblasts demonstrated that the total seroprevalence of antibodies to *C. burnetii* in livestock is 32.2% and 23.0% in the Turkestan and Zhambyl oblasts, respectively. An epidemiological analysis of livestock seromonitoring data was carried out. It was shown that the species belonging to *Capra hircus*, female sex and habitat in Baidibek, Sairam, Kazygurt districts of the Turkestan oblast and in T. Ryskulov of the Zhambyl oblast are risk factors for *C. burnetii* infection in the southern region of Kazakhstan. The results indicate the need for further research in this direction to isolate the pathogen and identify its main reservoirs.

**Key words:** *Coxiella (C.) burnetii*, coxiellosis, epidemiology, enzyme immunoassay, serum.

Ю.В. Перфильева<sup>1,2</sup>, А.С. Машкан<sup>1,4\*</sup>, А.В. Жигайлова<sup>1,2</sup>, Е.О. Остапчук<sup>1,2</sup>,  
Э.Р. Мальцева<sup>1,2,3</sup>, Д.А. Найзабаева<sup>1,2,4</sup>, Ж.А. Бердыгулова<sup>1</sup>, А.О. Бисенбай<sup>1,2,4</sup>,  
Ю.А. Скиба<sup>1,2,3</sup>, А.М. Дмитровский<sup>1</sup>, С.М. Мамадалиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Ұлттық биотехнология орталығы» РМК Алматы қаласындағы филиалы, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>«М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты» ШЖК, РМК, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>3</sup>Фылыми бірлестік «Тетис», Қазақстан, Алматы қ.

<sup>4</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

\*e-mail: aj.akzhigit@gmail.com

## Ку безгегінің оңтүстік Қазақстан өнірінде таралуы

*Coxiella (C.) burnetii* бактериясымен қоздырылатын Ку безгегі (коксиеллез) – сүтқоректілердің көптеген түрлерін, құстардың, бұынайқтылардың, және адамдардың коса жүктыру қаупі бар зооноздық инфекция. Бұл жұмыс Түркістан және Жамбыл облыстарының тұрғындары мен шаруда малының арасында *C. burnetii* таралуын имуна ферменттік талдау (ИФТ) көмегімен зерттеуге бағытталған. Серологиялық мониторинг жасау мақсатында 2021 жылғы эпидемиологиялық маусымда Жамбыл облысының 100 тұрғынынан сарысу үлгілері алынды. IgG-дің *C. burnetii*-ге жалпы серопреваленттілігі 3,3% екені анықталды. Сондай-ақ *Capra hircus*, *Ovis aries* және *Bos taurus* қан сарысуларының 282 үлгілерінен серологиялық талдау жасалды. Ауыл шаруашылығы жаңуарларында *C. burnetii*-ге антиденелердің жалпы серопреваленттігі Түркістан және Жамбыл облыстарында 32,2% және 23,0% екені көрсетілді. Шаруашылық маддарының серомониторинг деректеріне эпидемиологиялық талдау жүргізілді. Оңтүстік өніріндегі Түркістан облысының Бәйдібек, Сайрам, Қазығұрт аудандарында және Жамбыл облысының Т. Рысқұлов ауданындағы аналық түріне жататын *Capra hircus*-тің мекен ету ортасы *C. burnetii*-мен инфекцияланудың қауіп факторларын арттыратыны көрсетілді. Нәтижелер қоздырғышты оқшаулау және оның негізгі резервуарларын анықтау үшін осы бағытта қосымша зерттеулер жүргізу қажеттігін көрсетті.

**Тұйін сөздер:** *Coxiella (C.) burnetii*, коксиеллез, эпидемиология, имуноферментті талдау, сарысу.

## Введение

Лихорадка Ку (коксиеллез) – зоонозная инфекция, характеризующаяся множественностью источников и факторов передачи. Заболевание вызывается *Coxiella (C.) burnetii*, строго внутриклеточной грамотрицательной бактерией, которая поражает сельскохозяйственных животных и человека [1, 2]. *C. burnetii* может инфицировать многие виды животных, включая млекопитающих, птиц и членистоногих. У животных инфекция *C. burnetii* протекает обычно бессимптомно, но у млекопитающих она может привести к абортам и мертворождению. У сельскохозяйственных животных пневмония, abortionы, мертворождение и рождение слабого потомства являются наиболее частыми клиническими признаками. В большинстве случаев аборт происходит в конце беременности без особых клинических признаков подобно тому, как это наблюдается при бруцеллезе или хламидиозе. Частота абортов варьирует от 3 до 80% у инфицированных самок [3].

Диагностика коксиеллеза затруднена неспецифическими клиническими симптомами у людей и асимптоматическим течением заболевания у животных, обостряющимся только в

период беременности и родов. Работники сферы здравоохранения по причине неосведомленности не проявляют внимания к данной инфекции, что, в конечном итоге, приводит к ее недостаточной выявляемости, диагностическим ошибкам и несвоевременному лечению больных. Несмотря на то, что лихорадка Ку редко приводит к летальному исходу, она часто может приводить к инвалидизации, даже в случае проводимой терапии антибиотиками. Текущие эпидемиологические исследования показывают, что лихорадку Ку следует рассматривать как проблему общественного здравоохранения во многих странах, например, в Великобритании, Испании, Германии, Франции, Греции и др. [1], а также во многих других странах, где лихорадка Ку распространена, но не распознана из-за отсутствия эпидемиологического надзора за заболеванием. Например, в США лихорадка Ку подлежит регистрации только с 1999 г., что привело к увеличению числа случаев заболевания людей на 250% в период с 2000 г. по 2004 г. благодаря мониторингу данной инфекции [2]. Заметный подъем заболеваемости коксиеллезом регистрируется во многих странах [4], что, по-видимому, связано с интенсивным развитием животноводства и ввозом скота из неблагополучных по коксиеллезу

стран. Так, показано, что покупка даже нескольких животных из зараженных источников может привести к возникновению крупных вспышек [4].

Для коксиеллеза типично наличие природных очагов инфекции, где возбудитель сохраняется у разных видов иксодидовых, аргасовых, гамазовых и краснотелковых клещей. Так, *C. burnetii* была обнаружена у более, чем 40 видов клещей. Клещи заражаются *C. burnetii* с кровью во время кормления от инфицированных животных и могут передавать бактерии другим млекопитающим во время следующего кормления или путем аэрогенного распространения высушенного клеша [5]. Учитывая, что некоторые виды клещей могут передавать коксиелл трансовариально, можно предположить, что именно клещи являются основным резервуаром *C. burnetii* в природе [6]. В циркуляцию *C. burnetii* в природе вовлекаются также многие виды теплокровных животных – от крупных копытных (таких как олени, джейраны и т.д.), до мелких мышевидных грызунов, а также птицы [7].

Человек чаще всего заражается коксиеллезом от сельскохозяйственных животных (крупного (КРС) и мелкого рогатого скота, лошадей, верблюдов и свиней). Зараженные животные выделяют *C. burnetii* в окружающую среду с калом, мочой, маточными выделениями и молоком. Передача патогена человеку может происходить тремя основными путями: при вдыхании аэрозолей, через пищеварительную систему при употреблении зараженных продуктов (непастеризованное молоко или пастеризованное в течение короткого времени) и через кожу (например, укусы клещей или при контакте зараженных продуктов с кожными язвами) [8]. Околоплодные воды и плацента инфицированных животных содержат высокую концентрацию бактерий, которые могут распространяться в окружающей среде аэрогенно, оставаясь вирулентными в течение нескольких месяцев [9]. Были описаны случаи, когда источниками вспышек являлись навоз [10] и загрязненная фекалиями шерсть [11]. Передача от человека человеку редка, но возможна при переливании крови [8].

Характерной особенностью *C. burnetii* является их высокая устойчивость к факторам внешней среды, к высушиванию и нагреванию. Это способствует реализации различных путей заражения – воздушно-пылевого, алиментарного [12], контактного (заражение через кожу ислизистые оболочки) и других. Инфекционная доза

*C. burnetii* составляет всего 1-10 микроорганизмов, что делает эту бактерию одним из самых вирулентных из известных патогенов [13]. Аэрогенный путь передачи *C. burnetii* может объяснять появление Ку-лихорадки у жителей городских районов, отрицающих прямые контакты с животными [14]. Так, самая крупная из известных зарегистрированных вспышек лихорадки Ку, произошедшая в 2007–2010 годах в Нидерландах и охватившая около 4000 случаев заболевания людей, была предположительно связана с заражением через воздушно-пылевой путь в связи с нахождением молочных козьих ферм вблизи густонаселенных районов. Общий ущерб от вспышки оценивается в 161–336 миллионов евро. Самой большой проблемой стало снижение качества жизни пациентов и нетрудоспособность пострадавших от инфекции, что было оценено на сумму около 67–145 миллионов евро [15]. Возможность аэrozольного заражения, устойчивость к окружающей среде и очень низкая инфекционная доза делают *C. burnetii* потенциальным агентом биологической войны (CDC, категория B).

Таким образом, высокая инвазивность и устойчивость в окружающей среде *C. burnetii*, множественные пути передачи данного патогена людям и сельскохозяйственным животным, включая аэрогенный путь передачи, а также способность *C. burnetii* вызывать хронические заболевания, которые могут приводить к инвалидизации, определяют значительную актуальность изучения данного заболевания. При этом, на наш взгляд, в силу развитого животноводства и высокой густонаселенности наибольший интерес представляет южный регион Казахстана.

Первые сообщения в печати о лихорадке Ку в Казахстане (и в СССР) были сделаны Е.Н.Бартошевич в 1946 г., когда она описала кратковременные лихорадочные заболевания, встречавшиеся в сельской местности среди жителей южного региона Казахстана, в дальнейшем они были серологически идентифицированы как коксиеллез [16]. В 1953-1954 гг. лихорадка Ку была подтверждена в Узбекистане, Таджикистане и Кыргызстане. В последующем в работах Х.Ж Жуматова, А.М. Курочкина, А.Ф. Петрова, и других дано описание широкого распространения этой инфекции в Казахстане. В Казахстане мониторинг лихорадки Ку не проводится с 1980-х гг., также отсутствует и эпидемиологический надзор за этой инфекцией. Таким образом, на данный момент отсутствует инфор-

мация о распространённости данной инфекции среди сельскохозяйственных животных и людей в Казахстане, в том числе, в южных областях Республики, где, в настоящее время, идет интенсивное развитие животноводческой отрасли.

Особую тревогу вызывает тот факт, с 1995 года среди жителей южного региона Казахстана отмечается рост числа случаев лихорадок невыясненной этиологии, при этом, в большинстве случаев диагноз устанавливается на основании клинико-эпидемиологических данных без лабораторного подтверждения. В этой группе может в значительной доле присутствовать и лихорадка Ку. Также, в регионе регистрируется значительное количество случаев бруцеллеза, учитывая, что клиническая картина и эпидемиологические факторы у этих двух инфекций зачастую не различимы, в этой группе также может присутствовать и лихорадка Ку.

## Материалы и методы

### Объекты исследования

В работе использованы сыворотки крови, полученные из периферической крови жителей южного региона Казахстана, а также цельная кровь, сыворотка сельскохозяйственных животных (КРС, овец и коз). На проведение данных исследований получено разрешение этического комитета при РГП «НЦБ» в соответствии с установленным порядком (Выписка из протокола №4 от 08.09.2020).

Работы с потенциально опасным биологическим материалом проводились в сертифицированных шкафах биологической безопасности II класса A2, SterilGARD (Baker, США). Утилизация биологических материалов проводилась с использованием паростерилизатора Amsco Century Scientific (Steris, США).

### Забор венозной крови и подготовка крови к исследованию

Исследование проводилось согласно этическим положениям Хельсинской Декларации. Перед забором крови все доноры предоставили письменное информированное согласие на исследование. Венозную кровь забирали с использованием системы забора крови Venosafe (BD) в стерильные вакуумные 6 мл пробирки Vacutainer (BD) с активатором коагуляции натощак из локтевой вены, отстаивалась в течение 3-4 часов, центрифугировали 5 минут при 2000 г, после чего производился отбор сыворотки и ее аликво-

тирование в пробирки на 1,5 мл (Eppendorf). Образцы сывороток хранили в двух аликвотах при температуре -20°C.

Также проводился забор крови домашних овец (*Ovis aries*), коз (*Capra hircus*) и коров (*Bos taurus*). Для этого, на месте, где предполагается произвести прокол, выстригали шерсть, кожу дезинфицировали 5%-ным раствором йода. Забор крови осуществляли из яремной вены животных в пробирки для сбора цельной крови (содержащие K2 EDTA) и пробирки для сыворотки (содержащие активатор коагуляции) Venosafe, оснащенные безопасной иглой (Venoject Quick Fit Needle). Для получения сыворотки пробирки Venosafe с собранной в них кровью после образования сгустка центрифугировали при 2000 х г в течение 5 мин.

### Иммунофлуоресцентный анализ (ИФА)

Анализ сывороток животных на содержание антител IgG к *C. burnetii* проводили с помощью наборов "ID Screen® Q Fever Indirect Multi-species" (IDVet, Франция) и сывороток человека – с помощью наборов «Тест-система иммуноферментная для выявления антител класса IgG к антигенам коксиелл Бернета» (ИФА-анти-Ку-G) (ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Россия) согласно инструкциям производителей и согласно разработанному СОП № CRL-NCB-SA-SOP-055 «Проведение непрямого ИФА на выявление антител к *Coxiella burnetii* с помощью набора ID Screen Q Fever Indirect Multi-species». Перед проведением ИФА все образцы сывороток инактивировали стандартной термической обработкой, выдерживая 20 мин при 56°C.

Хроматографическую реакцию анализировали при 450 нм на планшетном ИФА анализаторе BioTek (BioTek Instruments, США). Интерпретацию полученных результатов проводили следующим способом. При анализе сывороток человека, если отношение оптической плотности (ОП) исследуемого образца сыворотки к усредненному значению ОП контроля отрицательного было равно или превышало 3, и при этом ОП исследуемого образца превышало 0,50 о.е., то этот результат расценивали как положительный, то есть сыворотка содержит антитела класса IgG к *C. burnetii*. Результат оценивали как отрицательный, если отношение ОП образца к ОП контроля отрицательного было меньше 3 или ОП исследуемой сыворотки было ниже 0,50 о.е.

При анализе сывороток животных, дискриминацию положительных и отрицательных сывороток производили по формуле (1):

$$\text{ОП}_{\text{крит}} = (\text{ОП}_{\text{образца}} - \text{ОП}_{\text{к-}})/(\text{ОП}_{\text{к+}} - \text{ОП}_{\text{к-}}) \times 100\% \quad (1)$$

где ОП<sub>к-</sub> – значение ОП отрицательного контрольного образца, ОП<sub>к+</sub> – значение ОП положительного контрольного образца. Результат считался отрицательным, если значение ОП<sub>крит</sub> в соответствующей ячейке было ниже или равно 40%. Результат расценивался как сомнительный, если 40% < ОП<sub>крит</sub> ≤ 50%; результат расценивался как положительный, если 50% < ОП<sub>крит</sub> ≤ 80% и как сильноположительный, если ОП<sub>крит</sub> > 80%. Валидацию ИФА наборов проводили по значению ОП контрольных образцов.

### **Статистический анализ данных**

Биостатистический анализ проводили с применением программного обеспечения EpiInfo 7 (CDC). Серологическая распространенность рассчитывалась как доля людей/животных, у которых обнаруживались антитела, с 95% доверительным интервалом. Для оценки статистической значимости выявленных ассоциаций использовали точный критерий Фишера. Значимость для всех анализов была определена на уровне  $p<0,05$ .

### **Результаты и обсуждение**

#### **Результаты серологического исследования образцов сыворотки жителей южного региона Казахстана**

Для проведения анализа по распространению коксиеллеза среди населения южного региона Казахстана был организован и проведен сбор сывороток от жителей региона. В эпидемиологический сезон 2021 г было собрано 100 сывороток от жителей г. Тараз Жамбылской области. Сбор образцов проходил в больницах и поликлиниках города.

Для ИФА было отобрано 92 образца сыворотки. Средний возраст исследуемых был  $33,7 \pm 8,7$  лет (диапазон 23-50 лет), из них 42 женщины (56,1%) и 45 мужчин (43,9%), для 5 доноров пол был не известен. Из 92 проанализированных образцов 3 (3,3%; 95% CI: 1,1-9,2%) были позитивными по IgG к *C. burnetii*. Результаты анализа предполагают, что нельзя упускать из виду возможность циркуляции *C. burnetii* среди людей в южном регионе Казахстана.

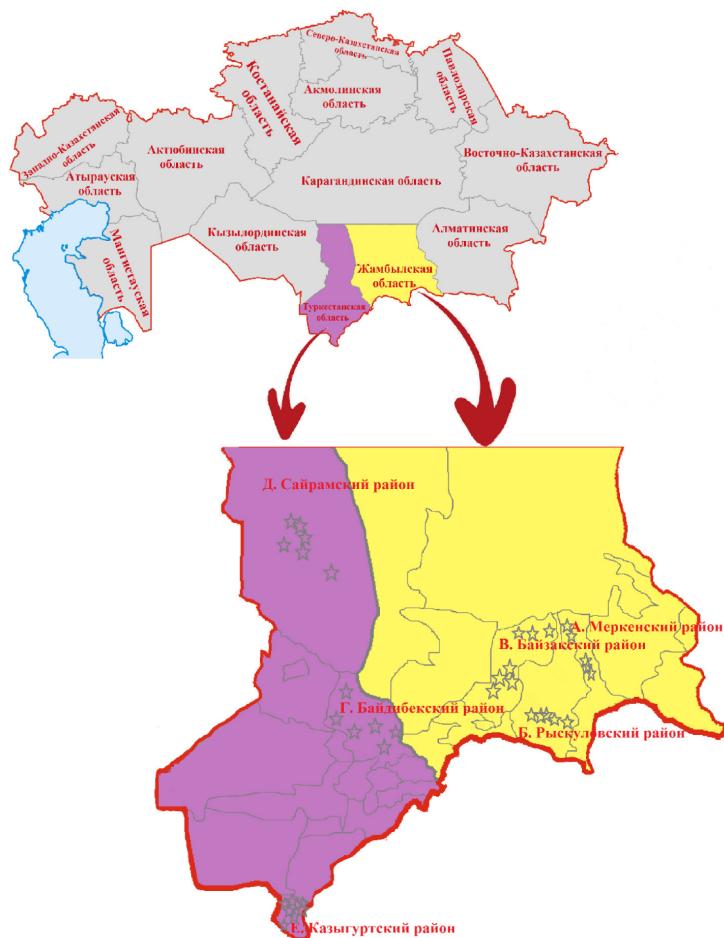
### **Серологический анализ сывороток крови сельскохозяйственных животных и эпидемиологический анализ полученных данных**

С целью изучения степени распространения возбудителя коксиеллеза и его эпидемиологических особенностей в южном регионе Казахстана нами было проведено кросс-секционное серологическое обследование 282 сельскохозяйственных животных. Исследование на наличие антител к *C. burnetii* проводилось с использованием коммерческой валидированной тест-системы “ID Screen® Q Fever Indirect Multi-species”, использующей сорбированные на плашке антигены фазы I и фазы II *C. burnetii*. Поскольку *C. burnetii* является единственным патогеном, относящимся к роду *Coxiella* семейства *Coxiellaceae* класса *Gamma-proteobacteria*, по антигенным свойствам данная бактерия существенно отличается от других микроорганизмов и не имеет перекрестных антигенов с другими родственными микроорганизмами. Поэтому антитела класса IgG, образующиеся в организме после заражения коксиеллами, являются высокоспецифичными. Так, согласно отчету производителя, IDvet о внутренней проверке чувствительность и специфичность тест-системы “ID Screen® Q Fever Indirect Multi-species” составляет 100%. Также, согласно инструкциям, возможные неспецифические реакции сывороточных антител, способных интегрировать с коксиеллезными антителами и давать ложноположительные результаты, отсеивались при разведении исследуемых сывороток в 50 раз.

Для исследования были использованы архивные образцы сыворотки крови от 247 домашних овец (*Ovis aries*), 25 коз (*Capra hircus*) и 10 коров (*Bos taurus*), собранные в рамках выполнения других проектов АФ НЦБ в эпидемиологический сезон 2019 г. в Туркестанской и Жамбылской областях южного региона Казахстана. Сайты сбора образцов представлены на рис. 1. Всего было обследовано 40 сел, находящихся на территории 6 районов: Байдибекский (43 животного), Байзакский (51 животное), Казыгуртский (55 животных), Меркенский (24 животных), Сайрамский (45 животных) и Рыскуловский (64 животных). Все образцы сывороток хранились при  $-20^{\circ}\text{C}$  и ранее не размораживались. Средний возраст исследуемых животных был  $2,9 \pm 1,3$  лет (диапазон 1-8 лет). Всего было обследовано 232 самки и 39 самцов, для 11 животных пол не был известен.

В результате было показано, что общая серопозитивность к антигенам I и II *C.burnetii* среди сельскохозяйственных животных составила 27,7% (29,0%; 78/282; 95% CI: 22,8-33,2%), при этом наибольшее количество сероположительных животных было выявлено в Туркестанской области (32,2%; 46/143; 95% CI: 25,1-40,2%) при сравнении с Жамбылской областью (23,0%; 32/139; 95% CI: 16,8-30,7%). Сводные данные анализа представлены в Таблице 1. Хотя разница между исследуемыми областями не достигала статистически значимых различий ( $OR=1.6$ , 95% CI: 0,9- 2,7;  $p=0,1$ ), однако, в Туркестанской области серопозитивные животные были обнаружены во всех трех исследуемых районах, в отличие от Жамбылской области, где из трех исследованных районов, серопозитивные животные не были обнаружены в Меркенском рай-

оне (0%; 0/24); низкая серопревалентность была продемонстрирована для Байзакского района Жамбылской области (1.96%; 1/51). Наибольшая доля сероположительных животных была показана в Байдибекском районе Туркестанской области (65,1%; 28/43; 95% CI: 50,1-76,6), где серопозитивные животные были найдены во всех 7 обследованных селах/сельских округах. Такие различия между исследованными районами могут быть объяснены различной плотностью животных, выпасом скота большими или малыми отарами, циркуляцией возбудителя в клещах, а также климатическими условиями, благоприятствующими распространению патогена. Например, в Байдибекском районе часто дуют сильные ветры (арыстанды-карабасский) со скоростью 30—35 м/с, что может способствовать активному переносу патогена воздушными потоками.



**Рисунок 1 – Точки сбора образцов крови сельскохозяйственных животных в Жамбылской (А. Меркенский район. Б. Рыскуловский район. В. Байзакский район) и Туркестанской (Г. Байдибекский район. Д. Сайрамский район. Е. Казыгуртский район) областях Казахстана**

Из 78 сероположительных животных, 66 принадлежали к овцам и 12 к козам. Положительные образцы не были выявлены среди крупного рогатого скота, что, возможно, было связано с малым количеством выборки ( $n=10$ ). Анализ данных по видовой принадлежности сельскохозяйственных животных выявил статистически значимые различия в серопози-

тивности коз и овец. Так, было показано, что *Capra hircus* в два с половиной раз чаще инфицируются *C. burnetii* (48,0%; 12/25; 95% CI: 30,0-66,5%) по сравнению с *Ovis aries* (26,7%; 66/247; 95% CI: 21,6-32,6%) ( $OR=2.5$ , 95% CI: 1,1- 5,8;  $p=0,03$ ), что подчеркивает роль коз как очень важного резервуара *C. burnetii* в южном регионе Казахстана.

**Таблица 1 – Данные ИФА по наличию у сельскохозяйственных животных южного региона Казахстана антител к *C.burnetii***

Об-ласть	Рай-он	Село / сельский (с.) округ	Вид	Результат ИФА			Кол-во	OR (95% CI)
				полож.	сомнит.	негат.		
Туркестанская область	Байдибекский	село Танатар / с. округ Алгабас	<i>O. aries</i>	3	-	4	7	
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	0	
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	0	
		село Шаян / м	<i>O. aries</i>	2	-	3	5	
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	0	
			<i>B. tartus</i>	-	-	1	1	
		село Жарыкбас/ с. округ Алмалы	<i>O. aries</i>	4	-	1	5	
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	0	
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	0	
		село Шыбыт / с. округ Жамбыл	<i>O. aries</i>	5	-	-	5	
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	0	
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	0	
		село Акбулак	<i>O. aries</i>	5	-	-	5	
			<i>C. hircus</i>	1	-	1	2	
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	0	
		село Бирлик / с. округ Мынбулак	<i>O. aries</i>	3	1	2	6	
			<i>C. hircus</i>	2	-	-	2	
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	0	
		село Агыбет / с. округ Агыбет	<i>O. aries</i>	3	1	1	5	
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	0	
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	0	
		Всего по району (%)		28 (65,1%)	2 (4,7%)	13 (30,2%)	43	93,3 (11,7;744,5), $p<0,0001$
Сайрамский	село Карабулак / с. округ Карабулак	<i>O. aries</i>	-	-	5	5		
		<i>C. hircus</i>	-	-	1	1		
		<i>B. tartus</i>	-	-	1	1		
	с. округ Жибек жолы	<i>O. aries</i>	2		3	5		
		<i>C. hircus</i>	-	-	2	2		
		<i>B. tartus</i>	-	-	1	1		
	село Черноводск / с. округ Капасы	<i>O. aries</i>	3	-	2	5		
		<i>C. hircus</i>	-	-	1	1		
		<i>B. tartus</i>	-	-	1	1		
	с. округ Аксукент	<i>O. aries</i>	-	-	5	5		
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
		<i>B. tartus</i>	-	-	1	1		
	с. округ Манкент	<i>O. aries</i>	-	-	5	5		
		<i>C. hircus</i>	-	-	1	1		
		<i>B. tartus</i>	-	-	1	1		
	село Кызылсу / с. округ Сайрам	<i>O. aries</i>	3	-	2	5		
		<i>C. hircus</i>	2	1	2	5		
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		

Распространенность лихорадки Ку в южном регионе Казахстана

	Всего по району (%)		10 (22,2%)	1 (2,2%)	34 (75,5%)	45	14,3 (1,7;116,7), <i>p</i> =0.003
Казыгуртский	село Шарбулак / с. округ Шарбулак	<i>O. aries</i>	1	-	4	5	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	2	2	
	село Аганай / с. округ Шарбулак	<i>O. aries</i>	-	-	5	5	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Ашыбулак / с. округ Казыгурт	<i>O. aries</i>	1	-	4	5	
		<i>C. hircus</i>	1	1	2	4	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Казгурт с. округ Казыгурт	<i>O. aries</i>	-	-	5	5	
		<i>C. hircus</i>	1	-	-	1	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Кызылдихан / с. округ Турбат	<i>O. aries</i>	-	-	5	5	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Ондирис / с. округ Турбат	<i>O. aries</i>	-	-	5	5	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Турбат / с. округ Турбат	<i>O. aries</i>	-	-	5	5	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Зангар с. округ Какпак	<i>O. aries</i>	2	-	4	6	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Какпак / с. округ Какпак	<i>O. aries</i>	1	-	4	5	
		<i>C. hircus</i>	1	1	-	2	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
Всего по району (%)			8 (14,5%)	2 (3,6%)	45 (81,8%)	55	8,5 (1,02;70,7), <i>p</i> =0.03
Жамбылская область	село Жамбыл / с. округ Жамбыл	<i>O. aries</i>	-	-	3	3	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Сурат / с. округ Сурат	<i>O. aries</i>	-	-	4	4	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Акарал / с. округ Акарал	<i>O. aries</i>	-	-	4	4	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Сарымолдаев / с. округ Сары-мольдаев	<i>O. aries</i>	-	-	7	7	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Актоган / с. округ Актоган	<i>O. aries</i>	-	-	3	3	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
	село Т. Рыскулов / с. округ Т.Рыскулов	<i>O. aries</i>	-	-	3	3	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	
Всего по району (%)			0 (0%)	0 (0%)	24 (100%)	24	0
Т. Рыскулов	село Кокдонен / с. округ Кокдонен	<i>O. aries</i>	6	1	-	7	
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-	
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-	

Жамбылская область	Т. Рыску-лов	село Жаксылык / с. округ Кокдонен	<i>O. aries</i>	4	1	2	7		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		село Когершин / с. округ Когершин	<i>O. aries</i>	5	-	-	5		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		с. округ Когершин	<i>O. aries</i>	1	-	-	1		
			<i>C. hircus</i>	3	-	-	3		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		село Кулан / с. округ Кулан	<i>O. aries</i>	4	2	-	6		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		село Каракат / с. округ Кулан	<i>O. aries</i>	3	-	3	6		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		с. округ Абай	<i>O. aries</i>	5	1	8	14		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		село Корагаты / с. округ Корагаты	<i>O. aries</i>	-	-	6	6		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		село Аккайнар / с. округ Корагаты	<i>O. aries</i>	-	-	9	9		
			<i>C. hircus</i>	-	-	-	-		
			<i>B. tartus</i>	-	-	-	-		
		Всего (%)		31 (48,4%)	5 (7,8%)	28 (43,8%)	64	46,9 (6,1;360,9), <i>p</i> <0.0001	
Байзакский	село Базарбай / о Байтерек	<i>O. aries</i>	-	-	4	4			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Байтерек //о Байтерек	<i>O. aries</i>	-	-	4	4			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Сарыкемер / с. округ Сарыкемер	<i>O. aries</i>	1	-	6	7			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Улгили / с. округ Улгили	<i>O. aries</i>	-	-	9	9			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Кокузек / с. округ Кокузек	<i>O. aries</i>	-	-	8	8			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Бурыл / с. округ Бурыл	<i>O. aries</i>	-	-	7	7			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Кумжота / с. округ Бурыл	<i>O. aries</i>	-	-	6	6			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
	село Ынтымак / с. округ Ынтымак	<i>O. aries</i>	-	-	6	6			
		<i>C. hircus</i>	-	-	-	-			
		<i>B. tartus</i>	-	-	-	-			
Всего по району (%)			1 (2,0%)	0	50 (98,0%)	51	Реф.		
ВСЕГО:			78 (27,7%)	10 (3,5%)	194 (68,8%)	282			

Интересно, что при анализе общей популяции животных, риск серопозитивности был в 5 раз выше у самцов (59,5%; 22/37; OR=5,2, 95% CI: 2,4-10,7;  $p<0,0001$ ) по сравнению с самками (22,1%; 50/226) (в расчет не брались образцы, показавшие сомнительный результат). Та же ассоциация сохранилась при расчете данного показателя у баранов (66,7%; 42/204; OR=7,7, 95% CI: 3,2-18,4;  $p<0,000001$ ) и овец (20,6%; 9/27) (в расчет не брались образцы, показавшие сомнительный результат). У *Capra hircus* самки (50,0%; 8/16) и самцы (66,7%; 4/6) инфицировались *C. burnetii* примерно в равной степени. Полученные данные противоречили литературным, согласно которым самки животных более подвержены риску инфицирования *C. burnetii*, чем самцы коз [17]. В связи с этим нами был проведен дальнейший мультифакторный анализ, в ходе чего было выяснено, что 92.3% (36/39) всех самцов в исследовании происходили из Байдибекского района, где была выявлена самая высокая превалентность среди всех 6 исследованных районов. При этом анализ риска серопозитивности в Байдибекском районе был в 11 раз выше у самок (85,7%; 6/7; OR=11,0, 95% CI: 1,2-102,3;  $p=0,003$ ), чем у самцов (35,3%; 12/34). Такой более высокий риск инфицирования *C. burnetii* у самок связывают с тропизмом патогена к плаценте и лимфатическим узлам молочных желез [17].

Вероятность серопозитивной реакции достоверно не увеличивалась с возрастом: антитела выявлялись у 31,7% (58/183) молодых животных в возрасте  $\leq 3$  лет по сравнению с 20,2% (20/99) взрослых животных (в возрасте  $> 3$  лет) (OR=1,7; 95% CI: 0,9-2,9;  $p=0,09$ ). Интересно отметить, что из 78 сероположительных животных, 48 (61,5%) имели очень высокие титры антител (ОПкрит  $\geq 80\%$ ), что могло свидетельствовать о протекании острой инфекции.

Южный регион Казахстана, а частности Туркестанская и Алматинская области, и в несколько меньшей мере, Жамбылская область, являются лидерами животноводческой отрасли в Казахстане. Так, по данным Министерства сельского хозяйства РК в Туркестанской области за последние 20 лет численность скота увеличилась в 3 раза и превысила цифру в 6 млн. Такое интенсивное развитие животноводства, в частности разведение племенного скота, зачастую требующее завоза животных из близлежащих стран или Европы, требует усиления эпидемиологического надзора за зоонозными инфекциями, в частно-

сти, за коксиеллезом, что, в будущем может предотвратить экономические потери в сельском хозяйстве путем проведения своевременной вакцинации животных в эндемичных районах. В Европе коксиеллез отнесен к инфекциям, которые требуют специального надзора и правил для уведомления и отчетности. Однако в Казахстане какой-либо эпидемиологический надзор или регистрация коксиеллеза у сельскохозяйственных животных отсутствуют, в то же время сводные данные о распространенности инфекции необходимы для количественной оценки воздействия патогена на животных в регионе и представляют собой первый шаг для принятия необходимых решений правительственные органами.

Проведенный нами серомониторинг показал, что общая серопревалентность к *C. burnetii* у сельскохозяйственных животных в Туркестанской и Жамбылской областях составила 32,2% и 23,0%, что свидетельствует о том, что южный регион Казахстана, особенно Туркестанская область, является высокоэндеминой по коксиеллезу территорией. Исследование, проведенное в южном регионе Казахстана в 1984 г. Цой Дон-Чен и коллегами, показало, что серопревалентность к *C. burnetii* у сельскохозяйственных животных достигала в среднем 13,8% и 14,1% в Туркестанской и Жамбылской областях Казахстана, соответственно [18]. Сравнение этих данных с результатами нашего исследования может указывать на увеличение циркуляции *C. burnetii* в регионе. Однако следует принять во внимание, что в данных работах использовались различные методы. Так, в исследовании Цой Дон-Чен использовалась методика связывания комплемента с антигеном *C. burnetii*, в то время как в нашем исследовании была использована методика ИФА. Тем не менее, мы также не можем отрицать возможности расширения ареала возбудителя и активизации циркуляции *C. burnetii* среди домашнего скота и, возможно, людей в районе исследования.

## Заключение

Проведенный серологический анализ установил, что в Туркестанской и Жамбылской областях Казахстана значительная доля домашнего скота (27,7%) имеет антитела к *C. burnetii*, что свидетельствует о достаточно широкой распространенности коксиеллеза среди сельскохозяйственных животных на обследуемой территории. При этом, наиболее эпизоотически активные

очаги выявлены в Байдибекском, Сайрамском и Казыгуртском районах Туркестанской области и в районе Т.Рыскулов Жамбылской области.

Выявление региональных особенностей эпидемиологии коксиеллеза показало, что риск серопозитивности в два с половиной раз выше у *Capra hircus*, что предполагает, что данный вид животных является более уязвимым для инфицирования *C. burnetii*. Тем не менее, более многочисленное поголовье овец в регионе и наблюдаемая серопревалентность 26,7% среди *Ovis aries* подчеркивают активное участие этого вида в циркуляции патогена в районе исследования.

Серологический анализ образцов сыворотки, полученной от жителей г. Тараз Жамбылской области, показал, что имеется небольшая прослойка населения, имеющая антитела к *C. burnetii* (3,3%), что свидетельствует о закономерной возможности заражения людей *C. burnetii* в районе исследования.

Таким образом, полученные в рамках выполнения исследования данные предполагают

активную циркуляцию возбудителя лихорадки Ку на территории Жамбылской и Туркестанской областей южного региона Казахстана, что подтверждается наличием антител к *C. burnetii* у людей и животных в районе исследования, и свидетельствуют о необходимости проведения дальнейшего исследования в этом направлении для выделения возбудителя и идентификации его основных резервуаров.

## Финансирование

Работа выполнена в рамках проекта АР09259105 «Изучение распространенности и генотипов *Coxiella burnetii* в южном регионе Казахстана» финансируемой Министерством образования и науки Республики Казахстан.

## Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие финансовой или какой-либо иной поддержки исследования, или конфликта интересов.

## Литература

1. Maurin, M., Raoult D. Q fever. *Clinical Microbiology Reviews* 19, no 4 (1999): 518-53.
2. McQuiston, J.H., et al. National Surveillance and the Epidemiology of Human Q Fever in the United States, 1978–2004. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 75, no 1 (2006): 36-40.
3. Stephen, S., Sangeetha B. P.X. Antony. Seroprevalence of coxiellosis (Q fever) in sheep & goat in Puducherry & neighbouring Tamil Nadu. *Indian Journal of Medical Research* 140, no 6 (2014): 785-7.
4. Mori, M., and Roest H.J. Farming. Q fever and public health: agricultural practices and beyond. *Archives of Public Health* 76, no 1 (2018).
5. Kumsa, B., et al. Occurrence and Genotyping of *Coxiella burnetii* in Ixodid Ticks in Oromia, Ethiopia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 93, no 5 (2015): 1074-1081.
6. Knap, N., et al. The prevalence of *Coxiella burnetii* in ticks and animals in Slovenia. *BMC Veterinary Research* 15, no 1 (2019).
7. Pouquet, M., et al. *Coxiella burnetii* infection in humans: to what extent do cattle in infected areas free from small ruminants play a role? *Epidemiology and Infection* 148, (2020).
8. Woldehiwet, Z. Q fever (coxiellosis): epidemiology and pathogenesis. *Research in Veterinary Science* 77, no 2 (2004): 93-100.
9. Sting, R., K. Molz., C. Benesch. Q fever outbreak in a goat herd-diagnostic investigations and measures for control. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 126, no 9-10 (2013): 394-400.
10. Berri, M., et al. Ovine manure used as a garden fertiliser as a suspected source of human Q fever. *Veterinary Record* 153, no 9 (2003): 269-270.
11. Abinanti, F.R., et al. Q Fever Studies: Xix. Presence and Epidemiologic Significance of *Coxiella Burnetii* in Sheep Wool. *American Journal of Epidemiology* 61, no 3 (1955): 362-370.
12. Barandika, J.F., et al. Viable *Coxiella burnetii* in hard cheeses made with unpasteurized milk. *International Journal of Food Microbiology* 303, (2019): 42-45.
13. Tigertt, W.D., Benenson A.S., Gochenour W.S. Airborne Q Fever. *Bacteriological Reviews* 25, no 3 (1961): p. 285-293.
14. Sampere, M., et al. Q Fever in Adults: Review of 66 Clinical Cases. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* 22, no 2 (2003): 108-110.
15. Schimmer, B., et al. Sustained intensive transmission of Q fever in the south of the Netherlands, 2009. *Eurosurveillance* 19, no 14 (2009).
16. Chumakov MP., et al. Materialy po identifikacii zabolevaniya Ku likhoradkoj [Materials for the identification of Q fever disease]. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, no 5 (1954): 40-48. (in Russian)

17. Roest, H.J., et al. Q fever in pregnant goats: pathogenesis and excretion of *Coxiella burnetii*. *PLoS One* 11, no 7 (2012): p. e48949.
18. Don-Chen, Ts. Likhordak Ku v Yuzhnom Kazakhstane [Q fever in South Kazakhstan]. Ministry of Health of the Kazakh SSR, 1984: (in Russian)

#### References

- 1 Maurin M., Raoult D. Q fever // *Clin Microbiol Rev.* – 1999. – Vol. 12, №4. – P. 518-53.
- 2 McQuiston, J.H., et al. National Surveillance and the Epidemiology of Human Q Fever in the United States, 1978–2004 // *Am J Trop Med Hyg.* – 2006. – Vol. 75, №1. – P. 36-40.
- 3 Stephen S., Sangeetha B., Antony P.X. Seroprevalence of coxiellosis (Q fever) in sheep & goat in Puducherry & neighbouring Tamil Nadu // *Indian J Med Res.* – 2014. – Vol. 140, №6. – P. 785-7.
- 4 Mori M., Roest H.J. Farming, Q fever and public health: agricultural practices and beyond // *Arch Public Health.* – 2018. – Vol. 76, №1.
- 5 Kumsa B., et al. Occurrence and Genotyping of *Coxiella burnetii* in Ixodid Ticks in Oromia, Ethiopia // *Am J Trop Med Hyg.* – 2015. – Vol. 93, №5. – P. 1074-1081.
6. Knap N., et al. The prevalence of *Coxiella burnetii* in ticks and animals in Slovenia // *BMC Vet. Res.* – 2019. Vol. 15, №1.
- 7 Pouquet M., et al. *Coxiella burnetii* infection in humans: to what extent do cattle in infected areas free from small ruminants play a role? // *Epidemiology and Infection.* – 2020. Vol. 148.
- 8 Woldehiwet Z. Q fever (coxiellosis): epidemiology and pathogenesis // *Res. Vet. Sci.* – 2004. Vol. 77, №2. – P. 93-100.
- 9 Sting R., Molz K., Benesch C. Q fever outbreak in a goat herd--diagnostic investigations and measures for control // *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* – 2013. Vol. 126, № 9-10. – P. 394-400.
- 10 Berri M., et al. Ovine manure used as a garden fertiliser as a suspected source of human Q fever // *Vet. Rec.* – 2003. Vol. Vol. 153, №9. – P. 269-270.
- 11 Abinanti F.R., et al. Q Fever Studies: Xix. Presence and Epidemiologic Significance of *Coxiella Burnetii* in Sheep Wool // *Am. J. Epidemiol.* – 1955. Vol. 61, №3. – P. 362-370.
- 12 Barandika J.F., et al. Viable *Coxiella burnetii* in hard cheeses made with unpasteurized milk // *Int. J. Food Microbiol.* – 2019. Vol. 303. – P. 42-45.
- 13 Tigertt W.D., Benenson A.S., Gochenour W.S. Airborne Q Fever // *Bacteriol. Rev.* – 1961. Vol. 25, №3. – P. 285-293.
- 14 Sampere M., et al. Q Fever in Adults: Review of 66 Clinical Cases // *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* – 2003. Vol. 22, №2. – P. 108-110.
- 15 Schimmer B., et al. Sustained intensive transmission of Q fever in the south of the Netherlands, 2009 // *Eurosurveillance.* – 2009. Vol. 14, №19.
- 16 Чумаков М.П., и др., Материалы по идентификации заболевания Ку лихорадкой // ЖМЭИ. – 1954. № 5. – P. 40-48.
- 17 Roest H.J., et al. Q fever in pregnant goats: pathogenesis and excretion of *Coxiella burnetii* // *PLoS One.* – 2012. Vol 7, №11. – P. e48949.
- 18 Дон-Чен Ц., Лихорадка Ку в Южном Казахстане / Министерство Здравоохранения Казахской ССР, 1984.

**С.Н. Сейілбек<sup>\*</sup>, Н.Р. Акмұханова<sup>\*</sup>, К. Болатхан<sup>\*</sup>,  
С.К. Сандыбаева<sup>\*</sup>, А.К. Ермекова<sup>\*</sup>, Д.М. Акиметова<sup>\*</sup>**

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

\*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

## **ТҰЗКӨЛ КӨЛІНІҢ ЦИАНОБАКТЕРИЯЛАРЫНЫҢ БИОАЛУАНТУРЛІЛІГІ ЖӘНЕ БӨЛІНІП АЛЫНҒАН Дақылдардың МОРФОЛОГИЯЛЫҚ, ДАҚЫЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Алматы облысының онтүстік-шығысында, Райымбек ауданында, Шарын өзенінің жоғарғы сол жағалауында орналасқан Тұзкөл көлінің цианобактерияларының түрлік алуантурлілігі зерттелді. Микроорганизмдердің биоалуантурлілігі – бұл микроорганизмдердің болашағы мол жаңа түрлерін ашуға арналған ең үлкен пайдаланылмаған резервуар болып саналады. Зерттеу жұмысының мақсаты – Тұзкөл көлінің түрлік алуантурлілігін зерттеу және цианобактериялардың мол түрін бөліп алу. Цианобактерияларды (*Cyanobacteria*) зерттеу нәтижелері бойынша планктоннан 12 түр, перифитоннан 15 түр анықталды. Цианобактериялардың галобтылығына қатысты зерттелетін көлдің экологиялық сипаттамасы галофильді түрлердің басым болуымен көлдің тұздылығын көрсетті. Сонымен катар көлде ортаның тұздылығына байланысты цианобактериялардың индифферентті түрлері кездесетіні анықталды. Цианобактериялардың 70%-ы – сапробытылық индикаторлары. Тұзкөл көлін фитопланктонның индикаторлық түрлері бойынша бағалау, оның олиго-бетамезосапробы санаттарға жататындығын көрсетті. Пантле және Букка әдісі бойынша сапробытық индекс 1,4-ке тең, бұл Тұзкөл көліндегі ластану белгілерінің жоқтығын дәлелдейді. Тұзкөл көлінен алынған сывамалардан 2 альгологиялық таза дақыл бөлініп алынды. Цианобактериялардың бөлініп алынған дақылдары BG-11 – қоректік ортасында, 30-32°C температурада және 6000 лк жарық қарқындылығында жоғары өнімділік көрсететіні анықталды.

**Тұйин сөздер:** түрлік құрам, биоалуантурлілік, цианобактерия, Тұзкөл көлі, сапробытылық, альгологиялық таза дақылдар.

S.N. Seiilbek, N.R. Akmukhanova\*, K. Bolatkhan, S.K. Sandybayeva, A.K. Ermekova, D.M. Akimetova

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

\*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

### **Species composition of cyanobacteria of lake Tuzkol and study of morphological and cultural properties of isolated cultures**

The species diversity of cyanobacteria of Lake Tuzkol, located on the left bank of the upper reaches of the Charyn River in the Rayymbek district in the south-east of the Almaty region, was studied. Microbial biodiversity represents the largest untapped reservoir for the potential discovery of new promising species of microorganisms. The aim of the study was to study the species diversity of Lake Tuzkol and identify promising cyanobacteria species. According to the results of the study of cyanobacteria (*Cyanobacteria*), 12 species were found in plankton, 15 species in periphyton. The ecological characteristics of cyanobacteria in relation to halobacteria indicate the salinity of the lake under study, there is a predominance of halophilic species. In addition, it was revealed that there are cyanobacteria species in the lake that are indifferent to the salinity of the environment. Indicators of saprobicity were 70% of cyanobacteria. The assessment of the state of the lake water by indicator species of phytoplankton showed that it belongs to the category of oligo-betamezosaprobnaya. The saprobic index according to the Pantle and Bukka method is 1.4. According to the results of work on the isolation of pure cultures from samples taken from the Tuzkol lake, 2 algologically pure cyanobacteria cultures were obtained. The isolated cultures of cyanobacteria showed high productivity in the nutrient medium BG -11, at a temperature of 30-32°C and a light intensity of 6000 lux.

**Key words:** species composition, biodiversity, cyanobacteria, Lake Tuzkol, saprobicity, algologically pure cultures.

С.Н. Сейлбек, Н.Р. Акмұханова\*, К. Болатхан, С.К. Сандаibaева,  
А.К. Ермекова, Д.М. Акиметова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
\*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

### **Биоразнообразие цианобактерий озера Тузколь и изучение морфолого-культуральных свойств выделенных культур**

Изучено видовое разнообразие цианобактерий оз. Тузколь, расположенное на левобережье верховий реки Чарын в Райымбекском районе на юго-востоке Алматинской области. Биоразнообразие микроорганизмов представляет собой крупнейший неиспользованный резервуар для потенциального открытия новых перспективных видов микроорганизмов. Целью исследования было изучение видового разнообразия озера Тузколь и выделение перспективных видов цианобактерии. По результатам исследования из цианобактерий (*Cyanobacteria*), в планктоне обнаружено 12 видов, в перифитоне – 15 видов. Экологическая характеристика цианобактерий по отношению к галобности указывает соленость исследуемого озера, наблюдается преобладание галофильных видов. Кроме того, выявлено, что в озере встречаются виды цианобактерий, индифферентные по отношению к солености среды. Показателями сапробности являлись 70 % цианобактерии. Оценка состояния воды озера по индикаторным видам фитопланктона показала ее принадлежность к категории олиго-бетамезосапробной. Сапробный индекс по методу Пантле и Букка равен 1,4. По результатам работ по выделению чистых культур из проб, отобранных из озера Тузколь, получены 2 альгологически чистые культуры цианобактерий. Выделенные культуры цианобактерий показали высокую продуктивность в питательной среде BG-11, при температуре 30-32 °C и интенсивности света 6000 лк.

**Ключевые слова:** видовой состав, биоразнообразия, цианобактерия, озеро Тузколь, сапробность, альгологически чистые культуры.

## **Kіріспе**

Микроорганизмдердің биоалуантурлілігі жана, перспективті биотехнологиялық өнімдерді анықтауға арналған орасан үлкен пайдаланылмаған резервуар есебінде қарастырылады. Соңғы уақытта өте жоғары pH мәнді және қаныққан деңгейге дейін жоғары тұз концентрациясымен сипатталатын тұздылау және тұзды көлдер өзекті зерттеу объектісіне айналды, себебі мұндай көлдер микробтық әртүрліліктің орталықтары және ерекше реликті микробтық қауымдастықтардың сакталу орындары болып саналады, олардың доминантты негізгі түрлері цианобактериялар болып табылады [1-3].

Бірегей көлдердің бірі болып аңы-тұзды, тау аралық ойпатта теңіз деңгейінен 1958,9 метр биіктікте орналасқан ағынсыз Тузқөл көлі болып табылады. Шығысында көл Елшін-Бұйрық тауларымен, онтустігінде Айбыржал және Жабыртау тауларымен, солтустік-шығысында Тзген-Қаратая тауларымен, шығысында Алматы облысының Кеген және Райымбек аудандарындағы Айғыржол тауларымен шектеседі. Суы өте тұзды, бірақ тұздылық деңгейі жыл сайын өзгеріп отырады. Судағы тұздың ең жоғары мәні литріне 300 г-ға жетеді [4]. Тұзды көлдер маңызды коммерциялық және

экологиялық құндылығы бар табиғи актив болып есептеледі. Бірақ Тұзды көлдер бүкіл әлемде кездесетініне қарамастан және су көлемі жағынан тұщы су экожүйелерімен салыстырмалы бірдей болғанымен де, тұщы суларға қарағанда салыстырмалы түрде аз зерттелген жүйелер болып табылады [5,6].

Цианобактериялар өзгөрмелі қоршаған орта жағдайларына ерекше бейімділікке ие, себебі бірқатар физиологиялық ерекшеліктерінің, яғни оксигенді және аноксигенді фотосинтезі, гетеротрофты фотоассимиляцияны жүзеге асыру мүмкіндігі, молекулалық азотты бекіту, күкірт қосылыстарын тотықтыру және көптеген органикалық субстраттарды жою мүмкіндіктерінің болуына байланысты. Цианобактериялар көп жағдайда әртүрлі экологиялық қуыстарда доминантты тіршілік ететін организмдер болып табылады. Бұл топтың көптеген өкілдері эукариотты микроорганизмдер төтеп бере алмайтын қоршаған орта жағдайларының кең спектріне, соның ішінде экстремалды жағдайларға төзімді ағзалар болып саналады. Қебінесе төмен және жоғары температураға төзімділік қабілеті олардың әртүрлі экстремальды экожүйелерде доминанттылық рөлін анықтайды. Олар ыстық бұлақтарда да [7], жартастарда немесе шөлдердің ыстық топырақтарында [8] және фото-

трофтардың көпшілігі өмір сүре алмайтын мұздатылған полярлы Тұщы су тоғандарында еседі [9,10]. Цианобактериялар өте қызықты биологиялық белсенді қосылыстардың табиғи көзі болып табылады. Соңғы жылдары бұл қосылыстар тіршілік туралы ғылымның әртүрлі салаларында қолдану мүмкіндігіне байланысты зерттеушілердің ерекше назарын аударта бастады. Оларды қолдану аясы азық-түлік өнімдері мен жем алуға биомасса өндіруден бастап, әр түрлі салалар үшін биологиялық белсенді қосылыстар өндіруге дейін тербеледі. Цианобактериялардың биоалуантүрлілігін және гендік инженерия саласындағы соңғы жетістіктерді ескеретін болсақ, микроорганизмдердің бұл тобы жаңа өнімдер мен оларды қолданудың перспективті табиғи көздерінің бірі болып табылады [11].

Осыған байланысты біздің зерттеу жұмысымыздың мақсаты Тұзкөл көлінің түрлік

алуантүрлілігін зерттеу және цианобактериялардың перспективті түрлерін бөліп алу болып табылады.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны – Алматы облысының онтүстік-шығысында Райымбек ауданында Шарын өзенінің жоғарғы ағысының сол жағалауында орналасқан Тұзкөл көлі ( $43^{\circ}00'10''$ с.е. $79^{\circ}59'30''$ ш. б.) (1-сурет). Көлдің периметрі 14387 метр, ауданы 7,01 шаршы шақырым. Көлдің ұзындығы 5,3 шақырым, орталық бөлігіндегі ең үлкен ені 2,5 шақырым. Ең үлкен терендейді 3 метр, орташа терендейді 0,3 метр. Көлдің қоректенуі негізінен Елшин-Бұйрық тауларына жақын орналасқан көлдің батыс бөлігінде шоғырланған бұлақтар суымен жүзеге асады.



**1-сурет** – Тұзкөл көлінің картасы ( $43.005197, 79.986523$ )

Тұзкөл көлінен 2022 жылдың көктемгі және жазғы кезеңінде судың тұнба шөгінділерінен және микробтық төсөніштерден сынамалар алынды. Барлығы 30 альгологиялық сынама, оның ішінде планктон, бентос, перифитон үлгілері жиналды. Үлгілер таяз терендейте, балдырлардың белсенді өсken аймақтарынан алынды. Альгологиялық сынамаларды алу кезеңде судың температурасы  $18-20^{\circ}$  С, pH 8,8-9,3, мөлдірлігі 0,5 – 1 м, терендейді 0,5-тен 1,5-2 м аралығында

болды. Барлық жиналған үлгілер мүқият зат таңбаланды. Жапсырмаларда сынаманың нөмірі, жинау уақыты мен орны және жинаушының тегі көрсетіледі. Зерттеу барысында альгологиялық тәжірибедежалпықабылданған әдістердің қолдана отырып, далалық үлгілерді алу мен зертханалық зерттеулер жүргізілді. Сандық сынамалар ( $S = 0.01 \text{ m}^2$ ) жактауды пайдалана отырып іріктелді. Өсінділерді субстраттардан щеткамен қырып алынды, үлгілерді бекіту Г.В.Кузьминнің моди-

ификациясында Люголь ерітіндісімен жүргізілді [12,13]. Цианобактериялар 40-тан 100 есеге дейін үлкейтілетін объективтерді пайдалана отырып «Premere» және «MicrosAustria» жарық микроскоптарының көмегімен зерттелді. Судың әр үлгісінен кемінде 5 препаратта 30-40-ка жуық көру өрісі зерттелді. Алынған нәтижелер 1 мл судағы жасушалар саны мөлшерінде көрсетілді. Цианобактериялардың саны 100 көру өрісіне қайта есептелген кезде жиілік шкаласы бойынша бағаланды [14]. Цианобактериялардың түрлерін анықтау нативті және бекітілген препарат түрінде жүргізілді. Бұл жағдайда фиксатор ретінде формальдегид пен йод ерітінділері қолданылды. Цианобактериялардың түрлері арналы анықтаушыларды қолдану арқылы анықталды [15-17].

Цианобактериялардың жинақтаушы дақылдарын алу дәстүрлі әдістеме бойынша жүргізілді. Альгологиялық таза дақылдарды жинақтаушы дақылдардан бөліп алу үшін стандартты микробиологиялық әдістер қолданылды. Цианобактериялар залалсызданған жағдайда көлемі 500 мл колбаларда өсірілді. Цианобактерияларды өсіру үшін қоректік органың үш түрі зерттелді: Громов, Заррука және BG11. Цианобактериялардың биомассасының өсуі тікелей өлшеу әдісімен абсолютті құрғақ затты (а.б.с.) анықтау арқылы бағаланды [18].

### **Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау**

Жер бетінде тіршілік ететін кез-келген ағза биоценоздардың құрамында ерекше белгілі бір орын алады, олар алмастырылмайды және мұқият зерттеуге лайық. Алайда биосфераның эволюциясы мен тіршілігінде кейбір топтардың рөлі ерекше маңызды болып табылады. Заманауи ғылыми деректерге сәйкес, мұндай топтардың бірі цианобактериялар болып табылады.

Цианобактериялар геохимияда маңызды рөл атқарады және негізгі биогендік элементтердің циклдеріне айтартықтай үлес қосады, өйткені олар органикалық заттардың негізгі көзі болып табылады [19]. Экстремалды экожүйелердегі цианобактериялардың жоғары функционалды белсенділігі олардың өздеріне тән физиологиялық икемділігіне және қоршаған ортаның физика-химиялық параметрлерінің өзгеруіне жылдам реакция беруіне байланысты. Бұл организмдер фотосинтезді зерттеуде, атмосфералық азотты бекітуде, жасушаның бөлінуінде, сутегі алуда және басқа да бірқатар іргелі және практикалық мәселелерді шешуде модельді нысандар болып табылады. Бұл ең алдымен оларды өсірудің қарапайымдылығымен, жоғары есү қарқынымен және метаболизмнің үлкен мүмкіндіктерімен қамтамасыз етіледі. Көптеген авторлар цианобактерияларды әр түрлі биологиялық белсенді заттардың көзі ретінде пайдалану перспективалары дәлелденген. Цианобактериялардан бөлініп алынатын биологиялық белсенді заттардың кейбіреулері фармацевтикалық, косметикалық өнімдерді, жануарлардың өнімділігін және дақылдардың өнімділігін арттыратын құнды шикізат бола алады [20].

Цианобактерияларды (*Cyanobacteria*) зерттеу нәтижелері бойынша планктоннан 12 түрі, перифитоннан – 15 түрі табылды. Барлығы 4 түкімдастың 14 туысына қарайтын 27 түр анықталды (2-сурет, 1-кесте). Тұзқөл көліндегі планктонда цианобактериялардың кең таралған *Oscillatoria* туысының түрлері, сондай-ақ тұзды су өкілдері *Synechocystis salina*, *Trichormus variabilis*, *Synechocystis aquatilis* Sauv., *Aphanothece salina* Elenk. *Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg., *Gloeocapsopsis crepidinum* (Thur.) Geitl, *Lyngbya limnetica*, *Phormidium biguum* Gom, *Spirulina tenuissima* Kütz, *Oscillatoria tenuis* C. Ag. ex Gom. кең дамыған.

**1-кесте – Тұзқөл көлі цианобактерияларының тізімі**

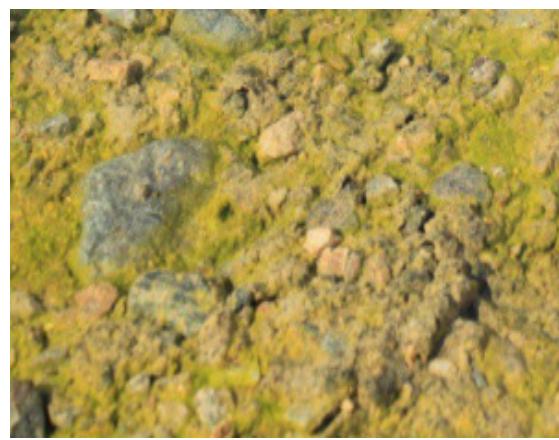
№	<i>Cyanophyta</i>	Галобтылық	Сапробтылық
	<i>Anabaena spiroides</i>	индифферент	ο
	<i>Aphanothece salina</i> Elenk.	Галофил	ο
	<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg.,	-	ο-β
	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thur.)	Галофил	-
	<i>Lyngbya limnetica</i>	Галофил	-
	<i>Merismopedia minima</i>	-	-
	<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	Галофил	β
	<i>Merismopedia tenuissima</i>	Галофил	β-α

## Кестенің жалгасы

<i>Microcystis flos-aquae</i>	-	$\beta$
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Галофил	$o\text{-}a$
<i>Microcystis aeruginosa f. flos-aquae</i>	индифферент	-
<i>Oscillatoria tenuis C. Ag. Ex Gom.</i>	Галофил	$\beta\text{-}\alpha$
<i>Oscillatoria amphibia</i>	Галофил	$o\text{-}a$
<i>Oscillatoria limosa</i>	Галофил	$\beta\text{-}a$
<i>Oscillatoria mutilissima</i>	-	$a$
<i>Oscillatoria planctonica</i>	индифферент	$\beta$
<i>Oocystis crassa</i>	индифферент	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	Галофил	$o\text{-}\beta$
<i>Phormidium ambiguum Gom.</i>	индифферент	$\beta$
<i>Phormidium autumnale</i>	-	$o\text{-}a$
<i>Phormidium foveolarum</i>	-	$a$
<i>Phormidium tenuie</i>	индифферент	$b$
<i>Spirulina tenuissima Kütz.</i>	-	-
<i>Synechocystis salina</i> ,	Галофил	-
<i>Synechocystis aquatilis Sauv</i>	-	$\beta\text{-}a$
<i>Synechocystis minuscula Woronich.</i>	-	-
<i>Trichormus variabilis</i>	мезогалоб	$\beta$

Перифитондың қауымдастықтың негізін *Phormidiaceae* (4 түр), *Oscillatoriaceae* (5 түр) тұқымдастарының цианобактериялары құрайды, олардың 9 түрі анықталды, бұл перифитонның барлық зерттелген түрлерінің 56,2% құрайды (2-сурет, 1-кесте). Цианобактериялық төсеніштер зерттелген көл түбінде орналасқан, кейбір жеке бөліктері ғана судың бетіне қалқып шығады. Цианобактериялық төсеніштердің эдификаторлары *Oscillatoriaceae* тұқымдасының жіпшелі цианобактерия өкілдерінің трихомалары бір бірімен байланысып және шырыш бөлуіне байланысты, үзілуге төзімді тығыз қабықшалар

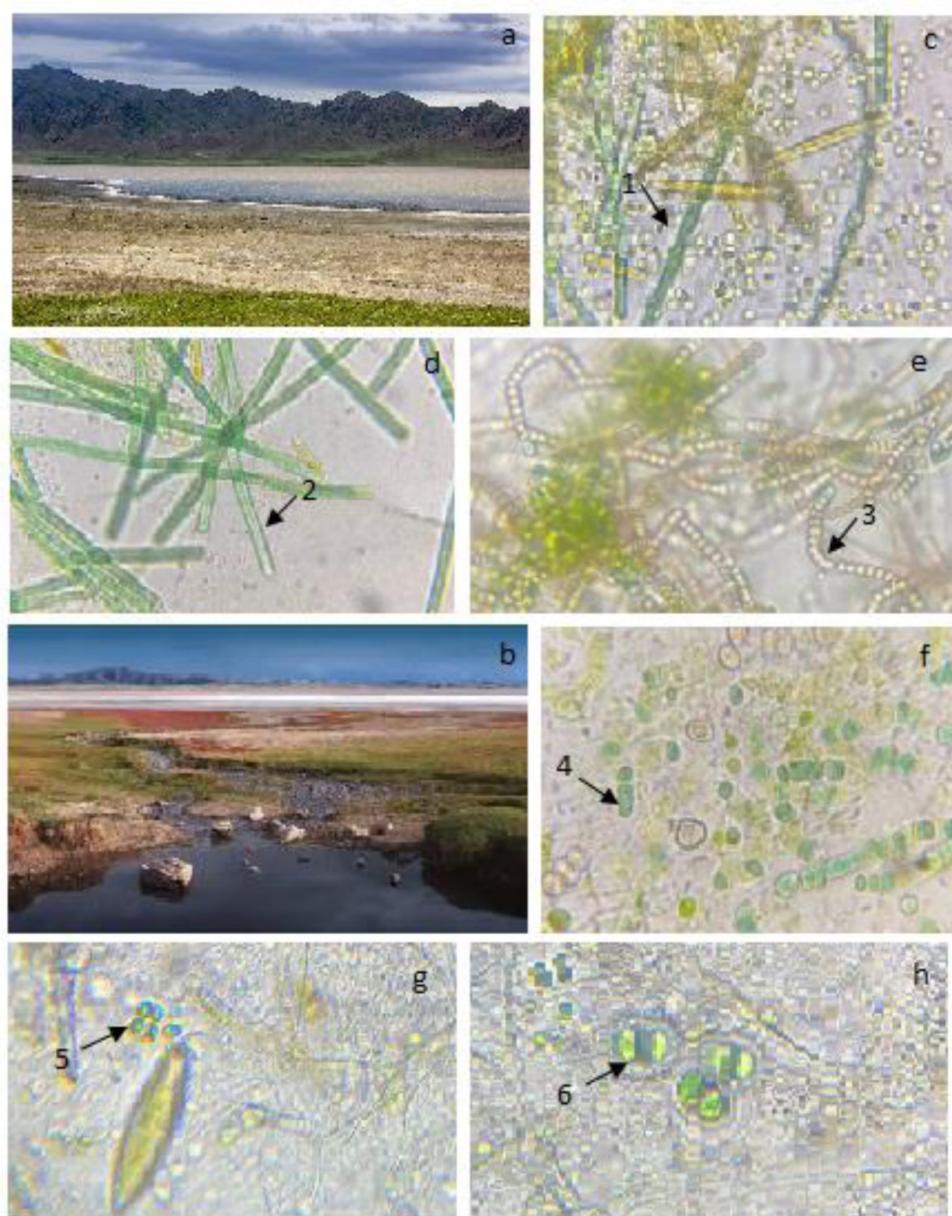
түзеді (3-сурет). Цианобактериялардың анықталған тұқымдастарының перифитонда басым таралуы табиғи зандалық болып табылады, өйткені олардың құрамына кіретін көптеген түрлері цианобактериялық төсеніштерді тұзу қабілетіне ие ағзалар болып табылады. Осындай ерекше тіршілік ету жағдайларына бейімделе отырып, цианобактериялар тұзды көлдердің тіршілігінде өте үлкен рөл атқарады. Цианобактериялар түзетін органикалық масса мен суда еріген тұздардың көп мөлшері осы көлдерге төн бірқатар ерекше биохимиялық үдерістердің себебі болып табылады [21,22].



2-сурет – Тұзкөл көлінің су түбіндегі цианобактериялық төсеніштері

Цианобактериялардың арасында судың тұздылығының индикаторлары галофилдер (11 түрі), мезогалобтар (1) және индифференттер (6 түрі) де басым болды. Цианобактериялардың галобтылыққа қатысты экологиялық сипаттамасы зерттелетін көл сүйнің тұздылығын көрсетеді, өйткені цианобактериялардың анықталған түрлерінің 11 түрі галофилдерге жатады. Анықталған цианобактериялардың 70%-ы судың сапробытың

көрсеткіш ағзалар қатарына қарайды, олардың ішінде олигосапроттардың (2 түрі), олиго-ветта сапробы – 2, ветта альфа сапробы – 4, ветта сапробы – 5, альфа сапробы – 2, олиго-альфа-сапроттардың 3 түрі анықталды. Фитопланктонның индикаторлық түрлері бойынша көл сүйнің жай-күйін бағалау оның олиго-бетамезосапробы санатына жататынын көрсетті. Пантле мен Букка әдісі бойынша сапробытың индекс – 1,4-ке тең.

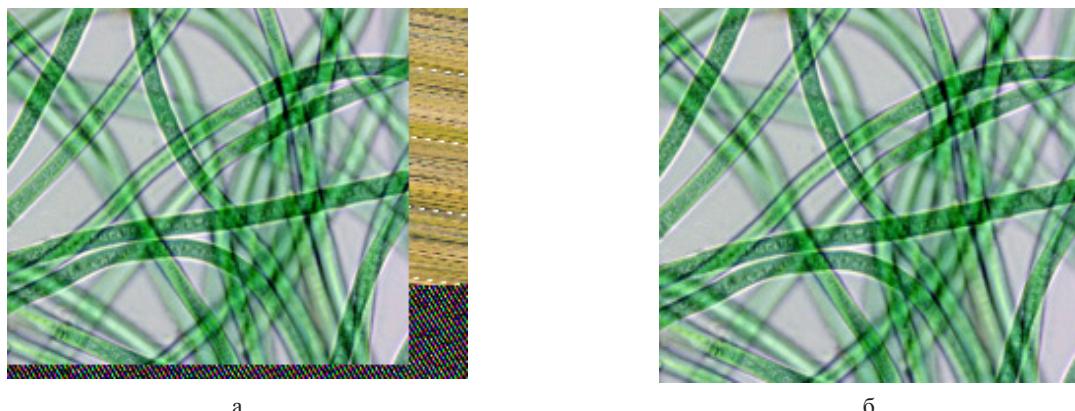


**3-сурет** – Тұзқөл көлі цианобактерияларының түрлік кұрамы а, б – Тұзқөл көлі, с-х – зерттелген сынаамалар препараттары. Цифрлармен белгіленген: 1 – *Lyngbya*, 2 – *Oscillatoria*, 3 – *Anabaena*, 4 – *Phormidium*, 5 – *Merismopedia*, 6 – *Synechocystis* (x100 үлкейтілген)

Көлден цианобактериялар дақылдарын бөліп алу бойынша жүргізілген эксперименттік жұмыстардың нәтижесінде Түзкөл көлінен 2 альгологиялық таза дақыл бөлініп алынды.

Цианобактериялардың бөлінген дақылдарының морфологиясын зерттеу нәтижесі бойынша, СС – 1 дақылы-жіп тәрізді, шырышты қабаты жақсы айқындалған, трихомалары жалғыз, бір қатарлы, қою көк – жасыл түсті, жасуша мөлшері 2,2-2,4 X 4, 2-5,9 мкм. Трихомалар салыстырмалы түрде параллель орналасқан жішшелерді құрайды. Трихомалар түзу, көлденең бөлімдерде сәл өзгерілген, ені 4-10 мкм, ашық көк-жасыл, кейде ұштары сәл иілген. Жішшелердегі жасушалар ұзындығы 2,6-5 мкм, яғни енінен 2-3

есе қысқа. Көлденең бөлімдердегі түйіршіктегі айқын көрінеді. Жіпше соңындағы жасушалар азды көпті айқын жарты шар тәрізді, кейде сәл қалынданылған қабықшасы болады. Бөліну бір жазықтықта жүреді, бұл жасушалардың сыйықты орналасуына әкеледі. Түсі көк-жасыл, жасушалар колба түбіне түнбаланбайды. Қатты коректік ортада нашар өседі, жасушалардың өсуі дақылдаудың 8-10 тәулігінде бақыланады. Автотрофты штамм. Өсу температурасы 22-30°C, Громов сүйек және агарлы қоректік орталарында жақсы өседі (За-сурет). Морфологиялық сипаттамалары бойынша- Класс: *Oscillatoriophycideae* Қатар: *Oscillatoriales*, Тұқымдас: *Oscillatoriaceae*, туыс: *Oscillatoria*.



**4-сурет** – Бөлініп алынған цианобактериялар дақылдарының микрофотографиясы  
СС -1 (а), СС-2 (б), (x100 үлкейтілген)

СС-2 дақылы – трихомалары терілі, жұқа, бозғылт көк-жасыл. Трихомалары қисайған, көлденең аралықтарда бір-бірімен қылышқан, ұштарына қарай кесілген және түзу, ені 0,6-0,8 мкм. Қынабы түссіз, бір-бірімен жабысқан. Жасушалар цилиндр тәрізді, олардың ұзындығы енінен 2-8 есе үлкен, көлденең бөліктері түйіршіктемеген. Барлық ұзындығы бойында жішшелері бірдей қалындықта, жасуша трихомаларының шеттері ғана сәл тарылған немесе аз ғана майысқан. Соңғы жасуша доғал конусты. Бөліну бір жазықтықта жүреді, бұл жасушалардың сыйықтық орналасуына әкеледі. Түсі көк-жасыл, жасушалар өсу ортасында түнба түзбейді, колба шеттеріне шыныға бекініп өседі. Қатты ортада өсуі нашар, дақылдаудың 8-10 тәулігінде ғана өсе бастайды. Заррука сүйек ортасында 22-30°C температурасында жақсы өседі (3б-сурет.) Морфологиялық белгілері бойынша

*Oscillatoriophycideae* классының өкілі ретінде анықталды, оның ішінде *Oscillatoriales* қатары, *Phormidiaceae* тұқымдасы, *Phormidium* туысы.

Цианобактериялардың перспективті түрлері мен штамдары көптеген елдерде (АҚШ, Жапон, Тайвань, Ресей, Болгария) зерттеліп, қолданылады. Цианобактерияларды практикалық қолдану биомасса алу және оны экологияда, ауыл шаруашылығында, фармакологияда, парфюмерияда пайдалану мақсатында оларды өнеркәсіптік өсіруден тұрады. Өндірістік дақылда цианобактериялардың өсуін жеделдететін негізгі факторларға жарықтың қарқындылығы, температура және қоректік орта жатады.

Цианобактерияларды өсірудің заманауи әдістері қаншалықты ерекшеленсө де, олардың барлығы жасушаларды жеткілікті жарықпен, көмірқышқыл газымен және басқа қоректік заттармен қамтамасыз етуге негізделген. Цианобактериялардың өсуіне

температура ұлкен әсер етеді. Температуралың жоғарылауымен цианобактериялардың өсу қарқыны артып, олардың жарық оптимумы артады. Нәтижесінде, өндірістік дақылға цианобактерияларды таңдағанда, олардың термофильділігіне көп көңіл бөлінеді. Цианобактерияларға әсер ететін жарықтың қарқындылығы олардың өсу қарқынын, фотосинтез белсенділігін және жасушаның маңызды биополимерлерінің жиналудың бақылайтын маңызды факторлардың бірі болып табылады [23].

Цианобактериялардың өсуіне қолайлы қоректік органды таңдау үшін Громов және Заррука, BG11 қоректік органдарында дақылдау жүргізілді. Цианобактериялардың өнімділігі бойынша онтайлы өсу оргасы екі дақыл үшінде BG11 қоректік оргасында бақыланды. Громов қоректік оргасында зерттелген екі дақылдың да биомасса түзу қабілеті Заррука және BG11 қоректік оргасымен салыстырыланда төмен болды (2-кесте).

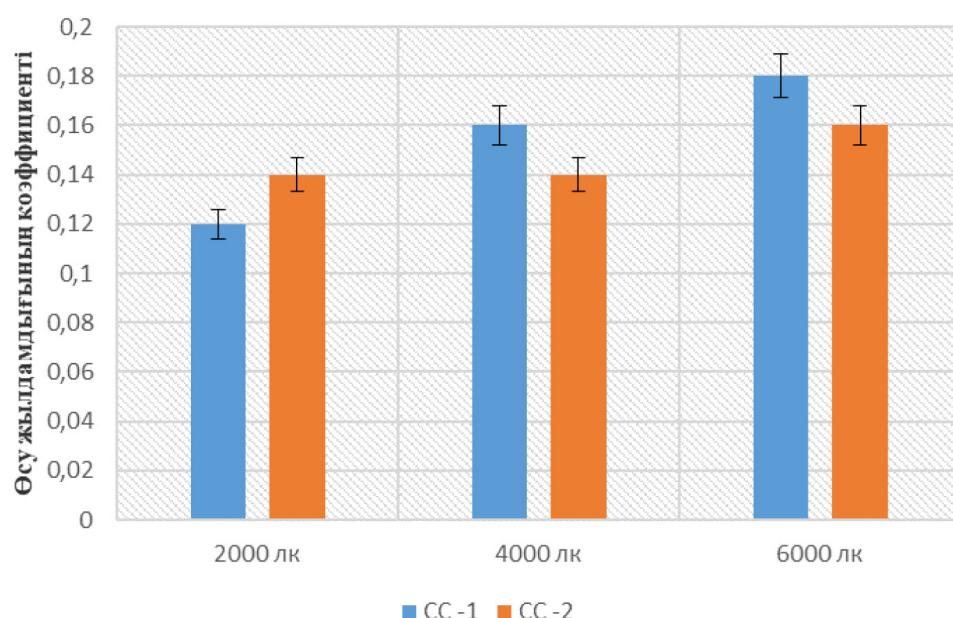
**2-кесте – Цианобактериялардың оқшауланған штаммдарының әртүрлі қоректік органдарда биомасса жинау қабілеті**

Дақыл	BG11 қоректік оргасы	Громов қоректік оргасы		Заррука қоректік оргасы
		Күрғак салмақ г/л		
CC-1	1,768±0,01	0,813±0,03		1,289±0,01
CC-2	1,758±0,02	0,769±0,02		1,259±0,01

Зерттеуіздің келесі кезеңінде температуралың, жарық қарқындылығының цианобактериялардың оқшауланған штаммдарының өсуіне әсері зерттелді. Ол үшін цианобактериялардың оқшауланған штаммдары үш түрлі жарық жағдайында: 2000, 4000 және 6000 лк., 28°C температурада өсірілді

Әртүрлі жарықтандырудадағы цианобактериялардың өсу қарқыны бойынша алынған дерек-

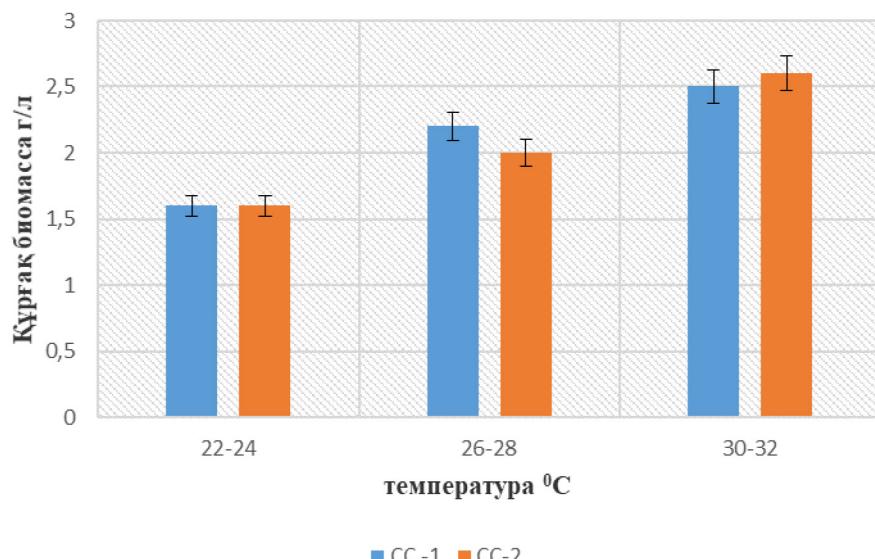
терді салыстырмалы талдау -2000 лк жарық қарқындылығында барлық цианобактерия дақылдарында өсу қарқыны 4000 және 6000 ЛК жарықтандыру мәндерімен салыстырыланда айтарлықтай төмен болғанын көрсетеді. Цианобактериялардың өсу қарқыны барлық дақылдардағы жарық қарқындылығының жоғарылауымен артады, 6000 ЛК-да өсу қарқынының коэффициенті: CC-1 штаммы – 0,18, CC-2 – 0,16 (4-сурет).



**5-сурет – Цианобактериялардың оқшауланған штаммдарының әртүрлі жарық жағдайында өсу жылдамдығының коэффициенттері**

Зерттеуміздің келесі кезеңінде Тұзкөл көлінен оқшауланған цианобактериялардың өсуіне температураның өсері зерттелді. Цианобактериялар әртүрлі температурада 2°C аралықпен өсірілді. Цианобактериялардың онтайлы температурасы ретінде өнімділігі жоғары болған температура қабылданды. Цианобактериялар үшін онтайлы температуралық оптимум 30-32°C аралығында болды, ейткені бұл температурада

барлық цианобактерия дақылдары басқа температуралық мәндердегі биомасса шығымдылығымен салыстырғанда құрғақ биомассаның жоғары шығымдылығына ие болды (5-сурет). Температураның жоғарылауымен барлық цианобактерия дақылдарының өнімділігі пропорционалды түрде өсті. Сондықтан цианобактериялардың дамуына температураның жоғарылауы он өсер етеді.



**6-сурет – Цианобактериялардың оқшауланған штамдарының әртүрлі температурада биомасса жинау қабілеті**

Зерттеу нәтижелері бойынша цианобактериялардың оқшауланған дақылдары 30-32°C температурада және 6000 лк жарықтандыруда жоғары өнімділік көрсеткені анықталды. Осылайша, Тұзкөл көлінен болініп алған цианобактериялар алгологиялық тазалықты түрақты түрде сақтайды, құрделі өсіру жағдайлары мен минералды тұздардың көп мөлшерін қажет етпейді. Олар ең аз бейімделу уақытымен, жоғары өсу қарқынымен және өнімділігімен сипатталады.

Экстремалдық жағдайлар, әдетте, түрлердің алуан түрлілігін шектейтін шектеуші фактор ретінде сипатталады, ал тұзды қөлдерде биоалуантүрлікәртүрдің тұздылық стрессине төзу қабілетімен шектеледі, бұл галотolerанттық деп аталады. Зерттеу корытындысы бойынша Тұзкөл көлінде 4 тұқымдасқа жататын 14 туыстың 27 түрі анықталды. Перифитондық қауымдастырылған

негізін *Phormidiaceae* (4 түр), *Oscillatoriaceae* (5 түр) тұқымдастарының цианобактериялары құрайды, бұл перифитонның барлық зерттелген түрлерінің 56,2% құрайды. Әдеби мәліметтерге сәйкес, цианобактериялар көптеген тұздылығы ете жоғары қөлдерде басым және микробтық төсөніштердің негізін қалаушы ағзалар болып табылады. Микробтық төсөніштердің жоғарғы қоныр қабатын цианобактериялардың кең тараған бір жасушалы *Aphanothecace* тұқымдасының өкілдері құрайды. Әдеби мәліметтер бойынша *Aphanothecace* тұқымдасының түрлері және оларға үқсас бір жасушалы цианобактериялар Улкен Тұзды қөлде, Өлі теңізде және жасанды тоғандарда анықталған [24]. Сондай-ақ, әртүрлі жіп тәрізді цианобактериялар, мысалы, *Oscillatoria*, *Phormidium* сияқты *Oscillatoriales* қатарының цианобактериялары тұздылығы ете жоғары қөлдердегі жасыл төсөніштердің екінші қабатында жақсы дамиды [25,26].

## Қорытынды

Алматы облысының оңтүстік-шығысында, Райымбек ауданында, Шарын өзенінің жоғарғы сол жағалауында орналасқан Тұзқөл көлінің цианобактерияларының түрлік алуантүрлілігі зерттелді. Цианобактерияларды (*Cyanobacteria*) зерттеу нәтижелері бойынша планктоннан 12 түр, перифитоннан 15 түр анықталды. Альгофлораның экологиялық-географиялық талдауы Тұзқөл көліндегі галофильді түрлердің басымдылығын көрсетті. Сонымен қатар, көлде ортаның тұздылығына байланысты цианобактериялардың индифферентті түрлері де кездесетіні анықталды. Цианобактериялардың анықталған түрлерінің 70%-ы сапробытылық индикаторлары болып табылады. Тұзқөл көлі сұнының жағдайын индикаторлық түрлер бойынша бағалау, оның олиго-бетамезосапробы санаттарға жататындығын

көрсетті. Пантле және Букка әдісі бойынша сапробытық индекс 1,4-ке тең, бұл Тұзқөл көліндегі ластану белгілерінің жоқтығын дәлелдейді. Тұзқөл көлінен алынған сывамалардан таза дақыл алу жөніндегі жұмыстың қорытындысы бойынша, биотехнологияда кеңінен қолдану мақсатында 2 альгологиялық таза дақыл бөлініп алынды. Зерттеу нәтижелері бойынша Тұзқөл көлінен бөлініп алынған цианобактерия дақылдары BG11 қоректік ортасында 30-32°C температурада және 6000 лк жарықтандыруда жоғары өнімділік көрсететіні анықталды.

## Алғыс

ИРН AP14870201 «Ауыл шаруашылығы биотехнологиясында пайдалану үшін цианобактериялардың болашағы мол жаңа екінші реттік метаболиттерін іздеу және зерттеу».

## Әдебиеттер

1. Заварзин Г.А., Жилина Т.Н. Содовые озера – модель древней биосфера континентов // Природа. – 2000. №2. – С. 45-53.
2. Цыренова Д.Д., Брянская А.В., Намсараев З.Б., Акимов В.Н. Таксономическая и экологическая характеристика цианобактерий некоторых солоноватых и соленых озер Южного Забайкалья // Микробиология. – 2011, том 80, № 2. – С. 230-240.
3. Цыренова Д. Д., Алтанцэцэг Г., Орхонтуяа Г., Бархутова Д. Д. Цианобактерии термальных источников Бурятии и Монголии // Вестник БГУ. Биология, география. – 2019. №4. – С. 4-9.
4. Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2006. – Т. V. – ISBN 9965-9908-5-9.
5. Williams W.D., Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025, Environ. Conserv., 2002, vol. 29, pp. 154-167.
6. Bowman J.P., Rea S.M., McCammon S.A. et al. Diversity and community structure within anoxic sediment from marine salinity meromictic lakes and a coastal meromictic marine basin, Vestfold Hills, Eastern Antarctica // Environ. Microbiol. – 2000. – V. 2. – P. 227-237.
7. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // Basic Food Microbiology. – 1989. – Vol. 5. – P. 11-48.
8. Singh S.M., Elster J. Cyanobacteria in Antarctic Lake Environments // Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. – 2007. – P. 303-320.
9. Garcia-Picher F., Belnap J. Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts // J. Phycol. – 1996. – V. 32. – P. 774-782.
10. Tang E.P.Y., Vincent W.F. Strategies of thermal adaptation by high latitude cyanobacteria // New Phytol. – 1999. – V. 142. – P. 315-323.
11. Vincent W.F., James M.R. Biodiversity in extreme aquatic environments: lakes, ponds and streams of the Ross streams of the Ross sea sector, Antarctica // Biodiv. Conserv. – 1996. – V. 5. – P. 1451-1472.
12. Guilherme Scotta Hentschke, Watson A. Gama Junior Trends in Cyanobacteria: a contribution to systematics and biodiversity studies, The Pharmacological Potential of Cyanobacteria, 2022 p. 1-20, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821491-6.00001-6>
13. Заядан Б.К., Маторин Д.Н. Биомониторинг водных экосистем на основе микроводорослей. – М.: Изд-во "Альтекс", 2015. – 252 с.
14. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // Basic Food Microbiology. – 1989. – Vol. 5. – P. 11-48.
15. Голлербах М. М., Полянский В. Н. Пресноводные водоросли их изучение. – М.: Изд-во «Сов. наука». 2001. – 200 с.
16. Определитель пресноводных водорослей СССР. – Вып. 2. Синезеленые водоросли. – М.: Изд-во «Сов. наука», 1953. – 646 с.
17. Музафаров А. М. Определитель синезеленых водорослей Средней Азии: [В 3 т.] / А. М. Музафаров, А. Э. Эргашев, С. Халилов; АН УзССР, Ин-т ботаники. – Ташкент: Фан, 1987. – С. 406-892.
18. Temraleeva A.D., Dronova S.A., Moskalenko S. V., Didovich S.V. Modern methods for isolation, purification, and cultivation of soil cyanobacteria // Microbiology. – 2016. – Vol. 85. – P. 389-399.

19. Балданова Д.Д., Брянская А.В. Экофизиология цианобактерий содовых озер Сульфатное и Тором (Южное Забайкалье) // Вестник БГУ. – 2006. – Сер. 2. – Вып. 8. – С. 73-78.
20. Дидович С.В., Москаленко С.В., Темралиева А.Д., Хапчаева С.А. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) // Вопросы современной альгологии. – 2017. № 2 (14). URL: <http://algology.ru/1170>
21. Stal L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites // The ecology of cyanobacteria. – Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2000. – P. 61-120.
22. Stal, L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites. In *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*, B.A. Whitton Netherlands: Springer. 2012. pp. 65– 125.
23. Урмыч Е.М., Бердыкулов Х.А., Эшпуплатова М.Б. Продуктивность микроводорослей в интенсивных условиях культивирования // Альгология. – 2008. – Т. № 3. – С. 347-352.
24. DemayJ, Bernard C, Reinhardt A et al. Natural products from cyanobacteria: focus on beneficial activities // *Mar Drugs*. 2019; 17:320. <https://doi.org/10.3390/MD17060320>
25. DasSarma, S. and P. Arora, 2002. Halophiles. Encyclopedia of Life Sciences. Vol. 8. Nature Publishing Group, London
26. Kanik M, Munro-Ehrlich M, Fernandes-Martins MC, Payne D, Gianoulis K, Keller L, Kubacki A, Lindsay MR, Baxter BK, Vanden Berg MD, Colman DR, Boyd ES. Unexpected Abundance and Diversity of Phototrophs in Mats from Morphologically Variable Microbialites in Great Salt Lake, Utah. *Appl Environ Microbiol*. 2020; 86(10):e00165-20. doi: 10.1128/AEM.00165-20.
27. Conserv., 2002, vol. 29, pp. 154-167.

### References

1. Zavarzin G.A., ZHilina T.N. (2000) Sodovye ozera-model' drevnej biosfery [Salt lakes-a model of the ancient biosphere of the continents]. Priroda. no 2. Pp.45-53.
2. Tsyrenova D.D., Bryansk A.B., Namsaraev Z.B., Akimov B.N. (2011) Taksonomicheskaya i ekologicheskaya harakteristika cianobakterij nekotoryh solonovatyh i solenyh ozer YUzhnogo Zabajkal'ya [Taxonomic and ecological characteristics of cyanobacteria of some brackish and salty lakes of Southern Transbaikalia]. *Microbiologia*, vol 80, no 2, pp. 230-240.
3. Cyrenova D. D., Altancecog G., Orhontuyaa G., Barhutova D. D. (2019) Cianobakterii termal'nyh istochnikov Buryatii i Mongolii [Cyanobacteria of thermal springs of Buryatia and Mongolia]. Scientific journal Proceedings of VSU, no 4. Pp 4-9.
4. Kazakhstan (2006) Nacional'naya enciklopediya [National Encyclopedia]. Almaty: Kazakh enciklopediyasy, T. V. ISBN 9965-9908-5-9.
5. Williams, W.D., Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025, Envi-ron. Conserv, 2002, vol. 29, pp. 154-167.
6. Bowman J.P., Rea S.M., McCammon S.A. et al. Diversity and community structure within anoxic sediment from marine salinity meromictic lakes and a coastal meromictic marine basin, Vestfold Hills, Eastern Antarctica // *Environ. Microbiol.* 2000. V.2. Pp.227-237.
7. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // Basic Food Microbiology. – 1989. – Vol. 5. Pp. 11-48.
8. Singh S.M., Elster J. Cyanobacteria in Antarctic Lake Environments//Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. 2007. Pp. 303-320.
9. Garcia-Pichel F., Belnap J. Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts // *J. Phycol.* 1996. V.32. Pp.774-782.
10. Tang E.P.Y., Vincent W.F. Strategies of thermal adaptation by high latitude cyanobacteria // *New Phytol.* 1999. V.142. Pp.315-323.
11. Vincent W.F., James M.R. Biodiversity in extreme aquatic environments: lakes, ponds and streams of the Ross streams of the Ross sea sector, Antarctica // *Biodiv. Conserv.* 1996. V.5. Pp.1451-1472.
12. Guilherme Scotta Hentschke, Watson A. Gama Junior Trends in Cyanobacteria: a contribution to systematics and biodiversity studies, The Pharmacological Potential of Cyanobacteria, 2022 P.1-20, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821491-6.00001-6>
13. Zayadan B.K., Matorin D.N. (2015) Biomonitoring of aquatic ecosystems based on microalgae [Biomonitoring of aquatic ecosystems based on microalgae]. Al'tex, pp.252
14. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // Basic Food Microbiology. 1989. Vol. 5. – Pp. 11-48.
15. Gollerbah M. M., Polyantsev V. N. (2001) Prechnovodnye vodorocli ih izuchenie.[Freshwater algae their study]. Sovetskaya nauka, pp. 200
16. Opredelitel' prechnovodnyh vodoroclej SSSR (1953). [The determinant of freshwater algae of the USSR]. Sovetskaya nauka,pp 646.
17. Muzafarov A. M. Opredelitel' sinezelenyh vodoroslei Srednej Azii:/ A. M. Muzafarov, A. E. Ergashev, S. Halilov (1987). [The determinant of blue – green algae of Central Asia].Pp. 406-892
18. Temraleeva A.D., Dronova S.A., Moskalenko S. V., Didovich S.V. Modern methods for isolation, purification, and cultivation of soil cyanobacteria // *Microbiology*. 2016. Vol. 85. Pp.389–399
19. Baldanova D.D., Bryanskaya A.V. (2006). Ekofiziologiya cianobakterij sodovyh ozer Sul'fatnoe i Torom (YUzhnoe Zabajkal'e).[Ecophysiology of cyanobacteria of soda lakes Sulphate and Torom (Southern Transbaikalia ]. *Vestnik BGU* ser.2, rel.8, pp. 73-78.

20. Didovich S.V., Moskalenko S.V., Temraleeva A.D., Hapchaeva S.A. (2017) Biotehnologicheskij potencial pochvennyh cianobakterij (obzor) // Voprosy sovremennoj al'gologii [Biotechnological potential of soil cyanobacteria (review) // Questions of modern algology]. No 2 (14). URL: <http://algology.ru/1170>
21. Stal L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites // The ecology of cyanobacteria. – Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2000. Pp. 61-120.
22. Stal, L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites. In *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*, B.A. Whitton Netherlands: Springer. 2012. Pp. 65– 125.
23. Urmych E.M., Berdykulov Kh.A., Eshpulatova M.B. Produktivnost mikrovodorosley v intenisivnykh usloviyakh kultivirovaniya// Algologiya. 2008. T.№ 3. S.347-352
24. DemayJ, Bernard C, Reinhardt A et al. Natural products from cyanobacteria: focus on beneficial activities //Mar Drugs.2019; 17:320.<https://doi.org/10.3390/MD17060320>
25. DasSarma, S. and P. Arora, 2002. Halophiles. Encyclopedia of Life Sciences. Vol. 8. Nature Publishing Group, London.
26. Kanik M, Munro-Ehrlich M, Fernandes-Martins MC, Payne D, Gianoulias K, Keller L, Kubacki A, Lindsay MR, Baxter BK, Vanden Berg MD, Colman DR, Boyd ES. Unexpected Abundance and Diversity of Phototrophs in Mats from Morphologically Variable Microbialites in Great Salt Lake, Utah. Appl Environ Microbiol. 2020; 86(10):e00165-20. doi: 10.1128/AEM.00165-20.
27. Conserv., 2002, vol. 29, pp. 154-167.

---

## МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

### Шолу мақалалар – Review articles – Обзорные статьи

<i>Toktarova A.A., Ives C., Seitkan A.S.</i> Challenges of protected areas management .....	4	
<i>Yusifova M.M., Togola A.</i> Issues and challenges of forests protecting in Sahel countries .....	15	
<b>1-бөлім</b> <b>Коршаған ортасы қорғау және қоршаған ортага антропогендік факторлардың әсері</b>	<b>Section 1</b> <b>Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protection</b>	<b>Раздел 1</b> <b>Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды</b>
<i>Есенбаева Ж.Ж., Саинова Г.А.</i> Су коймаларының түптік шөгінділерін көдеге жарату .....	25	
<i>Badyelgaj Y., Onerkhan G., Kapsalyamov B.A., Sasrugayeva G.Y., Durmekbayeva Sh.N.</i> Damage of soil cover due to the impact of tourism in the Altai mountains.....	37	
<b>2-бөлім</b> <b>Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау</b>	<b>Section 2</b> <b>Assessment of environmental pollution on biota and health</b>	<b>Раздел 2</b> <b>Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения</b>
<i>Айтмеков К.К., Аубакирова К.М., Аликулов З.А.</i> Ауыр метал тұздарымен праймингтеу арқылы арпа ескіндерінің төзімділігін арттыру .....	51	
<i>Жұнусова Г.С., Омарбаева Н.А., Абдикерим С.Е., Ергали К., Жұнусова А.С., Митъ Н.В., Кайдарова Д.Р., Джансугурова Л.Б.</i> Корреляция генотипа и фенотипа при раке молочной железы у молодых женщин-казашек.....	61	
<i>Yurikova O.Yu. , Abdullayeva T.I., Atambayeva Sh.A., Bekenkali A.</i> Genes and miRNAs involved in the development of atherosclerosis.....	71	
<i>Zhadil A.D., Lovinskaya A.V., Kolumbayeva S.Zh., Suvorova M.A.</i> Study of the toxic and genotoxic activity of water of Lake Kolsai, located on the territory of the Almaty region of the Republic of Kazakhstan.....	78	
<b>3-бөлім</b> <b>Биологиялық алауантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері</b>	<b>Section 3</b> <b>Actual problems of biodiversity conservation</b>	<b>Раздел 3</b> <b>Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия</b>
<i>Игнатова Л.В., Усманова А.Д., Бражникова Е.В., Омирбекова А.А., Аужанова А.Е., Уразова Ж.К.</i> Скрининг эффективных микроскопических грибов, способствующих улучшению роста и развития растений .....	90	
<i>Перфильева Ю.В., Машжан А.С., Жигайллов А.В., Остапчук Е.О., Мальцева Э.Р., Наизабаева Да.А., Бердыголова Ж.А., Бисенбай А.О., Скиба Ю.А., Дмитровский А.М., Мамадалиев С.М.</i> Распространенность лихорадки Ку в южном регионе Казахстана.....	99	
<i>Сейілбек С.Н., Акмуханова Н.Р., Болатхан К., Сандыбаева С.К. , Ермекова А.К., Акиметова Да.М.</i> Тұзқөл көлінің цианобактерияларының биоалауантүрлілігі және бөлініп алынған дақылдардың морфологиялық, дақылдық қасиеттерін зерттеу .....	111	

Журналдағы мақалалардың мазмұнына авторлар жауапты.

The authors are responsible for the content of the articles.

Ответственность за содержание статей несут авторы.