

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЪ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№1 (78)

Алматы
«Қазақ университеті»
2024



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №1 (78) наурыз



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

Күәлік № 16501-Ж

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

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Омирбекова А.А., PhD, и.о. доцента (Қазақстан)
e-mail: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

Бияшева З.М., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)
Мамилев 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 Тацуня, PhD, профессор (Жапония)
Аллахвердиев Сулейман, б.ғ.д., профессор (Ресей)
Каримов Б., б.ғ.д., профессор (Өзбекстан)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Какимова А.Б., PhD, оқытушы (Қазақстан)

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



Жоба менеджері

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

ИБ №15302

Пішімі 60x84/8. Көлемі 11,8 б.т. Тапсырыс № 612.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық
университетінің «Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2024

1-бөлім
**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ
ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА
АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

Section 1
**ENVIRONMENTAL IMPACT
OF ANTHROPOGENIC FACTORS
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Раздел 1
**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

M.K. Iklasov^{1*}, S.T. Nurtazin¹, I.S. Galymzhanov¹,
S.A. Mankibaeva¹, A.A. Asylbekova¹, A.E. Orazov^{2,3}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²University of Warsaw, Poland, Warsaw

³Astana International University Kazakhstan, Astana

*e-mail: iklasovmargulan@gmail.com

INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE DIGRESSION OF MOUNTAIN PASTURES OF THE ASSY PLATEAU

The study considers the features of nature management of one of the large mountain pastures of Ile Alatau in the Asy River valley (Northern Tien Shan). Located on a mountain plateau at an altitude of 2200-2800 m, the pasture is characterized by landscape and biological diversity, highly productive plant communities. The state of plant associations of the Asy valley was studied in the second half of the 1990s, when natural pastures were practically not used due to socio-economic collisions, which ensured pronounced demutational and regenerative processes of grass phytocenoses. These restoration processes took place against the background of unfavorable climatic changes: less precipitation and higher air temperature in the warm period. Subsequent field work dates back to the period 2012-2020, when the ecosystems of the Asy River valley experienced a powerful anthropogenic impact in the form of overgrazing, press of tourists and poachers. At the same time, the vast majority of livestock breeders do not consider the obvious degradation of pastures and do everything possible to increase the number of livestock, violating the principles of sustainable use of pastures. In these conditions it is completely unrealistic to organize works on improvement, phytoremediation of fodder vegetation. Undoubtedly, it is necessary to carefully organize the use of highly productive alpine pastures and strict control over the number of grazing livestock. Much awareness raising and organization of a harmonious balance between economic and ecological components is necessary. Recommendations are given on the use of different systems for monitoring, restoration and sustainable use of pasture ecosystems in the region.

Key words: ecosystem services, mountain pastures, Ile Alatau, overgrazing, degradation and restoration of plant resources, monitoring and phytoremediation, sustainable pasture management.

M.K. Икласов^{1*}, С.Т. Нуртазин¹, И.С. Галымжанов¹,
С.А. Манкибаева¹, А.А. Асылбекова¹, А.Е. Оразов^{2,3}

¹ Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.

² Варшава Университеті, Польша, Варшава қ.

³ Астана Халықаралық Университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: iklasovmargulan@gmail.com

Табиғи және антропогендік факторлардың Асы үстіртіндегі таулы жайылымдарға дигрессиялық әсері

Зерттеуде Асы өзені (Солтүстік Тянь-Шань) алқабында орналасқан ірі жайылымдарының бірі – Іле Алатауды пайдалану ерекшеліктері қарастырылады. Таулы үстіртте 2200-2800 м биіктікте орналасқан жайылым өзіне тән ландшафтымен және биологиялық әртүрлілігімен, жоғары өнімді өсімдіктер қауымдастығымен ерекшеленеді. 1990 жылдардың екінші жартысында Асы алқабындағы өсімдіктер қауымдастығының жағдайы зерттелді. Табиғи жайылымдар әлеуметтік-экономикалық қақтығыстарға байланысты іс жүзінде қолданылмады, бұл өз кезегінде шөпті фитоценоздардың айқын демутациялық-қалпына келтіру процестерін қамтамасыз етті. Бұл қалпына келтіру процестері қолайсыз климаттық өзгерістер жағдайында болды: жауын-шашын азайып, жылы мезгілдерде ауа температурасы көтерілді. Келесі далалық жұмыстар 2012-2022 жж., мерзіміне тиесілі. Бұл кезде Асы өзені алқабының экожүйесі малдардың шектен тыс жайылымы, туристер мен браконьерлердің қысымы түрінде күшті антропогендік әсерге ие болды. Өз кезегінде, малшылардың көпшілігі жайылымдық жерлердің айқын деградациясын ескермей, мал басын өсіру үшін жайылымдардың тұрақты пайдалану қағидасын бұзды. Бұндай жағдайда өсімдіктерді жақсарту және фиторемедиациялау жұмыстарын ұйымдастыру мүмкін

емес. Осы орайда жоғары өнімді альпілік жайылымдарды мұқият ойластырып, қолдану және жайылатын мал сандарын қатаң бақылау қажет екені сөзсіз. Экономиялық және экологиялық компоненттер арасындағы тепе-теңдікті ұйымдастырып, түсіндіру жұмыстарын жүргізу қажет. Өңірдің жайылымдық экожүйелерін бақылау, қалпына келтіру және тұрақты пайдаланудың әртүрлі жүйелерін пайдалану бойынша ұсыныстар беріледі.

Түйін сөздер: экожүйелік қызметтер, таулы жайылымдар, Іле Алатауы, малдың шамадан тыс жайылуы, өсімдік ресурстарының деградациясы және қалпына келтірілуі, мониторинг және фиторемедиация, жайылымдарды тұрақты пайдалану.

М.К. Икласов^{1*}, С.Т. Нуртазин¹, И.С. Галымжанов¹,
С.А. Манкибаева¹, А.А. Асылбекова¹, А.Е. Оразов^{2,3}

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

²Варшавский университет, Польша, г. Варшава

³Международный университет Астана, Казахстан, г. Астана

*e-mail: iklasovmargulan@gmail.com

Влияние природных и антропогенных факторов на дигрессию горных пастбищ плато Ассы

В исследовании рассматриваются особенности природопользования одного из крупных горных пастбищ Иле Алатау в долине реки Асы (Северный Тянь-Шань). Расположенное на горном плато на высоте 2200–2800 м пастбище отличается ландшафтным и биологическим разнообразием, высокопродуктивными растительными сообществами. Изучалось состояние растительных ассоциаций долины Асы во второй половине 1990-х гг., когда естественные пастбища, ввиду социально-экономических коллизий практически не использовались, что обеспечило ярко выраженные демутиационно-восстановительные процессы травяных фитоценозов. Эти восстановительные процессы происходили на фоне неблагоприятных климатических изменений: стало меньше осадков и выросла температура воздуха в теплый период. Последующие полевые работы относятся к периоду 2012–2020 гг., когда экосистемы долины р. Ассы испытывали мощное антропогенное воздействие в форме перевыпаса скота, пресса туристов и браконьеров. При этом, подавляющая часть животноводов не считается с очевидной деградацией пастбищных угодий и делает все возможное для роста поголовья, нарушая принципы устойчивого использования пастбищ. В этих условиях совершенно нереальна организация работ по улучшению, фиторемедиации кормовой растительности. Несомненно, что необходима продуманная организация использования высокопродуктивных альпийских пастбищ и строгий контроль за численностью выпасаемого скота. Необходима большая разъяснительная работа и организация гармоничного равновесия между экономическим и экологическим составляющими. Даются рекомендации по использованию различных систем мониторинга, восстановления и устойчивого использования пастбищных экосистем региона.

Ключевые слова: экосистемные услуги, горные пастбища, Иле Алатау, перевыпас, деградация и восстановление растительных ресурсов, мониторинг и фиторемедиация, устойчивое использование пастбищ.

Introduction

Natural pastures are the basis of pastoralism, a way of life, and an important component of the cultural heritage of many peoples. On the one hand, grasslands provide numerous ecological services such as climate regulation, soil and water conservation, sand fixation, soil improvement, and biodiversity support [1]. On the other hand, grasslands also can clean the air, water, and soil of pollutants through various physical, chemical, and biological processes that maintain ecosystem quality and human health [2].

However, years of anthropogenic overload combined with the effects of climate warming

have led to a decline in the productivity of pasture ecosystems and their resilience to natural hazards, particularly drought [3]. It has been reported that about 50% of the world's pastures are degraded [4-6], and temperate latitude pastures lost more than 70% of their natural cover by 1950. [7]. In Kazakhstan, the area of natural pastures is 180.4 million ha, of which more than 5.9 million ha have been improved and 105.2 million ha are watered. Accordingly, more than 111.1 million ha of pastures are suitable for grazing [8]. At the same time, in Kazakhstan, more than 80% of the total number of farm animals is concentrated in private farmsteads, whose owners, due to economic factors, graze their livestock mainly within a radius of 5-7 km from

their residence place. As a result of the so-called near-settlement pasture digression, about 20 million hectares of pastures are degraded, while some remote pastures are almost not used [9].

Grazing has been an important economic activity in mountain meadows for thousands of years. At the same time, a significant part of alpine meadows suffers from overgrazing due to unwise management [10]. Many studies have shown that overgrazing is what has led to severe degradation of mountain pastures [11], reduction of biodiversity, loss of natural habitat [12], acceleration of soil erosion [13], and seriously threatens the balance of soil-herb ecosystems and pasture productivity [14]. Several global quantitative reviews [15,16] have shown that the impact of grazing on vegetation is related to its productivity. The latter, in turn, is controlled by abiotic factors such as climate (precipitation, temperature) and topographic conditions. Several works have shown that both in humid regions with high productivity during the growing season and in pastures of arid zones with relatively low productivity, it is the amount of precipitation that has the greatest influence on plant productivity [17]. At the same time, other researchers have described the priority effect of grazing on pasture vegetation both in forest steppes in northern Mongolia [18] and the desert-steppe zone in northern China [19].

Considerable pasture massifs of Central Asia are located in the mountains. A common feature of all mountain systems is the vertical change of soil and vegetation cover. At the same time, each of the mountain systems has its features conditioned by the height of ridges, their position, exposure of slopes, geological structure, and latitudinal zonality. Local topographic conditions in the mountains, which may also interact with the consequences of livestock grazing, should also be considered [20]. Moreover, many studies have shown that the primary production of individual plants and communities can respond neutrally or positively to herbivore grazing under certain circumstances [21,22]. It follows from these studies that the impact of herbivores on plant productivity is complex and, in particular, depends to a large extent on pasture load.

The purpose of our study was to investigate the influence of contrastingly different levels of pasture load and meteorological conditions on the vegetation cover, its floristic composition, projective cover, and condition of the main species of forage plants

of natural pastures of the Assy River valley in the subalpine and alpine zones of the Ile Alatau.

Materials and methods

Study of the region

The natural pastures of the Assy River valley, located in the subalpine and alpine zones of Ile Alatau at the upper boundary of the coniferous forest belt, with the transition to the subalpine belt, were studied. Administratively, the territory belongs to the Yenbekshikazakh district of the Almaty region. The main coordinates are 43° 15' N, 78° 03' E on the Assy plateau, altitude of 2200-2800 m (Figure 1). The area is more than 40,000 ha. The Assy pasture stretches from west to east for about 40 km with an average width of about 10 km. Numerous small rivers and streams flow through the pasture from the adjacent gorges into the Assy River (flowing eastward). The southern slopes surrounding the plateau are open, on the northern slopes there are areas of spruce and juniper forests, bedrock outcrops are not uncommon on the slopes, and rocky outcrops occur on the ridges (Figure 2). These pastures provide important ecological services, including biodiversity conservation, carbon storage, and water regulation, as well as ecosystem services such as distant pastoralism, cultural heritage, tourism, and recreation at local and regional scales.

Official meteorological data on temperature and precipitation in the studied area obtained by the workers of the Assy meteorological station located at an altitude of 2260 m above sea level in the western part of the Assy valley were used. According to the altitudinal location, the Assy River valley is characterized by a relatively cold and dry climate. The mean annual air temperature for the 1990-1999 decade was +0.53°C and increased to +1.15°C in the last decade of 2013-2022. The average monthly temperature of July for the 1990-1999 decade was +12.18°C and for the 2013-2022 period was +13.26°C. The average monthly temperature of January for 1990-1999 is. -13.1°C, and for the period 2013-2022. -12,1°C. Active temperatures for vegetation growing above +5°C in the Assy valley start in May, +6.09°C in 1990-1999 and +7.36°C in 2013-2022, and end in September: +6.94°C in 1990-1999 and +8.09°C in 2013-2022. That is, over the last 33 years, a gradual noticeable warming of the climate can be traced on the territory of the Assy plateau.



Figure 1 – Study region map



Figure 2 – Rocky outcrops, juniper forests, mountain meadows, and spruce forests on the Assy plateau

The amount of average annual precipitation according to the data of the Assy weather station has significantly decreased over the last 33 years (approximately from 340 mm to 258 mm), with summer precipitation prevailing to a large extent.

It should be noted that in comparison with other mountainous areas of Ile Alatau of similar altitudinal belt, the Assy valley is characterized by relatively low precipitation. Pastures in the Assy valley have a very short growing season, limited by low

temperatures and variable precipitation. Growth of pasture vegetation begins in mid-May and mostly ends in August. The duration of the frost-free period is about 200 days. The snow cover is stable.

Methods of geobotanical surveys

Geobotanical surveys carried out by the authors in 1998 and in 2012-2015 were conducted by the route method by the Instruction on conducting large-scale (1:1000 – 1:100000) geobotanical surveys of natural forage lands of the Republic of Kazakhstan, 1996, developed in the system of land management of the Republic of Kazakhstan [23]. In the course of fieldwork, a map of the region was georeferenced to the soil and vegetation cover on the ground using pocket computers and GPS navigators, and the boundaries of the studied types of biocenoses were delineated based on fieldwork on the ground. The phytoproductivity of plant communities was determined using the mowing method with subsequent drying of the collected phytomass. Soil profiles and excavations were made as part of the soil cover study. Vegetation communities were described, GPS-coordination of description points was carried out, photographs were taken, and herbarium was collected to clarify the floristic composition of vegetation of the study area. During the vegetation study, the following was determined: the floristic composition of plant communities; their structure and spatial distribution; composition of life forms; confinement to habitat conditions; degree of anthropogenic impact on vegetation; and projective coverage of soil by plants. During the study of vegetation (on 100 m² plots) the species composition of communities, projective coverage of soil by plants, height of herbage, its development, and visual productivity were determined. A total of 50 sample plots of 100 m² were geobotanically described. Yields of plant communities were determined on cutting plots bounded by 1x1 m square frames. In plant communities with uniform projective cover, 1 m² harvesting plots were laid in fourfold repetition, and in sparse herbage in eight to tenfold repetition. Determination of projective cover provides objective criteria for species ratio in the community. The ratio of species characterizes the dominance (prevalence) of plants in the community and communities (phytocenoses) are named according to the dominance.

Results and Discussion

According to remote sensing data, on the territory of the Assy valley forest areas occupy

about 5%, shrubs – about 10%, rocky areas, and river floodplains – about 5% in total, and grassy open slopes used as pastures – 80%. The considered altitudinal belt is the most favorable for the growth of spruce forests on steep shaded slopes and mountain meadows on more gentle slopes and plateaus. In the warm period of the year in the Ile Alatau mountains for every 100 m of ascent the air temperature decreases by 0.6-0.7°C. On the contrary, in the winter period in the lower part of the mountains (up to the height of 1700 m), the air temperature increases by 0.36°C for every 100 m of ascent, which is caused by the flow of heavier cold air downwards. At the same time, the general trend of temperature decrease with altitude does not change. Not only precipitation but also evapotranspiration, which is related to air temperature, is considered for the general characterization of climate [24]. This general picture of climate dependence on altitude belts in the Ile Alatau Mountains varies with slope exposure. The west-facing slopes are close to the southern slopes in terms of heat sum, while the eastern slopes are close to the northern slopes. This has a significant impact on vegetation: steep shaded slopes of northern exposures are covered with forest, gentle and warmer slopes – with meadow vegetation, and slopes of southern exposures – with steppe vegetation.

Anthropogenic factors have greatly changed the appearance of the mountain ecosystems of Ile Alatau, near which there are densely populated cities and towns, including the city of Almaty. Since the 1990s, due to a sharp decline in industrial and agrarian production, deep changes in natural and anthropogenic ecosystems have occurred in Kazakhstan. Due to unauthorized logging and more frequent fires, the area of forests and shrubs has decreased. At the same time, due to a significant, several-fold drop in the number of livestock and the difficulty for most private subsidiary farms to use remote pastures, the summer pastures (zhailau) of the Assy valley were practically not used in the 1990s for 6-8 years. At the same time, due to sharply reduced grazing on a significant area of distant pastures in the 1990s, restorative succession of the post-pasture demutation type took place (Figure 3).

Since 2000, animal husbandry in Kazakhstan has been developing extensively, i.e. the increase in the volume of production is due to a quantitative increase in the number of livestock, both in large farms and in small farms, where livestock farming is conducted on an individual family basis. At the same time, due to the predominant use of fodder by animals as the most economically advantageous, the main load fell

on natural pastures. Considering the rich grass and abundance of water sources on mountain pastures, they began to be used more and more intensively for seasonal distant cattle breeding. At the same time, the species structure of grazing animals was changing. In Soviet times the most developed branch of animal husbandry in the Republic of Kazakhstan was sheep breeding and dairy cattle breeding. At present, due to a sharp decline in fodder production and a reduction in the volume of insurance fodder procurement, herd horse breeding, and meat cattle breeding have received the greatest development in

private farms. Thus, if in 2000 the number of horses amounted to 976 thousand, in 2023 it reached 4,200 thousand heads [25]. Currently, sheep and horses, in the ratio of approximately 1:1, and cattle are grazed in the Assy valley. According to our calculations, the total number of cattle during the study period is about 300,000 heads, which significantly exceeds the forage capacity of pastures. The grazing period begins in mid-May and lasts until October, averaging 120-150 days. By the end of the season, in early fall, a typical pasture digression picture develops (Figure 4).



Figure 3 – Post-grazing demudation in the area of the observatory in the Assy River valley, June 2000



Figure 4 – Digression of the same habitat as a result of overgrazing in fall 2020.

At the same time, due to the explosive increase of private vehicles, the valley of the Assy River is experiencing a huge recreational load, primarily due to the invasion of automobile and motorcycle tourists, hunters, and fishermen in the warm season. As a result, there is a decrease in productivity and species diversity of plants (especially at the expense of rare and endangered species), an increase in the proportion of plant species in phytocenoses that are poorly eaten by animals, impoverishment of fauna (primarily commercial species), as well as animals sensitive to the disturbance factor. Overgrazing, especially on steep mountain slopes, causes soil erosion and turf disruption. There is practically no mountain landscape in the Assy valley that has not been affected, at least indirectly, by human economic or recreational activities.

According to the "Classification of natural fodder lands of the Republic of Kazakhstan", the territory of the Assy plateau belongs mainly to the mid-mountain steppe, partly high-mountain subalpine and fragmentally (on the peaks) alpine belt. The relief is represented by an intermountain wavy-rolling plain sloping down to the Assy River floodplain. The vegetation is subject to the laws of vertical zonality and reflects natural and climatic conditions of the mountain landscape related to relief forms, slope exposure, soil diversity, and climatic factors. The main life forms are perennial and annual grasses, dwarf semi-shrubs, and shrubs. Ephemerals and ephemeroids are seldom found. In terms of relation to water regime, mesoxerophytes, mesophytes, and xerophytes are predominant. Hydrophytes and hygrophytes make up a very small percentage of the flora. The vegetation cover of the study area is typical for steppes and is diverse both in terms of floristics and geobotany. It is mainly composed of xerophilous (*Stipa pennata* L. and *Stipa capillata* L., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin (tipchak) and *Helictochloa* Romero Zarco genus species) and mesophilous (*Poa* L., *Elytrigia* Desv., *Bromus* L., *Hordeum* L., *Dactylis* L. genera species) grasses with significant presence and even predominance in some places of various species of xeromesophilous forbs.

Since the contrast of the soil and vegetation cover of the northern and southern slopes is manifested in the middle mountains, both xerophytes and mesophytes are distinguished in the composition of ecological types of the flora. Vegetation at the same altitude on the southern slopes (warm and dry) is more xerophilic and on the northern slopes (cold and humid) more mesophilic. In addition, different edaphic variants of communities are distinguished:

pelitophytes – on loamy soils, litophytes – on stony and gravelly soils. Psammophytes and halophytes are practically absent. Mid-mountain steppe communities also vary in the richness of species composition of their constituent plants. In some habitats, there are mono-species communities, but more often there are multi-species communities. In polydominant meadow communities, which occupy the first place by richness of species composition, long-rooted mesophilic grasses predominate: *Hordeum vulgare* L., *Festuca pratensis* Huds., *Bromus inermis* Leyss., *Alopecurus soongaricus* (Schrenk) Petrov, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Phleum paniculatum* Huds., *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, *Poa pratensis* L. They are accompanied in great abundance by mesophilic forbs: *Achillea millefolium* L., *Medicago falcata* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Lathyrus pratensis* L., *Pentanema britannicum* (L.) D.Gut.Larr. et al., *Trifolium repens* L., species of *Alchemilla* L., *Astragalus* L., *Potentilla* L., *Geranium* L., *Myosotis* L. genera, and others. The total projective coverage of soil by plants is high (70-80%, and in some places up to 100%).

It should be noted that the steppe vegetation is characterized by year-to-year fluctuations. In dry years, xerophilous plant species develop better, in wet years – less drought-resistant species. The change of plant communities also occurs under the influence of anthropogenic factors: pasture succession leads to the formation of disruptions and complete degradation of vegetation cover in watering places, cattle wintering places, pens, and settlements. Due to this, valuable fodder plants disappear, and their place is taken by poorly eatable or uneatable forbs and weeds. *Stipa pennata*, *Stipa kirghisorum* P. A. Smirn., and *Stipa richteriana* Kar. & Kir. are the most unstable to grazing and other types of anthropogenic impact, so they easily fall out of the herbage, being replaced by more stable needlegrass (*S. capillata*) and then by tipchak (*F. valesiaca*). With the predominance of needlegrass, *Stipa* L. genus (feathergrass) – tipchak, and needlegrass-tipchak-*Artemisia* L. genus community typical for the western part of the Assy plateau. Tipchak-grasses, tipchak-forbs, tipchak, tipchak-grasses-*Artemisia* communities with average yields of 2.5-3.6 c/ha are also widespread. They occur throughout the territory, but the largest massifs of tipchak communities are found in the central part.

Non-forested slopes are characterized by the predominance of soft-stemmed grasses (*Poa*, *Dactylis*, *Bromus*, *Alopecurus* L., *Festuca* L., *Phleum* L. genera) and colorful, species-rich meadow grasses

(*Geranium*, *Alchemilla*, *Polygonum* L., *Astragalus*, *Polemonium* L., *Ligularia* Cass., *Aconitum* L. genera), forming grass (*Gramineae* L. genus) – forb, forb – grass and forb types of pastures. In the lower part of the belt on the slopes of southern exposure, the species composition of pastures significantly includes steppe species of grasses (*Poa stepposa* Besser, *F. valesiaca*, *Helictochloa* and *Stipa* genera) and forbs (*Phlomis* Moench, *Achillea* L., *Origanum* L., *Astragalus*, *Dracocephalum* L. genera). Yields of mid-mountain meadow and meadow-steppe pastures vary from 5 to 15 c/ha of dry matter.

The vegetation cover of high-mountain areas is represented by colorful medium- and low-grass subalpine and alpine meadows. Among high-mountain pastures, the most widespread are kobresia (*Kobresia* Willd.), sedge (*Carex* L.), forb – grass, and fescue (*Festuca*) – forb – grass communities with yield fluctuations from 2 to 9 c/ha of dry mass, but more often it is 2-4 c/ha.

In the valley, fragments of alpine meadows with islands of kobresia associations and low (5–12 cm) forbs (*Thymus* L., *Astragalus*, *Leontopodium* R.Br. ex Cass. genus) are common in the eastern part. In general, the most characteristic for Assy plateau are simple one- or two-component communities: tipchak, bunchgrass – grass – forb, *Stipa capillata*-tipchak, feathergrass – tipchak, tipchak – feathergrass and grass – forb.

Their unstable modifications are weed-grass, weed-forb with *Poaceae* Barnhart, weed, *Cousinia* Cass., *Descurainia* Webb & Berth., *Urtica* L., *Artemisia austriaca* Jacq., and others. At the same time, the fodder yield of the plants eaten is low (0.5–2.0 c/ha of dry weight). Almost all feathergrass pastures contain tipchak (*F. valesiaca*) – a small-bunchgrass with a wide ecological amplitude. It becomes the dominant plant cover in conditions where feathergrass plants cannot maintain their dominance due to a significant increase in rockiness (for example, in the middle part of the valley) or under the influence of grazing. Tipchak – feathergrass and tipchak types of pastures are widespread; tipchak-*Artemisia* (*Artemisia sublessingiana* Krasch. ex Poljakov and *Artemisia frigida* Willd.) are rare. The productivity of tipchak pastures is lower than that of feathergrass type and averages 2.5–4.5 c/ha of dry weight.

The species richness of the communities is 7–20 species, the projective cover of soil by plants is 70–100%, the average height of the herbage is 15–50 cm, the yield of eaten plants ranges from 3-7(10) c/ha of dry mass. At the time of surveys (1st decade of July), 20-30% grass loss by grazing was observed practically everywhere, and 40-50% near livestock camps. Cattle graze on slopes, trampling trails completely devoid of vegetation (Figure 5).



Figure 5 – Pasture erosion

Mechanical impact (trampling, biting, etc.) occurring under the influence of grazing, especially by cattle and small cattle, and recreational load are worse withstood by representatives of herbaceous

perennials – grasses and forbs of subalpine and alpine zones. Since the mountain pastures of the Assy valley have been used since ancient times for summer pasturing of cattle with a heavy

load, their herbage has been heavily grazed and trampled, which led to its degradation. Degradation is expressed in the reduction of dominant species' share (feathergrass and other grasses), which lose the role of herbage edifiers and become subdominant, then occur singularly and, finally, drop out of the herbage altogether. There is a change of dominants, for example, feathergrass to tipchak, and, in turn, tipchak to poorly eaten species of forbs. Thorny uneaten weeds such as *Cousinia*, *Urtica*, and *Onopordum* L. genera, non-edible *Artemisia austriaca* and annual poisonous weed *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl grow on particularly intensively and unsystematically used plots. Changes in species composition and changes in dominants lead to a decrease in yield. Pastures degrade in 5-8 years under the influence of intensive grazing. Relatively weakly disturbed herbaceous vegetation under favorable conditions recovers in 5-6 years, while severely disturbed vegetation does not recover for decades.

During the years of extensive economic development in Kazakhstan, soil and vegetation components of mountain pasture ecosystems, experiencing significant stresses, were subjected to degradation, but the number of state and private livestock was relatively evenly dispersed over vast pasture and hayfield territories. Livestock grazed the above ground phytomass to a state of unclosed vegetation cover and various stages of degradation. In 1992-1994, after the disbanding of collective farms, cattle were unevenly distributed among a

few large and numerous small private farms and due to the impoverishment of the majority of the population, collapse of the infrastructure of semi-industrial livestock and fodder production, their number decreased several times.

The sharp reduction of pasture load in the Assy valley in 1993-1994 caused the processes of vegetation restoration. The processes of restoration proceed in reverse order and are expressed in the fact that the plant communities are again dominated or present in the vegetation communities by feathergrass, tipchak and soft-stemmed grasses, which previously completely or partially disappeared from the herbage. Restoration of vegetation in the valley is also evidenced by the fact that there are quite a lot of juvenile specimens of feathergrass, tipchak and other grasses in the herbage. The herbage has high projective coverage – 70-100%, average height varies from 15 to 50 cm. According to our observations, by about 2000 the valley herbage had recovered after many decades of intensive grazing, had a very good condition, high growth, almost 100% projective cover and consisted of well-eatable grasses.

After 2000, the number of grazing livestock began to grow rapidly, and signs of pasture degradation increased. In disrupted areas near yurts, wintering areas, and livestock camps, small areas of *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Cousinia polycephala* Rupr., *Urtica cannabina* L. and *Onopordum acanthium* L. gall are observed (Figure 6).



Figure 6 – Cotton thistle *Onopordum acanthium* L.

Discussion

Studies of the current state of ecosystems in the alpine and subalpine zones of the Ile Alatau, conducted on the high-mountain summer pasture of the Assy plateau after 2013, revealed the negative consequences of overgrazing, intensive recreational load and climate changes. Practically, the change of species in the series of herbage degradation on the studied territory of the Assy plateau is as follows: feathergrass *Stipa* (*Poaceae* family) → bunchgrass *Poaceae* (feathergrass *Stipa* – tipchak *F. valesiaca*) → tipchak – feathergrass and forbs → tipchak with feathergrass and forbs → tipchak with forbs → tipchak – forbs → forbs – tipchak → forbs – tipchak *F. valesiaca*, with weeds → weeds – forbs – tipchak, → weeds – forbs → weeds → disruption by cattle. Changes in floristic composition and a change in dominant plant species valuable for food lead to a decrease in the yield and forage capacity of alpine pastures.

The sharp drop in livestock numbers in the region, as well as in Kazakhstan as a whole, in the 90s was accompanied by demutational processes of vegetation restoration. According to our observations, by about 2000, the herbage of the Assy valley had recovered after many decades of intensive grazing, was in good condition, had high growth, almost 100% projective cover, and consisted mainly of well-eaten grasses. After 2000, the number of grazed livestock gradually increased, and its species structure changed, accompanied by an increase in the number of horses and cattle, and the load on pastures increased accordingly. The vegetation is again subjected to intensive overgrazing, large poorly eaten or un-eaten forbs are growing – Asiatic dock (*Rumex confertus* Willd.), bristly (*Cirsium arvense* var. *integrifolium* Wimm. & Grab.) and boar thistle (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), buzulnik (*Ligularia* Cass.), European wand loosestrife (*Lythrum virgatum* L.), purple loosestrife (*Lythrum salicaria* L.), marsh spurge (*Euphorbia palustris* L.), leafy spurge (*Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.), etc.

The main factors of anthropogenic impact and processes of degradation of phytocenoses of the Assy plateau are overgrazing and road digression, as well as, to a lesser extent, fires and recreational loads. In addition, the large crowding of livestock on the plateau and the insufficient level of veterinary care and vaccination creates an unfavorable epizootic situation not only for domestic animals but also for wild animals.

Conclusion

Regardless of the number of livestock and climatic changes, the issue of rational use of natural pastures is always acute in Kazakhstan. This requires continuous and effective monitoring of pastures condition, recording of their floristic composition and fodder capacity in relation to climatic changes, development of a set of measures to preserve and improve the quality of pastures. It is known that the foundation of rational use and protection of natural fodder lands is compliance of the number and type of livestock with the fodder capacity of the pasture, use of pastures by seasons, haying and pasture rotation, and paddock grazing system. Surface improvements are necessary on already degraded areas, which include reduction of pasture load and regulation of grazing, application of fertilizers to meadows, elimination of bunchgrass hummocks, sowing of perennial grasses and grass mixtures in the turf of natural herbage, improvement, and regulation of water regime (snow retention, use of groundwater), control of weeds and poisonous plants and shallow soil loosening.

In the early 1990s, as a result of large-scale socio-economic transformations, accompanied by the destruction of agricultural infrastructure, there was a sharp drop in the number of livestock throughout the country. In the following years, the number of livestock began to gradually recover, with a significant change in its composition. During the Soviet period, fine-fleece sheep breeding dominated livestock production in Southeast Kazakhstan and much attention was paid to fodder production. In recent years, the number of horses of indigenous breeds and their offspring (as the most adapted to year-round herds on fodder) as well as the number of camels, especially dairy, has been growing rapidly.

In this context, at present the pressure on public pasture lands (state fund lands) is increasing unevenly and in all seasons. The lands located close to settlements are especially affected. There is also a pronounced increase in pasture digression and rapid depletion of pastures. If this trend persists, irreversible disturbance of the natural environment balance, destruction of soil and vegetation cover on vast areas of natural pastures and strengthening of carbonization processes may occur. Taking into account the above-mentioned, as well as the fact that rural residents make up 43% of the population of Kazakhstan and livestock plays a significant role

in the food supply of the country, it is necessary to provide state support to the livestock industry, allocate funds for reclamation and improvement of the quality of natural pastures, as well as rational and science-based use of water resources.

Conflict of Interest

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

References

1. Zhou H. et al. Alpine grassland degradation and its control in the source region of the Yangtze and Yellow Rivers, China/ *Grassland Science*. – 2005. – T. 51. – №. 3. – pp. 191-203
2. Yang Q. et al. Energy-based ecosystem services valuation and classification management applied to China's grasslands / *Ecosystem Services*. – 2020. – T. 42. – pp. 101073
3. Zheng X., Zhang J., Cao S. Net value of grassland ecosystem services in mainland China / *Land Use Policy*. – 2018. – T. 79. – pp. 94-101
4. Harris R. B. Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: a review of the evidence of its magnitude and causes / *Journal of Arid Environments*. – 2010. – T. 74. – №. 1. – pp. 1-12
5. Gang C. et al. Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation / *Environmental Earth Sciences*. – 2014. – T. 72. – pp. 4273-4282.
6. Wang Z. et al. What is the main cause of grassland degradation? A case study of grassland ecosystem service in the middle-south Inner Mongolia / *Catena*. – 2017. – T. 150. – pp. 100-107
7. Finlayson M. et al. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis. – 2005
8. Omash S. B. i dr. Svodnyj analiticheskij otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Respublike Kazahstan za 2018 g / Astana: Agentstvo po upravleniyu zemel'nymi resursami RK. – 2018 – S. – 273 (in Russian)
9. Tokbergenova A. A., Kairova SH. G. and Kiyasova L. SH. Prichiny i posledstviya degradacii zemel' i opustynivaniya: na primere Respubliki Kazahstan / *Vestnik KazNU. Seriya geograficheskaya*. – 2016. – T. 43. – №. 2 (in Russian)
10. Wang B. et al. Grazing simplifies soil micro-food webs and decouples their relationships with ecosystem functions in grasslands / *Global Change Biology*. – 2020. – T. 26. – №. 2. – pp. 960-970
11. Miede G. et al. The *Kobresia pygmaea* ecosystem of the Tibetan highlands—Origin, functioning and degradation of the world's largest pastoral alpine ecosystem: *Kobresia* pastures of Tibet / *Science of the Total Environment*. – 2019. – T. 648. – pp. 754-771
12. Filazzola A. et al. The effects of livestock grazing on biodiversity are multi-trophic: a meta-analysis / *Ecology Letters*. – 2020. – T. 23. – №. 8. – pp. 1298-1309.
13. Li Y. et al. Livestock grazing significantly accelerates soil erosion more than climate change in Qinghai-Tibet Plateau: Evidenced from 137 Cs and 210 Pbex measurements / *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2019. – T. 285. – pp. 106643
14. Chai J. et al. Effects of yak and Tibetan sheep trampling on soil properties in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau / *Applied Soil Ecology*. – 2019. – T. 144. – pp. 147-154
15. Milchunas D. G. and Lauenroth W. K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments: Ecological Archives M063-001 / *Ecological monographs*. – 1993. – T. 63. – №. 4. – pp. 327-366.
16. Cingolani A. M., Noy-Meir I. and Díaz S. Grazing effects on rangeland diversity: a synthesis of contemporary models / *Ecological applications*. – 2005. – T. 15. – №. 2. – pp. 757-773
17. Bat-Oyun T. et al. Effects of grazing and precipitation variability on vegetation dynamics in a Mongolian dry steppe / *Journal of Plant Ecology*. – 2016. – T. 9. – №. 5. – pp. 508-519
18. Takatsuki S., Sato M. and Morinaga Y. Effects of grazing on grassland communities of the forest-steppe of northern Mongolia: A comparison of grazed versus ungrazed places / *Grassland science*. – 2018. – T. 64. – №. 3. – pp. 167-174
19. Zhang R. et al. Grazing induced changes in plant diversity are a critical factor controlling grassland productivity in the Desert Steppe, Northern China / *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2018. – T. 265. – pp. 73-83
20. Lkhagva A. et al. Effects of grazing on plant community structure and aboveground net primary production of the semiarid boreal steppe of northern Mongolia / *Grassland Science*. – 2013. – T. 59. – №. 3. – pp. 135-145.
21. Eldridge D. J. et al. Ecosystem structure, function, and composition in rangelands are negatively affected by livestock grazing / *Ecological Applications*. – 2016. – T. 26. – №. 4. – pp. 1273-1283.
22. Charles G. K. et al. Herbivore effects on productivity vary by guild: cattle increase mean productivity while wildlife reduce variability / *Ecological Applications*. – 2017. – T. 27. – №. 1. – pp. 143-155
23. "Instrukciya po provedeniyu krupnomasshtabnyh (1:1000 – 1:100000) geobotanicheskikh izyskanij prirodnih kormovyh ugodij Respubliki Kazahstan [Instructions for conducting large-scale (1:1000 – 1:100000) geobotanical surveys of natural forage lands of the Republic of Kazakhstan]". Almaty., 1995., S. 4-5; (In Russian)
24. "Polevaya geobotanika [Field geobotany]". /M.- L.: Nauka, 1959–1976, v 5 tomah. T. 1, S. 498, T. 2, S. 500, T. 3, S. 530 (In Russian)

25. Byuro nacional'noj statistiki agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan. Osnovnye pokazateli razvitiya zhitovnovodstva v Respublike Kazakhstan (yanvar'-maj 2023 g.) [Bureau of National Statistics Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. Main indicators of livestock development in the Republic of Kazakhstan (January-May 2023).]. – Rezhim dostupa: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/publications/58390/> (In Russian)

Авторлар туралы мәлімет:

Икласов Маргулан Канжабекович (жауапты автор) – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: iklasovmargulan@gmail.com)

Нуртазин Сабир Темирғалиевич – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Биология ғылымдарының докторы, профессор (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: nurtazin.sabir@gmail.com)

Галымжанов Ислам Салаватович – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: islam.galymzhanov@gmail.com)

Манкыбаева Сандугаш Аманжоловна – биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биоәртүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: mankibaevasandugash@gmail.com)

Асылбекова Айжан Асылбековна – картография және геоинформатика кафедрасының әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD, доцент (Алматы, Қазақстан, эл. пошта: aizhan,asylbekova@kaznu.kz)

Оразов Айдын Ергалиұлы – Варшава Университеті, PhD (Варшава, Польша, эл. пошта: orazov1884aidyn@gmail.com)

Information about authors:

Iklasov Margulan Kanzhabekovich (corresponding author) – PhD student at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: iklasovmargulan@gmail.com)

Nurtazin Sabir Temirgalievich – Doctor of Biology, Professor at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: nurtazin.sabir@gmail.com)

Galymzhanov Islam Salavatovich – PhD student at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: islam.galymzhanov@gmail.com)

Mankibaeva Sandugash Amanzholovna – Senior Lecturer at the Department of Biodiversity and Bioresources, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: mankibaevasandugash@gmail.com)

Asylbekova Aizhan Asylbekovna – PhD, Associate Professor at the Department of Cartography and geoinformatics al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: aizhan.asylbekova@kaznu.kz)

Orazov Aidyn Ergaliuly – PhD, Warsaw University (Warsaw, Poland, email: orazov1884aidyn@gmail.com)

Received November 21, 2023

Accepted March 25, 2024

Ш.С. Аманова 

Научно-исследовательский институт Министерства растениеводства Азербайджанской Республики,
Азербайджан, г. Баку
e-mail: shahnaz.amanova@gmail.com

ГРУППИРОВКА ГОРОДОВ ВДОЛЬ РЕКИ АРАЗ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Основные источники загрязнения окружающей среды расположены в городах. Поэтому изучение городских экосистем является важным вопросом. В ходе исследования мы изучили развитие городов Имишли, Саатлы и Сабирабад, расположенных на берегах реки Араз, и их влияние на окружающую среду. На этот раз мы отдали предпочтение современным методам. Были загружены и обработаны спутниковые снимки района исследований. Были обработаны спутниковые снимки Landsat 5, 8 и 9 и проанализированы растительность, водораздел и другие компоненты исследуемой территории. На этот раз мы использовали технологии ArcGIS. Мы отслеживали компоненты окружающей среды с помощью программного обеспечения ArcGIS 10.3.1. Определено, что на исследуемой территории сильно изменилась окружающая среда. Результаты показали, что площадь городов, расположенных на берегах реки Араз, за последние 40–48 лет увеличилась вдвое. Это привело к уничтожению водоемов, растительности и загрязнению воздуха. По мере удаления от берега реки Араз температура поверхности увеличивается и влияние реки ослабевает. Поэтому популяция со временем перемещается в сторону берега реки.

Ключевые слова: городская экосистема, спутник Landsat, экологическая ситуация, река Араз.

Sh.S. Amanova

Research Institute of Crop Husbandry Ministry of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan, Baku
e-mail: shahnaz.amanova@gmail.com

Grouping of cities along the Araz river according to their ecological state

The main sources of environmental pollution are located in cities. Therefore, the study of urban ecosystems is an important issue. During the research, we studied the development of the cities of Imishli, Saatli and Sabirabad, located on the banks of the Araz River, and their impact on the environment. This time we preferred modern methods. Satellite images of the study area were downloaded and processed. Landsat 5, 8 and 9 satellite images were processed and vegetation, watershed and other components of the study area were analyzed. At this time, we used ArcGIS technologies. We monitored environmental components through ArcGIS 10.3.1 software. It was determined that the environment has changed a lot in the studied area. The results showed that the area of the cities located on the banks of the Araz River has doubled over the past 40–48 years. This has led to the destruction of water bodies, vegetation and air pollution. As you move away from the Araz river bank, the surface temperature increases and the influence of the river weakens. Therefore, the population moves towards the river bank over time.

Key words: urban ecosystem, Landsat satellite, ecological situation, Araz river.

Ш.С. Аманова

Әзірбайжан Республикасы Өсімдік шаруашылығы министрлігінің ғылыми-зерттеу институты,
Әзірбайжан, Баку қ.
e-mail: shahnaz.amanova@gmail.com

Араз өзені бойындағы қалаларды экологиялық жағдайына қарай топтастыру

Қоршаған ортаны ластайтын негізгі көздер қалаларда орналасқан. Сондықтан қалалық экожүйелерді зерттеу маңызды мәселе болып табылады. Зерттеу барысында Араз өзенінің жағасында орналасқан Имишли, Саатлы және Сабирабад қалаларының дамуын, олардың қоршаған ортаға тигізетін әсерін зерттедік. Бұл жолы заманауи әдістерге басымдық бердік. Зерттеу аймағының спутниктік суреттері жүктеліп, өңделді. Landsat 5, 8 және 9 спутниктік

суреттері өңделді және зерттелетін аумақтың өсімдіктері, су алабы және басқа компоненттері талданды. Осы уақытта біз ArcGIS технологияларын қолдандық. Біз ArcGIS 10.3.1 бағдарламалық құралы арқылы қоршаған орта компоненттерін бақылап отырдық. Зерттелетін аумақта қоршаған ортаның көп өзгергені анықталды. Нәтижелер соңғы 40-48 жылда Араз өзенінің жағасында орналасқан қалалардың ауданы екі есеге ұлғайғанын көрсетті. Бұл су қоймаларының, өсімдіктердің жойылуына және ауаның ластануына әкелді. Араз өзенінің жағасынан алыстаған сайын жер бетінің температурасы көтеріліп, өзеннің әсері әлсірейді. Сондықтан халық уақыт өте келе өзен жағасына қарай жылжиды.

Түйін сөздер: қалалық экожүйе, Ландсат спутнигі, экологиялық жағдай, Араз өзені.

Введение

Более 78% выбросов углекислого газа в городских экосистемах связаны с антропогенной деятельностью [22]. Экологический след городов может распространяться за пределы города на сельскохозяйственные поля, леса и водные источники [4,7]. В результате это негативно влияет не только на локальную, но и на региональную и глобальную экосистему [18, 23].

Городские ландшафты являются не только центрами потребления энергии, материалов и прочего, они также являются источниками отходов, парниковых газов, загрязнения воды и воздуха [3, 25]. По мере роста городов их социологический и экологический след распространяется на большие территории. За счет этого уменьшается и площадь труднодоступных мест [8].

Население мира сталкивается с важными экологическими проблемами, такими как изменение климата и загрязнение окружающей среды [9, 16]. Основной причиной этого является потребительский спрос населения, проживающего в городах [1].

В настоящее время 54% населения мира проживает в городах [2]. По оценкам, к концу столетия эта цифра составит 70% [6]. Таким образом, города создают и обостряют две основные проблемы. Это проблемы бедности и деградации окружающей среды [10].

Рост городов оказывает серьезное влияние на качество воды, воздуха и растительности [13]. Чтобы справиться с проблемами, возникающими по мере расширения городских территорий, страны всего мира должны осуществлять эффективное городское планирование и планирование [11].

К наиболее важным проблемам городов относятся:

- Сильный рост площади и населения городов приводит к проблеме бедности [14]. Исполнительная власть города и другие государственные органы испытывают трудности с оказанием услуг всем жителям [17].

- Потребляемая энергия приводит к дальнейшему загрязнению воздуха [15].

- Газы, выбрасываемые в воздух автомобилями, используемыми в городском транспорте, вызывают высокое содержание свинца в воздухе городской экосистемы [19, 21].

- Неубранные отходы в городских районах представляют серьезную угрозу здоровью живых существ [1].

- Количество проблем, возникающих при развитии городских экосистем, бесконечно [20,24].

Тогда мы также можем упомянуть решения.

- Создание рабочих мест в пригородных районах и, в конечном итоге, борьба с бедностью.

- Используйте экологически чистый транспорт [17].

- Применение зеленой энергии [5].

- Увеличение площади зелени, лесов и парков и т.д. [12].

Материалы и методы

При изучении городов использовался ряд методов. В первую очередь это включает в себя метод полевых исследований. В то время в городских условиях проводились полевые исследовательские работы, которые анализировались в камеральных условиях. Современные методы важны при изучении городских ландшафтов. Таким образом, анализ спутниковых изображений, геоинформационных систем и дистанционного зондирования являются одними из наиболее предпочтительных методов изучения и определения динамики городов за более короткий период времени. Математико-статистический метод также важен при проведении анализа.

При расчете температуры поверхности суши мы использовали следующую последовательность.

Прежде всего, нам нужно преобразовать исходные DN TIRS в верхнюю часть атмосферного излучения (TOAr). Поэтому исходные цифровые числа (DN) диапазонов TIR Landsat 8 преобразуются в яркость [2]. Следующее уравнение 1 ис-

пользуется для преобразования исходных DN в TOAr, как показано ниже:

$$TOAr = M * DN + B \text{ (ур.1)}$$

M – множитель сияния;

B – Добавление сияния.

Значения M, B находятся в файле метаданных данных Landsat 8.

K1 и K2 – параметры зонной константы термического преобразования.

После того, как мы получили значения TOAr, теперь мы можем рассчитать яркостную температуру, используя уравнение 2 ниже [1]:

$$T_{\text{Кельвин}} = K2 / \ln(K1 / TOAr + 1) \text{ (ур.2)}$$

Используя параметры K1 и K2, мы преобразовали значения TOAr в температуру в градусах Кельвина.

При расчете температуры поверхности суши нам также понадобится индекс NDV. По этой причине индекс NDV изучался на основе спутникового снимка района исследований, относящегося к тому же периоду. В данном случае мы использовали следующую формулу.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \text{ (ур.3)}$$

Уравнение NDWI выглядит следующим образом:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \text{ (ур.4)}$$

Green- Зеленый; NIR – ближний инфракрасный диапазон.

Формула MNDWI выглядит следующим образом:

$$MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR) \text{ (ур.5)}$$

Green – Зеленый; SWIR – значения пикселей из коротковолнового инфракрасного диапазона.

Результаты и их обсуждение

Район наших исследований охватывает реку Араз площадью 1306 км² и буферную зону площадью 10 км вокруг нее (Рисунок 1). Общая длина реки Араз в пределах исследуемой территории составляет 258 км.

Города Саатлы, Сабирбад и Имишли расположены в буферной зоне в 10 км от реки Араз (Рисунок 2).

Как мы знаем, на берегах рек издревле формировались поселения и древние цивилизации. Благоприятные природные условия создают широкие возможности для ассимиляции.

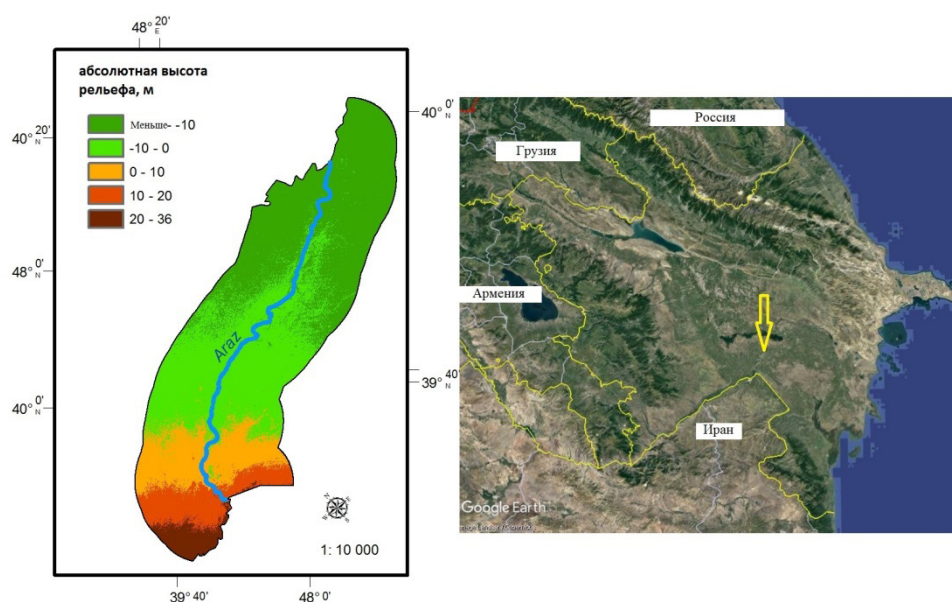


Рисунок 1 – Область исследования

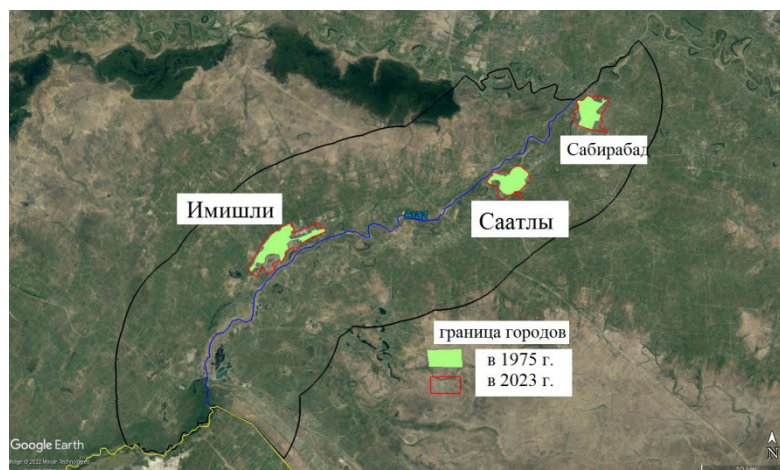


Рисунок 2 – Расположение городов на территории исследования

Анализируя цифровую модель рельефа исследуемой территории, мы установили, что 76 % территории находится на 10 м ниже уровня моря, а 24 % – над уровнем моря (табл. 1).

Таблица 1 – Абсолютные высоты

Абсолютные высоты (в м)	Площадь	
	km ²	%
Меньше – (-10)	520	40
(-10)- 0	466	36
0-10	170	13
10-20	110	8
Выше 20	40	3
Итого	1306	100

Исторически обитаемые речные бассейны подвергались антропогенному воздействию с момента появления человека. С течением времени, по мере развития техники и технологий, эти эффекты стали более интенсивными. После определенных этапов замена сельских поселений городскими приводила к более сильным эффектам.

Для анализа развития этих городов была изучена динамика границ в 1975 и 2023 годах. Установлено, что территория городов увеличилась вдвое за 48 лет.

Если по топографическому плану 1975 года площадь города Saatly составляла 8,9 км², то в 2023 году на основе расшифровки аэрокосмических снимков было установлено, что площадь

города расширилась до 18,4 км². Это означает, что среднегодовой прирост площади составляет 2,27%. Если мы посмотрим на направление расширения города, то увидим, что он расширяется преимущественно на юго-западе и северо-западе. Это связано с существованием сельских поселений в других направлениях, что приводит к ограничению возможностей для расширения и прохождения водного канала через этот район. Если посмотреть на спутниковый снимок, то можно увидеть, что на юге и юго-востоке города имеются пашни.

Для анализа пространственной динамики городского ландшафта был векторизован план города на 1975 год, обработаны спутниковые и космические снимки за 2010 и 2023 годы. Жилая площадь Имишли в 1975 году составляла 12,3 км², в 2010 году – 17 км², а сейчас занимает площадь 22 км². Среднегодовой темп роста площади составил 1,1% в 1975-2010 годах и 2,5% в 2010-2023 годах. Приходим к выводу, что в XXI веке территория города росла быстрее.

В 1975 году площадь города Сабирабад составляла 7 км², а за 49 лет она увеличилась до 11,3 км². Это означает рост на 1,2% за год (Таблица 2).

Увеличивается не только территория городов, но и население. Для сравнения, если обратить внимание на прирост населения городов, то население города Имишли в 1959 г. составляло 9,5 тыс. человек, в 1970 г. – 17,8 тыс. человек, в 1979 г. – 21,3 тыс. человек, в 1989 г. – 25,7 тыс. человек, в 2014 г., 35,5 тыс. человек в 2017 г. и 37 тыс. человек в 2023 г. [25].

Таблица 2 – Динамика городов

Города	Площадь, km ²		Динамика		Среднегодовой рост, %
	В 1975 г	В 2023 г	Км ²	%	
Имишли	12,3	22	9,7	79	1,61
Саатлы	8,9	18,4	9,5	106,8	2,27
Сабирабад	7	11,3	4,3	61	1,2

В 1944 году Имишли получил статус поселка городского типа, а в 1960 году – статус города районного подчинения. В 2006 году в Имишли при инвестициях Azersun Holding был открыт Имишлинский сахарный завод – крупнейший завод по переработке сахара на Южном Кавказе. Всего в завод было инвестировано 97 миллионов долларов. Завод будет перерабатывать 300-350 тысяч тонн сахара в год, 1000 тонн в сутки. После дополнительных инвестиций в размере 10 миллионов долларов перерабатывающую мощность завода планируется увеличить еще на 50%. Штат завода составляет 1400 человек.

Население напрямую повлияло на водный бассейн, а также на территорию суши. Индекс MNDW (Modified Normalized Difference Water Index) был проанализирован для изучения влияния городов на водораздел бассейна реки Араз. Для этого были получены и обработаны мульти-

спектральные изображения района исследований со спутников Landsat 5 1989 года, Landsat 8 и 9 2023 года. Проведенный анализ доказывает, что показатели индекса ниже – 0,16 резко возросли. Остальные показатели, наоборот, снизились. Увеличение отрицательных коэффициентов свидетельствует о том, что уровень воды снизился, даже река Араз на некоторых участках пересохла, в результате чего эти территории превратились в строительные площадки городских и сельских поселений. Это, конечно, доказывает, что в ближайшем будущем, помимо этих населенных пунктов, с нехваткой продовольствия столкнутся и районы, снабжаемые продовольствием из этих районов. Потому что в результате расшифровки космических снимков было установлено, что окрестности этих рек относятся к сельскохозяйственным полям, используемым в сельскохозяйственных целях (Таблица 3).

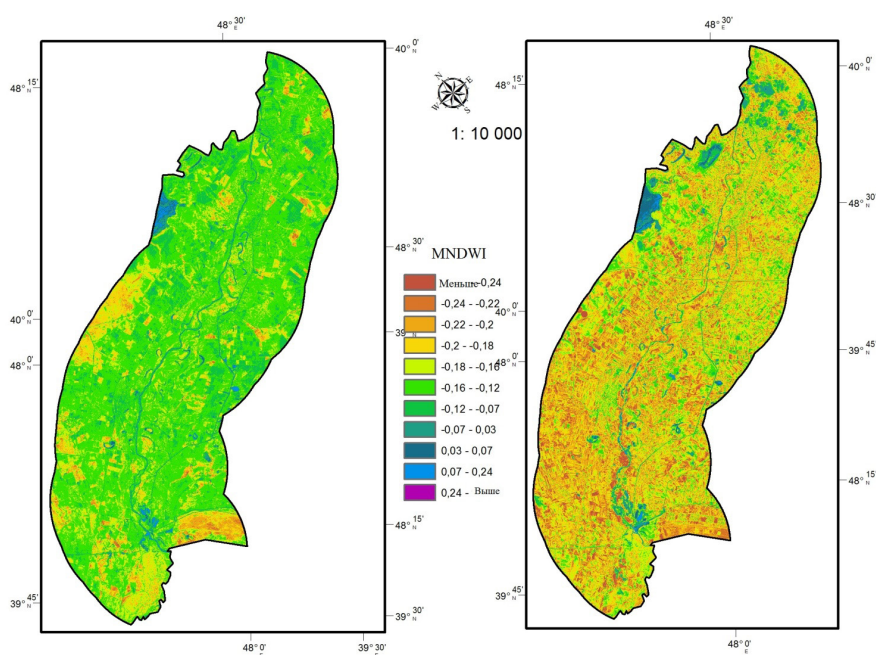


Рисунок 3 – Индекс MNDW

Таблица 3 – Индекс MNDW

Индекс MNDW	площадь			
	km ²	%	km ²	%
	В 1989 г		В 2023 г	
Меньше- (-0,24)	1	0,5	53	4
(-0,24)- (-0,22)	8	0,5	124	10
(-0,22)- (-0,2)	40	3	251	19
(-0,2)- (-0,18)	107	8	344	26
(-0,18)-(-0,16)	205	15,5	270	21
(-0,16)- (-0,12)	725	56	175	13
(-0,12)-(-0,07)	176	13	38	3
(-0,07)- 0,03	27	2	31	2,5
0,03-0,07	7	0,5	13	1
0,07-0,24	9	0,5	7	0,5
Выше 0,24	1	0,5	-	
Итого	1306	100		100

На основе анализа спутниковых снимков района исследований также был изучен индекс NDV (Normalized Difference Vegetation Index) района (Рисунок 4).

Для этого были обработаны спутниковые снимки местности за 1989, 2014 и 2023 годы. Площадь участков с отрицательным индексом

увеличилась на 50% по сравнению с 1989 годом, а участков с 0-0,2 уменьшилась. В районах с высоким индексом вновь наблюдается рост. Это еще раз подтверждает, что пустынные территории в буферной зоне в 10 км от реки Араз были заменены застройками, а также сельскохозяйственными полями (Таблица 4).

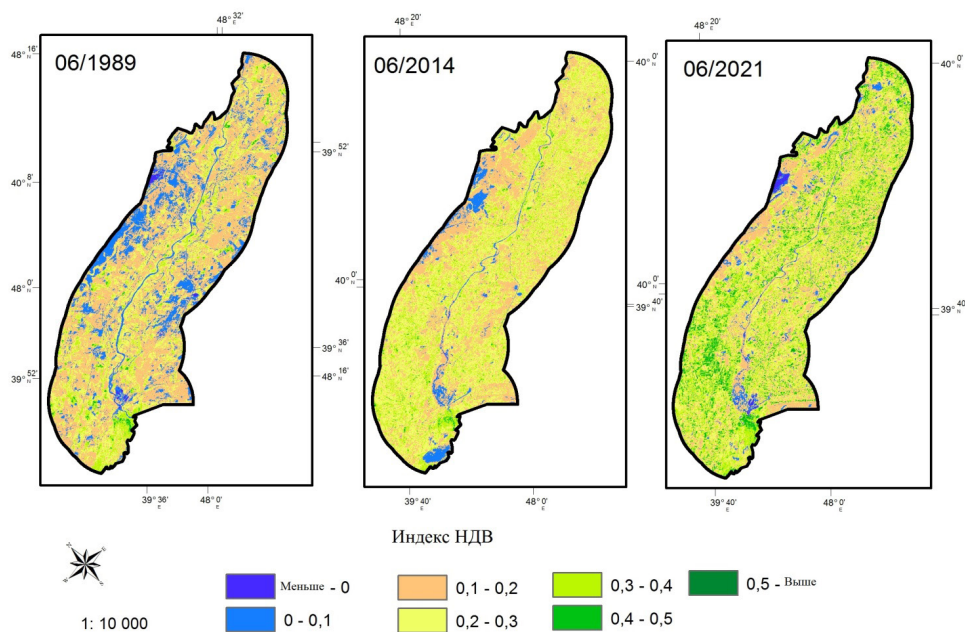


Рисунок 4 – Индекс НДВ

Таблица 4 – Индекс НДВ

Индекс НДВ	Площадь					
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
	В 1989 г		В 2014 г		В 2023 г	
Меньше-- 0	8	0,5	2	0,2	11	1
0-0,1	198	15	57	4	51	4
0,1-0,2	670	51,5	455	35	353	27
0,2-0,3	326	25	608	47	474	36
0,3-0,4	94	7	174	13	300	23
0,4-0,5	9	0,5	10	0,8	110	8,5
Выше 0,5	1	0,5	-	-	7	0,5
Итого	1306	100	1306	100	1306	100

Сравнение индекса НДВ показывает, что участки с индексом 0,1-0,3 более интенсивно сменялись индексом 0,3-0,4 в районе реки Араз. Это показывает, что посевные площади становятся более плотными. Интенсивно засаженные территории также вызвали эрозию почвы.

Для мониторинга изменений микроклимата на территории исследований были обработаны спутниковые снимки территории за июнь 1989 г. и июнь 2023 г. и составлены карты приземной температуры (Рисунок 5). После анализа этих карт различия были исследованы путем размещения их друг на друге. Установлено,

что повышение температуры наблюдается на значительной части территории исследований. Если в 1989 году минимальная температура составляла 21,1°C, то в 2021 году этот показатель увеличился до 23,4°C. Повышение на 2,3°C на первый взгляд может показаться незначительным, но оно представляет собой среднегодовое увеличение на 0,07°C за 32 года. При наблюдении за динамикой изменения температуры в буферной зоне в 10 км от реки Араз установлено, что температура повысилась на площади 1088 км², а небольшое понижение температуры определено на площади 218 км².

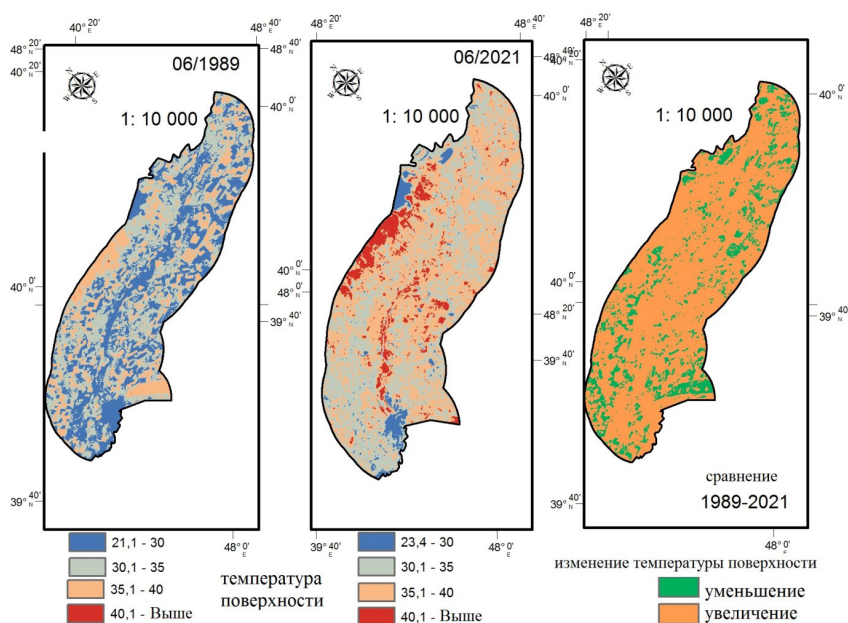


Рисунок 5 – Температура поверхности

Как известно, река Араз протекает по территории 4 стран: Турции, Ирана, Йемена и Азербайджана. Наряду с городами, расположенными на берегах Аракса, на уровень воды в реке, а также на экологическую ситуацию влияют города, расположенные на берегах его правого и левого рукавов. Одним из экологически напряженных левых притоков реки Араз является река Раздан, проходящая через основные промышленные города Армении, в результате чего промышленные и бытовые отходы вместе со сточными водами ухудшают экологическую ситуацию. Река Араз проходит через город Сабирабад на правом берегу и впадает в реку Кура.

Еще в 2010 году безымянная старица (0,25 км²) в юго-восточной части города высохла и стала жилым массивом. Следует отметить, что

это безымянное озеро является старицей реки Араз.

Заключение

В результате исследования установлено, что площадь городов исследуемой территории увеличилась вдвое.

Увеличение населения и территории городов привело к разрушению окружающих сельскохозяйственных угодий. Это может создать проблему нехватки продовольствия в будущем.

За последние 40 лет температура поверхности повысилась. Развитие городов привело к пересыханию русел рек. Это может вызвать изменения микроклимата.

Литература

1. Amanova Sh.S.. Modeling of urban landscapes (on the image of the cities of the Milskaya and Mugan plains). // News of the Tula State University, -2023, -vol. 2, -p. 73-83
2. Amanova Sh. S. Geo-ecological situation and forecasting of coastal cities of Azerbaijan // Groznenskiy estestvennonauchnoy bulletin, – 2022, -vol.7, – p. 5-13
3. Basu, T.; Das, A. Systematic review of how eco-environmental transformation due to urbanization can be investigated in the sustainable development of Indian cities // Environ. Chall. -2021,-vol. 4, – p.100099
4. Brown H.C.P. An Assessment of Institutional Capacity for Integrated Landscape Management in Eastern Cameroon // Environmental Management, -2018, -no 62 (1), -p. 118– 127
5. Chung, S.S.; Brooks, B.W. Identifying household pharmaceutical waste characteristics and population behaviors in one of the most densely populated global cities // Resour. Conserv. Recycl. -2019,- vol.140, – p.267–277
6. Dong, F.; Li, Y.F.; Qin, C.; Zhang, X.Y.; Chen, Y.; Zhao, X.; Wang, C. Information infrastructure and greenhouse gas emission performance in urban China: A difference-in-differences analysis // Environmental Management. -2022, -vol. 316, -p. 115252
7. Hajiyeva G.N., Hajiyeva A.Z., Dadashova Kh.D. Impact of urban landscape pollution on human health // Journal of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Satbayev University. -2022, -14(3), -p.39-45
8. Jin, H.X. Flying geese pattern and the rise of Asia Pacific Region // World Econ. Studies. – 1989,- vol 4, -p.67–72.
9. Kokkinos, K.; Karayannis, V.; Moustakas, K. Circular bio-economy via energy transition supported by Fuzzy Cognitive Map modeling towards sustainable low-carbon environment // Science Total Environment. – 2020, – vol 721, -p. 137754
10. Li, X.; Fang, Y.; Luo, F. A Study on the Willingness of Industrial Ecological Transformation from China's Zero Waste Cities Perspective // Int. J. Environ. Res. Public Health, -2022,-vol. 19, -p. 9399
11. Liao, L.S.; Zhao, C.K.; Li, X.; Qin, J. Towards low carbon development: The role of forest city constructions in China // Ecol. Indic. -2021,- vol. 131, -p. 108199.
12. Luo, K.; Liu, Y.B.; Chen, P.F.; Zeng, M. Assessing the impact of digital economy on green development efficiency in the Yangtze River Economic Belt // Energy Econ. -2022, -vol. 112, -p. 106127
13. Nilssen, M.; Hanssen, G.S. Institutional innovation for more involving urban transformations: Comparing Danish and Dutch experiences. // Cities, -2022, – vol. 131, -p. 103845
14. Suarez, V.V.C.; Brederveld, R.J.; Fennema, M.; Moreno-Rodenas, A.; Langeveld, J.; Korving, H.; Schellart, A.N.; Shucksmith, J.D. Evaluation of a coupled hydrodynamic-closed ecological cycle approach for modelling dissolved oxygen in surface waters // Environ. Model. Softw. -2019,- vol.119, – p.242–257
15. Song, L.M. Will urbanization promote the upgrading of industrial structure?—Empirical analysis based on panel data of 30 provinces from 1998 to 2014 //Inq. Into Econ. Issues, -2017, -vol. 38, -p.70–78
16. Vernon, R. International investment and international trade in the product cycle material //Q. J. Econ. -1966,-vol. 80, – p. 190–207
17. Vohra, K.; Marais, E.A.; Bloss, W.J.; Schwartz, J.; Mickley, L.J.; Van Damme, M.; Clarisse, L.; Coheur, P.-F. Rapid rise in premature mortality due to anthropogenic air pollution in fast-growing tropical cities from 2005 to 2018 //Sci. Adv., -2022,-vol. 8, -p. 89
18. Wang, L.; Lv, T.G.; Zhang, X.M.; Hu, H.; Cai, X. Global research trends and gaps in ecological compensation studies from 1990 to 2020: A scientometric review // J. Nat. Conserv, -2022,-vol. 65, -p. 126097

19. Wang, S.J.; Xie, Z.H.; Wu, R.; Feng, K. How does urbanization affect the carbon intensity of human well-being? A global assessment // *Appl. Energy*, -2022,-vol 312, -p.118798
20. Xu, H.Z.; Jiao, M. City size, industrial structure and urbanization quality—A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration in China // *Land Use Policy*, – 2021,-vol. 111, -p.105735.
21. Xu, Y.; Zhuang, X. Container shipping scheduling method based on the evidence reasoning approach in fluctuating CCFI and BDI cycle. // *Math. Probl. Eng.*, -2022, -p. 3997361
22. Zhang, H.L.; Lv, H.T.; Ma, M.R. Ecological life cycle analysis-based installation capacity determination of building energy-supply systems // *Energy Build.*, -2021, -vol. 244, -p. 111002
23. Zhuang, X.Y.; Xu, Y.S.; Zhang, L.; Li, X.; Lu, J. Experiment and numerical investigation of inhalable particles and indoor environment with ventilation system. // *Energy Build.*, -2022, -vol.271, -p.112309
24. Sharifi, A. From Garden City to Eco-urbanism: The quest for sustainable neighborhood development // *Sustain. Cities Soc.*, -2016,-vol.20, -p.1–16
25. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan <https://www.stat.gov.az/?lang=en>

References

1. Amanova Sh.S.. Modeling of urban landscapes (on the image of the cities of the Milskaya and Mugan plains). // *News of the Tula State University*, -2023, -vol. 2, -p. 73-83
2. Amanova Sh. S. Geo-ecological situation and forecasting of coastal cities of Azerbaijan // *Groznenskiy estestvennonauchnoy bulletin*, – 2022, -vol.7, – p. 5-13
3. Basu, T.; Das, A. Systematic review of how eco-environmental transformation due to urbanization can be investigated in the sustainable development of Indian cities // *Environ. Chall.* -2021,-vol. 4, – p.100099
4. Brown H.C.P. An Assessment of Institutional Capacity for Integrated Landscape Management in Eastern Cameroon // *Environmental Management*, -2018, -no 62 (1), -p. 118– 127
5. Chung, S.S.; Brooks, B.W. Identifying household pharmaceutical waste characteristics and population behaviors in one of the most densely populated global cities // *Resour. Conserv. Recycl.* -2019,- vol.140, – p.267–277
6. Dong, F.; Li, Y.F.; Qin, C.; Zhang, X.Y.; Chen, Y.; Zhao, X.; Wang, C. Information infrastructure and greenhouse gas emission performance in urban China: A difference-in-differences analysis // *Environmental Management*. -2022, -vol. 316, -p. 115252
7. Hajiyeva G.N., Hajiyeva A.Z., Dadashova Kh.D. Impact of urban landscape pollution on human health // *Journal of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Satbayev University*. -2022, -14(3), -p.39-45
8. Jin, H.X. Flying geese pattern and the rise of Asia Pacific Region // *World Econ. Studies.* – 1989,- vol 4, -p.67–72.
9. Kokkinos, K.; Karayannis, V.; Moustakas, K. Circular bio-economy via energy transition supported by Fuzzy Cognitive Map modeling towards sustainable low-carbon environment // *Science Total Environment*. – 2020, – vol 721, -p. 137754
10. Li, X.; Fang, Y.; Luo, F. A Study on the Willingness of Industrial Ecological Transformation from China’s Zero Waste Cities Perspective // *Int. J. Environ. Res. Public Health*, -2022,-vol. 19, -p. 9399
11. Liao, L.S.; Zhao, C.K.; Li, X.; Qin, J. Towards low carbon development: The role of forest city constructions in China // *Ecol. Indic.* -2021,- vol. 131, -p. 108199.
12. Luo, K.; Liu, Y.B.; Chen, P.F.; Zeng, M. Assessing the impact of digital economy on green development efficiency in the Yangtze River Economic Belt // *Energy Econ.* -2022, -vol. 112, -p. 106127
13. Nilssen, M.; Hanssen, G.S. Institutional innovation for more involving urban transformations: Comparing Danish and Dutch experiences. // *Cities*, -2022, – vol. 131, -p. 103845
14. Suarez, V.V.C.; Brederveld, R.J.; Fennema, M.; Moreno-Rodenas, A.; Langeveld, J.; Korving, H.; Schellart, A.N.; Shucksmith, J.D. Evaluation of a coupled hydrodynamic-closed ecological cycle approach for modelling dissolved oxygen in surface waters // *Environ. Model. Softw.* -2019,- vol.119, – p.242–257
15. Song, L.M. Will urbanization promote the upgrading of industrial structure?—Empirical analysis based on panel data of 30 provinces from 1998 to 2014 // *Inq. Into Econ. Issues*, -2017, -vol. 38, -p.70–78
16. Vernon, R. International investment and international trade in the product cycle material // *Q. J. Econ.* -1966,-vol. 80, – p. 190–207
17. Vohra, K.; Marais, E.A.; Bloss, W.J.; Schwartz, J.; Mickley, L.J.; Van Damme, M.; Clarisse, L.; Coheur, P.-F. Rapid rise in premature mortality due to anthropogenic air pollution in fast-growing tropical cities from 2005 to 2018 // *Sci. Adv.*, -2022,-vol. 8, -p. 89
18. Wang, L.; Lv, T.G.; Zhang, X.M.; Hu, H.; Cai, X. Global research trends and gaps in ecological compensation studies from 1990 to 2020: A scientometric review // *J. Nat. Conserv.*, -2022,-vol. 65, -p. 126097
19. Wang, S.J.; Xie, Z.H.; Wu, R.; Feng, K. How does urbanization affect the carbon intensity of human well-being? A global assessment // *Appl. Energy*, -2022,-vol 312, -p.118798
20. Xu, H.Z.; Jiao, M. City size, industrial structure and urbanization quality—A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration in China // *Land Use Policy*, – 2021,-vol. 111, -p.105735.
21. Xu, Y.; Zhuang, X. Container shipping scheduling method based on the evidence reasoning approach in fluctuating CCFI and BDI cycle. // *Math. Probl. Eng.*, -2022, -p. 3997361
22. Zhang, H.L.; Lv, H.T.; Ma, M.R. Ecological life cycle analysis-based installation capacity determination of building energy-supply systems // *Energy Build.*, -2021, -vol. 244, -p. 111002

23. Zhuang, X.Y.; Xu, Y.S.; Zhang, L.; Li, X.; Lu, J. Experiment and numerical investigation of inhalable particles and indoor environment with ventilation system. // Energy Build., -2022, -vol.271, -p.112309
24. Sharifi, A. From Garden City to Eco-urbanism: The quest for sustainable neighborhood development //Sustain. Cities Soc., -2016,-vol.20, -p.1–16
25. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan <https://www.stat.gov.az/?lang=en>

Авторлар туралы мәлімет:

Аманова Шахназ – Өзйрбайжан Республикасы Өсімдік шаруашылығы министрлігінің ғылыми-зерттеу Институтының аға ғылыми қызметкері, PhD (Баку, Өзйрбайжан электрондық поштасы: shahnaz.amanova@gmail.com)

Information about authors:

Amanova Shahnaz – PhD, Senior researcher at Research Institute of Crop Husbandry Ministry of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan email: shahnaz.amanova@gmail.com)

Поступила 6 сентября 2023 года

Принята 25 марта 2024 года

F.K. Nurbayeva^{1*} , A.K. Serikbayeva¹ ,
M.M. Abdibattayeva³ , Zh.T. Uysimbayeva² 

¹NJSC «Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yesenov», Kazakhstan, Aktau

²NJSC «Taraz Regional University named after M.H. Dulati», Kazakhstan, Taraz

³Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: farida.nurbayeva@yu.edu.kz

RESEARCH ON QUANTITATIVE EVAPORATION OF WATER FROM THE KOSHKAR-ATA TAILING DUMP

The Koshkar-Ata tailings dump, with a volume of accumulated waste of more than 105 million tons today, poses a potential danger to the health of the population of nearby settlements when the wind blows toxic dust from the dried surface. Currently, due to the decline in production rates, a significant part of the dried pulp waste has been exposed, forming “dusty beaches”. In order to minimize the negative impact of tailings dumps and improve the environmental situation, it is necessary to develop and implement highly efficient and cost-effective solutions. Solving the issues of stabilization of the water phase level and dusty “beaches” is a difficult task in terms of technical solutions, capital and operating costs.

The article presents the results of experimental and computational studies to determine the evaporation rate in the Koshkar-Ata storehouse. According to the literature data, the average annual air temperature of the regions of the Mangyshlak region is $+9.05^{\circ}\text{C}$. It was necessary to determine the average level of evaporation of water from the Koshkar-Ata tailing dump at an air temperature and a water temperature equal to $+9^{\circ}\text{C}$. The results of the experiments established that there is a direct dependence of water evaporation on temperature, regardless of the content of mineral salts, and the average level of evaporation of water from the Koshkar-Ata tailings dump at air and water temperatures equal to $+9^{\circ}\text{C}$ is 0.3 cm.

According to calculations over the past fifteen years, the value of water losses for evaporation and filtration in the settling pond of the Koshkar-Ata tailings pond is 1,201 m/year. It can be tentatively assumed that the share of filtration waters accounts for about 9-10% of the total losses, then these losses in height will amount to 0.106 m, i.e. 8.8% of the total loss level.

Key words: pond, evaporation, water inflow, temperatures, tailings, process modeling, dry air, water vapor, temperature, element.

Ф.К. Нурбаева^{1*}, А.К. Серикбаева¹,
М.М. Абдибаттаева³, Ж.Т. Уйсимбаева²

¹«Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті» КЕАК, Қазақстан, Ақтау қ.

²«М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» КЕАК, Қазақстан, Тараз қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: farida.nurbayeva@yu.edu.kz

Қошқар-Ата қалдық қоймасы суының сандық булануы бойынша зерттеулер

Бүгінгі таңда жинақталған қалдықтардың көлемі 105 млн. тоннадан асатын «Қошқар Ата» қалдық қоймасының құрғақ бетінен желмен улы шаңды таратуы кезінде жақын маңдағы елді мекендердің тұрғындарының денсаулығына ықтимал қауіп төндіреді. Қазіргі уақытта өндіріс қарқынының төмендеуіне байланысты кептірілген қалдықтарының едәуір бөлігі ашылып, «шаңды жағажайлар» пайда болды. Қалдық қоймаларының теріс әсерін азайту және экологиялық жағдайды жақсарту үшін жоғары экологиялық және экономикалық тиімді шешімдерді әзірлеу және енгізу қажет. Су фазасының деңгейін және шаңды «жағажайларды» тұрақтандыру мәселелерін шешу күрделі және пайдалану шығындары тұрғысынан күрделі техникалық шешімдер болып табылады.

Мақалада Қошқар-Ата қалдық қоймасының булану жылдамдығын анықтау бойынша эксперименттік және есептік зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Әдеби деректерге сәйкес Маңғышлақ облысы өңірлерінің орташа жылдық ауа температурасы $+9,05^{\circ}\text{C}$. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде минералды тұздардың құрамына қарамастан судың булануының температураға тікелей тәуелділігі және ауа температурасы мен судың температурасы $+9^{\circ}\text{C}$ -қа

тең болған кезде Қошқар Ата қалдық қоймасы суының орташа булану деңгейі 0,3 см құрайтыны анықталды.

Соңғы он бес жылдағы есептеулер бойынша «Қошқар-Ата» қалдық қоймасының тұндырылған тоғанында булануға және сүзуге судың шығыны жылына 1,201 м құраған. Сүзгі суларының үлесі шығындардың жалпы көлемінің шамамен 9-10% құрайды деп болжауға болады, содан кейін бұл шығындар биіктігі бойынша 0,106 м, яғни жалпы шығын деңгейінің 8,8% құрайды.

Түйін сөздер: Қошқар ата қалдық қоймасы, негативті әсерлер, су температурасы, судың булануы, қалдық беті, ұсақ шаң, желдету.

Ф.К. Нурбаева^{1*}, А.К. Серикбаева¹,
М.М. Абдибаттаева³, Ж.Т. Уйсимбаева²

¹НАО «Каспийский университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова», Казахстан, г. Актау

²НАО «Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати», Казахстан, г. Тараз

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: farida.nurbayeva@yu.edu.kz

Исследования по количественному испарению воды хвостохранилища Кошкар-Ата

Хвостохранилище Кошкар-Ата, с объемом накопленных отходов на сегодня более 105 млн. тонн, представляет потенциальную опасность для здоровья населения близлежащих населенных пунктов при разное ветром токсической пыли с высохшей поверхности. В настоящее время в связи со спадом темпов производства, обнажило значительную часть высохших пульпоотходов, образовав «пылящие пляжи». Для доведения до минимума негативного влияния хвостохранилищ и улучшения экологической обстановки, требуется разработка и внедрение высокоэффективных и экономически выгодных решений. Решение вопросов стабилизации уровня водной фазы и пылящих «пляжей» является сложной задачей с точки зрения технических решений, объемов капитальных и эксплуатационных затрат.

В статье представлены результаты экспериментальных и расчетных исследований по определению скорости испарения хвостохранилища Кошкар-Ата. Согласно литературным данным среднегодовая температура воздуха регионов Мангистауской области равна +9,05°C. Необходимо было определить средний уровень испарения воды хвостохранилища Кошкар-Ата при температуре воздуха и температуре воды, равной +9°C сравнительно с дистиллированной водой. Результатами экспериментов установлено, что имеет место прямая зависимость испарения воды от температуры, независимо от содержания минеральных солей и средний уровень испарения воды хвостохранилища «Кошкар-Ата» при температуре воздуха и воды, равной +9°C (H_{cp}) составляет 0,3 см.

По данным расчетов за последние пятнадцать лет величина потерь воды на испарение и фильтрацию в отстойном пруде хвостохранилища «Кошкар-Ата» составляет 1,201 м/год. Можно ориентировочно предположить, что на долю фильтрационных вод приходится около 9-10 % от общей величины потерь, тогда эти потери по высоте составят 0,106 м, т.е. 8,8 % от общего уровня потерь.

Ключевые слова: Хвостохранилище Кошкар Ата, отрицательные эффекты, температура воды, испарение воды, поверхность хвостохранилища, мелкодисперсный пыль, вентиляция.

Introduction

Formed by discharges of waste from the Caspian mining and metallurgical plant, sulfuric acid plant and untreated household waste, Koshkar-Ata tailings, with the volume of accumulated waste today is more than 105 mln. tons, currently due to the decline in production rates, exposed a significant part of the dried pulp waste, forming «smoky beaches», representing a potential health hazard for the population of nearby settlements when the wind blows toxic dust from the dried surface. To minimize the negative impact of tailings and improve the ecological situation, it is necessary

to develop and implement highly effective and economically beneficial solutions. This question, as a priority of environmental policy, was reflected in the main documents of the economic and social development of the Republic of Kazakhstan for the period until 2030.

Created by industrial wastes of the Caspian mining and metallurgical combine, sulfuric acid plant and untreated household sewage, Koshkar-Ata tailing pond, with more than 105 million tons of accumulated waste as of today, currently, because of the decline in the rate of production, uncovered a considerable portion of the dried pulp wastes, creating «dusty beaches», potentially damaging to

health of the population of nearby settlements as the wind spreads toxic dust from the dried surface [1].

The ecological situation in the area of the tailings dump determines the nature and degree of impact on the environment of the industrial toxic waste accumulated in it. Numerous studies conducted by various scientific organizations have not allowed to solve the problems of reducing the harmful impact of tailings in a complex way.

Water level movements may be considered as some phenomena of the global scale. On the basis of these researches, the following statement is obtained. Thus, for the considered sedimentation pond, water balance equalization can be valid:

$$\frac{dV}{dt} = \left(\frac{U_b(t)}{S(H)} - E_b(t) \right) \cdot S(t) , \quad (1)$$

where: V – the volume of the reservoir at the moment of time t ; $U_b(t)$ – water inflow per unit time; $E_b(t)$ – visible evaporation layer ($E_b = E - P$), lost per unit time; E – vaporization; P – precipitation; $S(t)$ – pond surface area.

Meanwhile, considering the absence of incoming drains, the water balance equation can be presented in form below:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{U_b(t)}{S(H)} - E_b(t) , \quad (2)$$

where H – is water level in the pond at the time t ; $S(H)$ – the surface area of the pond for determining the value of H .

Consider that the success of the study will depend on both the accuracy (methodology) of determining the components of the water balance, and the causes of their changes, the inflow of water, the area of the pond, as well as the water level in it are mea-

sured instrumentally and only evaporation is calculated. The lack of study of evaporation leads to the highest uncertainty in the use of water balance equations. Vaporization intensity is greatly influenced by the air flow formed over the water surface. If new masses of air with low water vapor content enter the free water surface, evaporation can intensify. However, with evaporation from large water surfaces, a significant influx of dry air is limited.

It is known that an increase of temperature by only 1 °C, under otherwise unchanged conditions increases the process of evaporation of moisture by a factor of 10 [2]. In this regard, to achieve conditions of minimum evaporation from the surface of toxic water, it is necessary that the temperature of the outside air was higher than the water temperature by 1-3°C. The following parameters are set for evaporation ponds: air temperature 28-30°C, water temperature 25-28°C, relative air humidity 65-70%. Evaporation of moisture from the water surface of the tailings, in addition to the environmental load, also entails an impact on the humidity of the surrounding air. The intensity of evaporation, will depend on the area of water surface, water temperature, air humidity and airflow rate. There are quite a few calculation formulas for calculating the amount of moisture evaporating [3].

According to experience, empirical dependencies derived from measurements most fully take into account changes in moisture conditions (in closed ponds). Hence Table 1, and graphs to determine the amount of moisture evaporating from 1 m² of the surface of the evaporation pond (figure 1).

Numerous literature sources point out the difficulty of modeling water evaporation under laboratory conditions. It is known that when water evaporates, its molecules form water gas called *water vapor*. The atmosphere also contains water in the liquid state in the form of cloud droplets and raindrops [4].

Table 1 – Evaporation intensity for evaporation ponds, g/m²

Water temperature, °C	Air temperature, °C	24		25		26		27		28		29		30	
	Ratio moisture, %	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
22		204	182	197	174	190	165	185	156						
23		217	194	209	187	203	178	199	169	187	158				
24		230	208	223	200	216	191	211	182	118	172	192	162		

Table continuation

Water temperature, °C	Air temperature, °C	24		25		26		27		28		29		30	
	Ratio moisture, %	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
25				235	213	229	204	221	195	213	185	205	175	196	169
26						244	219	236	210	228	200	220	190	211	179
27								250	223	243	215	235	205	226	194
28										259	230	250	221	241	209
29												268	238	259	227
30														277	244

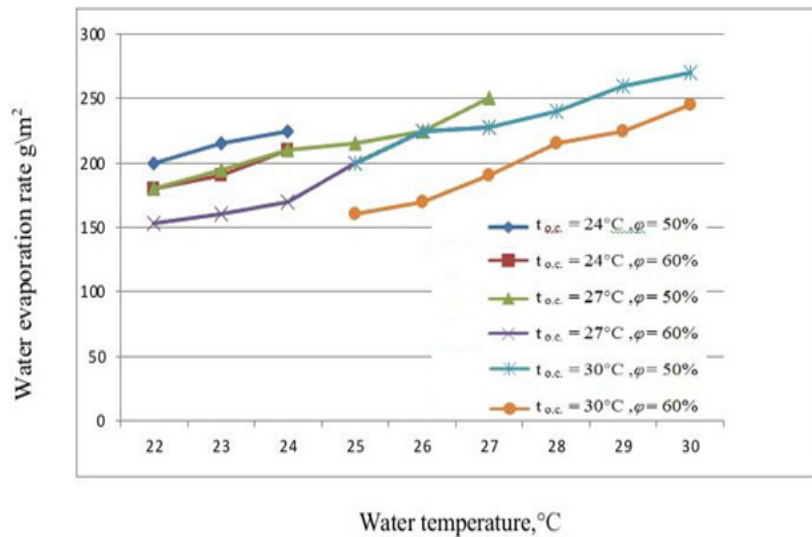


Figure 1 – Dependencies of evaporation intensity of the evaporation pond on temperature and humidity

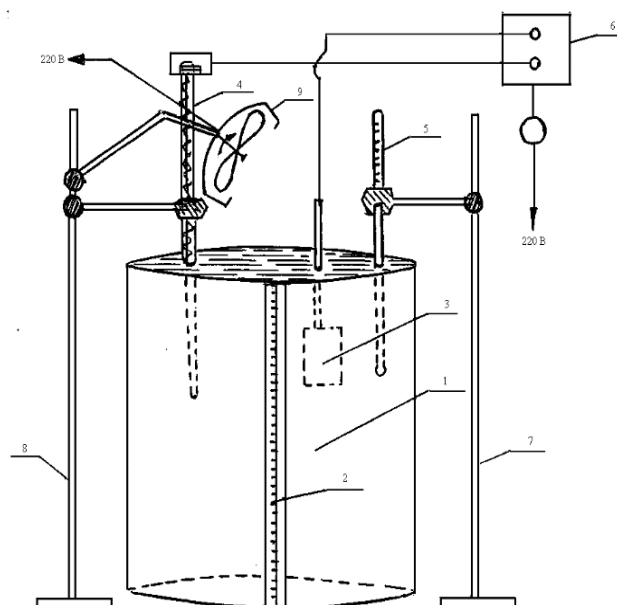
Unlike most other gases in the atmosphere, the content of water vapor can vary greatly. It depends on air temperature and the condition of the evaporating surface (water, wet or dry soil, ice). In very cold and therefore dry air, water vapor can be present in small, barely measurable amounts; in hot air, its content can reach up to 4 percent of the air volume and then such air becomes humid [5].

In this regard, to determine quite accurately the amount of moisture evaporated a laboratory unit is made (figure 2) [6]. The tank itself with the liquid (water) is made of vinyl plastic sheet (thickness 10,0 mm). As a level to determine the volume of the liquid is used mounted on the tank from the outer side of an ordinary ruler with the divisions, the division value is 1.0 mm.

Part of the cylindrical space along the length of the ruler is made of plexiglass, which allows to fix

the liquid volume in the tank without any difficulties. The volume of liquid in the tank is 30,0 dm³, the upper level of the liquid is opposite to the mark «0». The price of each division by the height of the fluid (from top to bottom) is 0,1 dm³ (100 cm³), which allows you to quickly take readings when conducting experiments.

The device works in the following way. The liquid is poured into the tank (1) up to the zero mark. At the contact thermometer (1-3) by means of the upper washer set the set temperature at which the liquid must evaporate (for example, + 20°C ; + 25°C and etc.). After turning on the starter P-6 into the mains there is a gradual heating of the liquid to the preset temperature, and then the relay (device on thermostors) is activated and the liquid heating is switched off.



1 – pond; 2 – level for determination of liquid volume; 3 – heating element; 4 – contact thermometer; 5 – thermometer; 6 – starter P-6; 7 and 8 – racks; 9 – exhaust ventilator (10x air exchange per day).

Figure 2 – Device for determining water evaporation

The reference thermometer (1-4) allows you to record the desired temperature of the liquid. After carrying out the experiment (it is calculated in days) switch off heating of liquid, its temperature is brought to 20°C and take readings. The proposed technique makes it possible to clearly determine the amount of water evaporated from the surface of the liquid per unit time, as well as to estimate this figure by introducing into the evaporated liquid surface-active and other substances that could slow down the process of evaporation of water from the specified liquid.

The average annual air temperature for the region of Mangistau region is 9.05 °C. Nevertheless, during five months (May-September) it fluctuates within an average of (+20 до +28) °C. Considering the fact that it is advisable to carry out environmental activities in the comparatively warm time of the year, it was necessary to choose specified temperature parameters for the experimental works. After analyzing average monthly and annual air temperatures in this area we came to the conclusion that the parameters on water evaporation should be set at the temperatures of (+20, +25, +30 and +35) °C. Evaporation of distilled water results are presented in the table 2.

From table 2 we can see that, as one would expect, when the temperature rises, the amount of wa-

ter evaporated increases within 3,7 – 7,4 dm³/day. For calculating the specific evaporation of water from the surface we proceed from the fact that the area of the circle (S) is determined by the formula [7]:

$$S = \pi R^2, \quad (3)$$

where R – circle radius.

Since the tank in the device has a radius of 17.7 cm, the area of the evaporated surface will be:

$$3,14 \cdot (17,7)^2 = 3,14 \cdot 313,29 - \\ - 983,7306 \cdot 983,7 \text{ cm}^2 = 0,09837 \text{ m}^2$$

During calculations it is necessary to divide average quantity of evaporated water by the specified area. The obtained experimental data show that specific evaporation of water from the surface increases in the range from 37.6 to 75,2 dm³/m²·day, and degree of water evaporation will increase within the range from 3.7 to 7.5 wt %. It should also be taken into account that experimental works were carried out on one system, practically containing no mineral salts. Figure 3 shows graphically dynamics of distilled water evaporation depending on temperature [8].

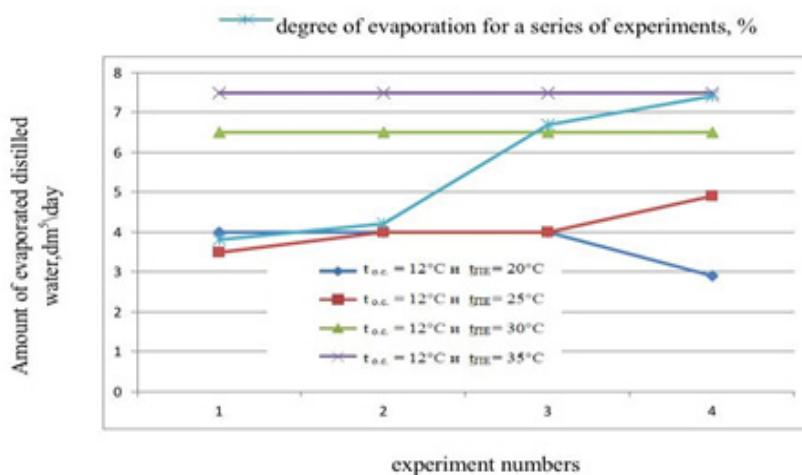
Table 2 – Quantitative evaporation results of distilled water at elevated temperatures and over time

№ experience	Air temperature, °C	Water temperature, °C	Evaporation time, day.	Quantity of evaporated water, dm ³ /day.	Average water evaporation, dm ³ /day	Specific water evaporation from the surface dm ³ /m ² day	Degree of water evaporation per day, %
1.	12	20	1,0	4,0	3,7	37,6	3,76
2.	12	20	1,0	4,0			
3.	12	20	1,0	4,0			
4.	12	20	1,0	2,8			
1.	12	25	1,0	3,6	4,1	41,7	4,17
2.	12	25	1,0	4,0			
3.	12	25	1,0	4,0			
4.	12	25	1,0	4,8			
1.	12	30	1,0	6,4	6,4	65,0	6,5
2.	12	30	1,0	6,4			
3.	12	30	1,0	6,4			
4.	12	30	1,0	6,4			
1.	12	35	1,0	7,6	7,4	75,2	7,5
2.	12	35	1,0	7,6			
3.	12	35	1,0	7,6			
4.	12	35	1,0	7,6			

It is remarkable that for all 4 types of experiments there is a direct correlation of quantity of evaporated water with its temperature. Thus, the higher temperature of water, the straight line is closer to the abscissa axis characterizing quantitative parameters of liquid.

Experimental works to define the degree of evaporation on the water taken from the «Koshkar-

Ata» tailings pond were carried out according to the developed method on the above-mentioned device. Meanwhile, as in the case of distilled water, we took the same temperature regimes (+20, +25, +30 и +35)°C. Experimental works to define the degree of evaporation on the water taken from the «Koshkar-Ata» tailings pond were carried out according to the developed method on the above-mentioned device.

**Figure 3** – Evaporation dynamics of distilled water over time as a function of air temperature

Meanwhile, as in the case of distilled water, we took the same temperature regimes (+20, +25, +30 и +35)°C.

The obtained data on water evaporation of the tailings pond are presented in the table 3.

The graphical dynamics of water evaporation of the tailings dump «Koshkar-Ata» depending on the temperature is shown in Figure 4.

It can be clearly seen that for all four types of experiments there is a direct dependence of the evaporation of water on the temperature of the environment. The higher the water temperature,

the more the straight line approaches the abscissa axis characterizing quantitative indices of water evaporation [9]. It is established that when the outside air temperature in the “pond” of the tailings pond is within 28-30°C and 70% air humidity, the amount of moisture evaporated is 200 g/m² an hour.

Comparing the results on evaporation of distilled water and Koshkar-Ata tailings pond water and dynamic dependence of evaporation on temperature (Fig. 4,5) it is seen that evaporation rate practically does not depend much on temperature.

Table 3 – Experimental results on quantitative water evaporation of the «Koshkar-Ata» tailings dump at elevated temperatures and over time

№ experience	Air temperature, °C	Water temperature, °C	Evaporation time, day.	Quantity of evaporated water, dm ³ /day.	Average water evaporation, dm ³ /day	Specific water evaporation from the surface dm ³ /m ² day	Degree of water evaporation per day, %
1.	12	20	1,0	2,8	3,12	31,7	3,17
2.	12	20	1,0	3,6			
3.	12	20	1,0	3,2			
4.	12	20	1,0	3,2			
1.	12	25	1,0	3,6	4,1	41,7	4,17
2.	12	25	1,0	4,0			
3.	12	25	1,0	4,4			
4.	12	25	1,0	4,4			
1.	12	30	1,0	6,4	6,3	64,0	6,4
2.	12	30	1,0	6,0			
3.	12	30	1,0	6,4			
4.	12	30	1,0	6,4			
1.	12	35	1,0	7,5	7,575	77,0	7,7
2.	12	35	1,0	7,6			
3.	12	35	1,0	7,6			
4.	12	35	1,0	7,6			

Particular evaporation for both variants differs very little at the same temperature. For instance, at temperature +25°C specific evaporation of distilled water from the surface is 41,7 dm³/m²·day, and water from the tailings pond also 41,7 dm³/m²·day, and at a temperature of +30 °C these data are consequently 65,0 dm³/m²·day. and 64,0 dm³/m²·day. As for the water from the «Koshkar-Ata» tailings dump, there is also a direct dependence of water evaporation on temperature, regardless of the content of mineral salts [9].

According to the above data, the average annual air temperature of the regions of Mangyshlak oblast is +9,05°C [10]. It was necessary to determine the average level of evaporation of Koshkar-Ata tailings dump water at air temperature and water temperature equal to +9°C. Since such air temperature was established in the room where experimental works were carried out, we carried out the following preparatory operations for the experiment. Water from the «Koshkar-Ata» tailings pond was placed in the device (Figure 2)

up to the «zero mark» (total volume of 30,0 dm³), and then disconnected the relay of the contact thermometer. Two coils connected to the thermostat were lowered into the tank of the device and the water temperature was set to +9°C. Air flow was carried out by exhaust ventilation and fan. The observation data of the above experiment are given in table 4 and the corresponding graphs are plotted (Fig. 6). Proceeding from data of table 2, average

evaporation level of «Koshkar-Ata» tailing pond water at air and water temperature equal to + 9°C (ΔH_{av}) is 0,3 cm. Conventional transfer of this result to the annual time, the fall of the average annual water level ($\Delta H_{av.y}$) is:

$$\begin{aligned} \Delta H_{av.year} &= 0,3 \text{ mm} \cdot 365 \text{ days} = \\ &= 109,5 \text{ mm/y} = 1,095 \text{ m/y.} \end{aligned}$$

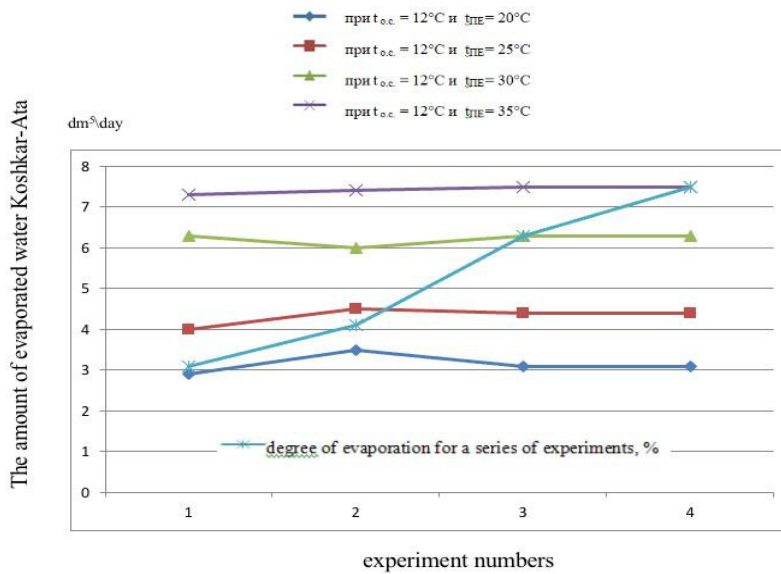


Figure 4 – Dependence of quantitative evaporation of tailings pond water

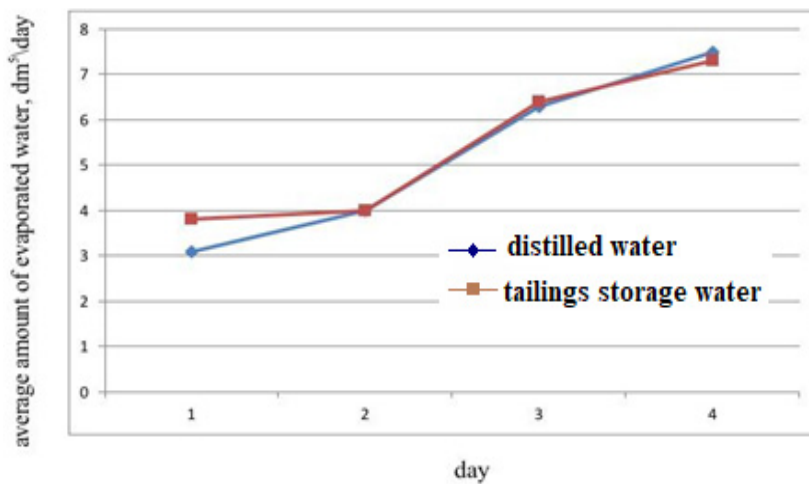
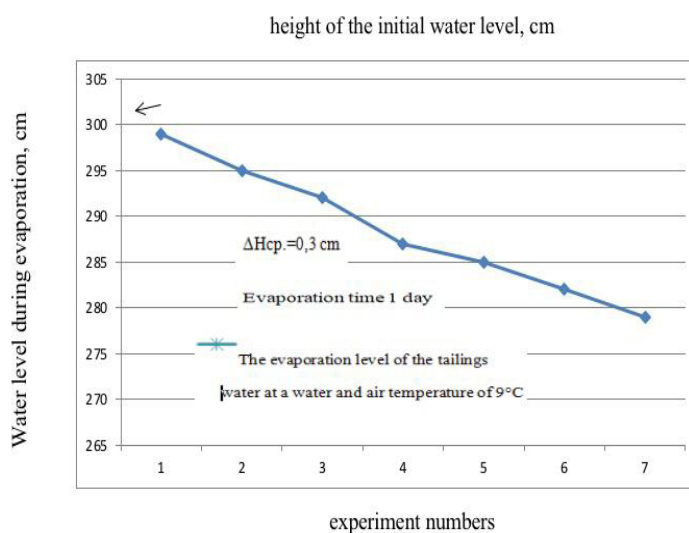


Figure 5 – Average amount of evaporated water of the tailings pond

Table 4 – Findings of the dependence of the level of evaporation of the tailings dam water on the air temperature, water equal to +9°C, and time

№ experience	Air temperature, °C	Water temperature, °C	Height of initial water level, cm	Evaporation time, day.	Height of water level, cm	Average water evaporation, dm ³ /day
1.	9,0	9,0	300	1,0	298	0,2
2.	9,0	9,0		1,0	295	0,3
3.	9,0	9,0		1,0	292	0,3
4.	9,0	9,0		1,0	288	0,4
5.	9,0	9,0		1,0	285	0,3
6.	9,0	9,0		1,0	282	0,3
7.	9,0	9,0		1,0	279	0,3
						$\Delta H_{av.}=0,3$ cm


Figure 6 – Level of evaporation per day at equal temperatures of the tailings pond water and the environment

Conclusion

In this way based on calculations for the last fifteen years, the value of water lost to evaporation and filtration in the settling pond of

the tailings pond “Koshkar-Ata” is 1.201 m/year. Approximately 9-10% of the overall losses can be assumed to be filtration water, then these losses by height will be 0.106 m, i.e. 8.8% of the total level of losses.

References

1. Kenzhetaev G.Zh., Berdisugirova I.I., Kartbaj A.S., Nurlybaeva S.B. Ispareniya toksichnyh vod i vliyaniya tekhnogennogo ob»ekta na pribrezhnuyu zonu kaspিয়া. // Ekologicheskij monitoring. http://www.rusnauka.com/40_OINBG_2014/Ecologia/6_183640.doc.htm
2. Kondrat'ev K.Ch. Prirodnye i antropogennye izmeneniya klimata. -M.: VINITI, 1986. – 349 s.
3. Abakumova G.M. Tendencii mnogoletnih izmenenij prozrachnosti atmosfery, oblachnosti, osadkov, i al'bedo podstilayushchej poverhnosti v Moskve // Meteorologiya i gidrologiya. – 2010. – №9 – S. 51-62.

4. Vorgina S.O. Ob izmeneniyah klimaticheskih harakteristik i ih vliyaniy na vodoemy // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 1995. – №2, – S. 91-100.
5. Efimova N.A., Strokina L.A., Bajkova I.M., Malkova I.V. Izmeneniya temperatury vozduha i vlazhnosti na territorii byvshego SSSR // Meteorologiya i gidrologiya. – 1994. – №6.- S. 66- 69.
6. Metody izucheniya i rascheta vodnogo balansa.- Leningrad gidrometeoizdat, 1981 – 394s.
7. Chunhyung Cho Study on Rainfall Infiltration Into Vault of Near-surface Disposal Facility Based on Various Disposal Scenarios. Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology Vol.19 No.4 October 12, 2021. pp.503-515 Mijin Kwon, Hyungoo Kang, DOI : <https://doi.org/10.7733/jnfcwt.2021.042> ISSN : 1738-1894 (Print) ISSN : 2288-5471(Online)
8. Preparation and Consideration of Sample Collection in Undeclared Areas for Denuclearization Verification. Dong Yeong Kim1, Giyoon Kim1, Jun Lee1, Kyung Taek Lim1, Heejun Chung1, Jihye Seo2, Myungsoo Kim1 Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology Vol.19 No.4. November 26, 2021 pp.479-489 . ISSN: 1738-1894 (Print) ISSN : 2288-5471(Online).
9. Review on Methods of Hydro-Mechanical Coupled Modeling for Long-term Evolution of the Natural Barriers. Chae-Soon Choi1, Yong-Ki Lee1, Sehyeok Park2, Kyung-Woo Park1 //Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology Vol. No. pp.3-13
10. Polyakova S.E. Osobennosti vnutri sutochnogo pritoka pryamoj solnechnoj radiacii v iyule na territorii Kazahstana // Meteorologiya i gidrologiya v Kyrgyzstane. – Bishkek: Kyrgyzsko-Rossiiskij Slavyanskij universitet. – 2012. – Vyp. 2. – S. 80-86.

Авторлар туралы мәлімет:

Нурбаева Фарида Куантхановна – техника ғылымдарының кандидаты, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті «Экология және геология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Ақтау, Қазақстан, электрондық пошта: farida.nurbayeva@yu.edu.kz)

Серікбаева Ақмарал Қабылбековна (корреспондентный автор) – техника ғылымдарының кандидаты, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Экология және геология кафедрасының профессоры (Ақтау, Қазақстан, email: akmaral.serikbayeva@yu.edu.kz)

Абдибаттаева Марал Мауленовна – техника ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Турақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының доценті (Алматы, Қазақстан, email: maral7676@mail.ru)

Үйсимбаева Жанар Тлеукуловна (корреспонденттік автор) – техника ғылымының кандидаты, “М.Х.Дуллати атындағы Тараз өңірлік университеті” КЕ АҚ, “Экология және тіршілік қауіпсіздігі” кафедрасының доценті (Тараз, Қазақстан, email: zhanara_mm@mail.ru)

Information about authors:

Nurbayeva Farida – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of the Caspian University of technology and engineering named after Sh. Yessenov, Associate Professor of the Department of Ecology and Geology (Aktau, Kazakhstan, e-mail: farida.nurbayeva@yu.edu.kz)


Serikbayeva Akmaral Kabyzbekovna (corresponding author) – Candidate of technical sciences, Professor of the Department of Ecology and geology of the Caspian University of technology and engineering named after Sh. Yessenov (Aktau, Kazakhstan, email: akmaral.serikbayeva@yu.edu.kz)

Abdibattayeva Maral Maulenovna – Doctor of technical sciences, Associate professor of the UNESCO Department for Sustainable Development, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: maral7676@mail.ru)

Zhanar Tleukulovna Uisimbayeva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Life Safety at the M. H. Dulati Taraz Regional University (Taraz, Kazakhstan, email: zhanara_mm@mail.ru)

Поступила 15 июня 2023 года

Принята 25 марта 2024 года

N.Zh. Omirbekova¹ , A.Zh. Omirbek² , A.K. Sviderskiy³ ,
Y. Ibrayeva¹ , Zh. Zhanbolat¹ , A. Kaziyev¹ , A.I. Arislanova^{2*} 

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

² Competence Center for Environmental Technologies, Kazakhstan, Pavlodar

³ Zhezkazgan Baikonurov University, Kazakhstan, Zhezkazgan

*e-mail: asem.arislanova@mail.ru

EFFECTIVENESS OF THE DENITE®CR FOR BIOLOGICAL RECULTIVATION OF HEAVY METALS CONTAMINATED SOIL

It is known that heavy metals have high biological activity, ability to bioaccumulate and move along food chains. In this regard, plants that directly absorb heavy metals from the soil play an important role in their accumulation and delivery to the human body, which poses a huge threat to human health.

At the Department of Genetics and Molecular Biology, Kazakh National University. Al-Farabi carried out comprehensive studies to study the effect of cadmium chloride (CdCl₂) and heavy metal immobiliser Denite®CR on two varieties of soft wheat: Kazakhstanskaya-19 and Samgau. The studies were carried out at the cellular, tissue and organism levels. The object was 14-day-old seedlings of two varieties. The work used cytogenetic, botanical, histological methods, morphometry, biochemistry and biostatistics.

The paper shows that Denite®CR: (i) reduces the toxic effect of cadmium on cell division of the root system, restores the values of the mitotic index, almost to control values; the binding of cadmium ions contributed to the adaptation of wheat plants to growth in soil contaminated with cadmium at a concentration five times higher than the Maximum allowed concentration; (ii) statistically significantly increases the thickness of the primary root coat up to 31.89% with neutralization of Cd (Maximum allowed concentration + Denite).

Key words: heavy metals, immobilisation, toxic effect, reclamation, disturbed lands.

Н.Ж. Өмірбекова¹, А.Ж. Өмірбек², А.К. Свидерский³,
Е. Ыбыраева¹, Ж. Жанболат¹, Ә. Қазиев¹, Ә.І. Арисланова^{2*}

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

² Экологиялық технологиялар қузыретті орталығы, Қазақстан, Павлодар қ.

³Ө.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Қазақстан, Жезқазған қ.

*e-mail: asem.arislanova@mail.ru

Ауыр металдармен ластанған топырақты биологиялық тазарту үшін Denite®CR иммобилизаторының тиімділігін зерттеу

Ауыр металдардың биологиялық белсенділігі жоғары, биожинақтау және қоректік тізбектер бойымен қозғалу қабілеті бар екені белгілі. Осыған байланысты ауыр металдарды топырақтан тікелей сіңіретін өсімдіктер олардың жиналып, адам ағзасына жеткізілуінде маңызды рөл атқарады, бұл адам денсаулығына үлкен қауіп төндіреді.

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ генетика және молекулалық биология кафедрасында жұмсақ бидайдың екі сортына: Казахстанская-19 және Самгау сорттарына кадмий хлориді тұзы (CdCl₂) және ауыр металл иммобилизаторы Denite®CR әсерін зерттеу бойынша кешенді зерттеулер жүргізді. Зерттеулер жасушалық, тіндік және ағзалық деңгейде жүргізілді. Нысан екі сорттың 14 күндік өскіндері болды. Жұмыста цитогенетикалық, ботаникалық, гистологиялық әдістер, морфометрия, биохимия және биостатистика қолданылды.

Denite®CR: (i) тамыр жүйесінің жасушаларының бөлінуіне кадмийдің уытты әсерін төмендете отырып, өсімдік жасушаларының жалпы тіршілігінің негізгі көрсеткіші – митоздық индекс мәндерін қалпына келтіретіні жұмыста дәлелденді. дерлік мәндерді басқаруға; кадмий иондарының байланысуы бидай өсімдіктерінің максималды рұқсат етілген концентрациядан 5 есе жоғары концентрацияда кадмиймен ластанған топырақта өсуге бейімделуіне ықпал етті; (ii) Cd (максималды рұқсат етілген концентрация + Denite®CR) бейтараптандыру кезінде бастапқы түбір қабығының қалыңдығын статистикалық түрде 31,89%-ға дейін арттырады.

Түйін сөздер: ауыр металдар, иммобилизация, токсикалық әсер, мелиорация, бұзылған жерлер.

Н.Ж. Омирбекова¹, А.Ж. Омирбек², А.К. Свидерский³,
Е. Ибраева¹, Ж. Жанболат¹, А. Казиев¹, А.И. Арисланова^{2*}

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

² Центр компетенций по экологическим технологиям, Казахстан, г. Павлодар

³ Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Казахстан, г. Жезказган

*e-mail: asem.arislanova@mail.ru

Исследование эффективности иммобилизатора Denite®CR для биологической рекультивации загрязненной тяжелыми металлами почвы

Известно, что тяжелые металлы имеют высокую биологическую активность, способность к биоаккумуляции и перемещению по пищевым цепям. В связи с этим, важную роль в их накоплении и доставке в организм человека играют растения, непосредственно поглощающие тяжелые металлы из почвы, что представляет огромную угрозу для здоровья человека.

На Кафедре генетики и молекулярной биологии КазНУ им. аль-Фараби проведены комплексные исследования по изучению влияния соли хлористого кадмия ($CdCl_2$) и иммобилизатора тяжелых металлов Denite®CR на два сорта мягкой пшеницы: Казахстанская-19 и Самгау. Исследования проведены на клеточном, тканевом и организменном уровнях. Объектом служили 14-дневные проростки двух сортов. В работе применяли цитогенетические, ботанические, гистологические методы, морфометрии и биостатистики.

В работе установлено, что Denite®CR: (i) снижая токсическое влияние кадмия на деление клеток корневой системы, восстанавливает значения митотического индекса, практически до контрольных значений; связывание ионов кадмия способствовало приспособлению растений пшеницы к росту в почве, загрязненной кадмием в концентрации, в пять раз превышающей предельно допустимую концентрацию; (ii) статистически достоверно увеличивает толщину первичной оболочки корней до 31,89% при нейтрализации Cd (предельно допустимую концентрацию + Denite®CR).

Ключевые слова: тяжелые металлы, иммобилизация, токсическое действие, рекультивация, нарушенные земли.

Introduction

Heavy metals have a negative impact on human life and health. Which is aggravated by their ability to accumulate in body tissues due to the cumulative effect [1,2]. One of these metals is cadmium and its salts, which have no physiological functions in the human body. The toxicity of cadmium is manifested, among other things, in promoting the development of cancer, osteoporosis, liver disease, kidney disease, etc [3–5].

This is especially important for some areas of Kazakhstan, where high levels of cadmium are noted, usually around industrial cities, metallurgical, chemical and other enterprises [6].

As a result, the legislation of different countries has taken measures to monitor, regulate, and reduce emissions of cadmium and its salts into the environment [7]. Despite the fact that there is positive experience in reducing the concentration of heavy metals as a result of the introduction of such regulations as, for example, the maximum permissible content of cadmium in food products [8], more and more of these chemical compounds continue to be emitted by various industrial enterprises, cars and other sources of emissions into the environment [9,10].

In this regard, there is a need to reduce the concentration of cadmium and its salts in the environment. The main methods for achieving this goal are, firstly, the reduction of cadmium emissions, and secondly, the neutralization of cadmium already accumulated in the environment. The latter includes immobilization of cadmium in soil by means of special chemicals, for example, Denite®CR [11].

The purpose of this study was to determine the efficiency of binding of cadmium salt ($CdCl_2$) by Denite®CR through the use of indicators of plant seedlings sensitive to pollution (bread wheat), which are a clear indicator of environmental pollution [12], provided that the level of pollution does not exceed the maximum extreme points (according to the corresponding indicator of tolerance to cadmium).

Materials and Methods

Study design

In this study, cadmium chloride salt ($CdCl_2$) was used as a cadmium compound simulating soil cadmium contamination. This choice is justified by the increased toxicity of this compound compared to pure cadmium [13].

To fulfill the purpose of the study, the experiment was divided into one control (C) and four experimental variants:

(C) Control – blank soil (no treatment).

Adding of 0.5 mg/kg of CdCl₂ (equivalent of one Maximum allowed concentration (MAC) to soil [14].

Adding of 2.5 mg/kg CdCl₂ (equivalent of five MAC) to soil.

Adding of 0.5 mg/kg of CdCl₂ and 30 g/kg of Denite®CR to soil.

Adding of 2.5 mg/kg of CdCl₂ and 30 g/kg of Denite®CR to soil.

This division into five variants of three replicates is necessary to establish the effect of CdCl₂ on wheat seedlings (compared to the control), and to determine whether Denite®CR is able to immobilize CdCl₂ by binding it.

The objects of study of the effects of these chemical treatments were seedlings of two Kazakh wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) – Samgau and Kazakhstanskaya-19. Adding of CdCl₂ into soil was carried out prior to sowing wheat seeds. The study of the influence of the treatments was carried out on the 14th day after seed germination.

Mitotic index

To study the effect of CdCl₂ on wheat seedlings, their indicators were used. The first indicator of the condition of the seedlings was cell division of the root meristem. It was studied by determining the mitotic index (MI). The MI is determined by the number of dividing cells at all stages of mitosis – in prophase, metaphase, anaphase and telophase:

$$M = \frac{P + M + A + T}{I + P + M + A + T} = 100 \%$$

where:

M – mitotic index

P – prophase

M – metaphase

A – anaphase

T – telophase

I – interphase

Anatomical structure of plants

In addition to MI, morphometric indicators of the internal anatomical structure of wheat seedlings leaves and roots served as indicators in this study. The study of morphometric indicators

of leaves was carried out according to the following indicators:

- the thickness of the lower and upper epidermis of the leaves

- the thickness of the leaf blade itself

- general area of conductive vessels

- area of conducting xylem vessels.

When studying the effect of cadmium ions on the anatomical structure of the roots the following indicators were considered:

- the thickness of the primary root membrane

- thickness of the endoderm (inner cortex)

- diameter of the central cylinder

- area of xylem.

Results and Discussion

Effect of CdCl₂ and CdCl₂ + Denite®CR on cell division activity (MI) of plant root meristem

In the Control of Samgau variety, the MI index was 73.54% (Table 1). Introduction of CdCl₂ at a concentration of one MAC reduced MI to 58.34%, and at five MAC – to 55.24%. Therefore, CdCl₂ reduces the cell division activity of the wheat root system by 20.67% at concentration of one MAC and by 24.89% at concentration of five MAC.

Introduction of CdCl₂ caused severe decrease of MI in wheat seedlings cells. However, the application of Denite®CR neutralized this negative effect. Denite®CR increased MI to 71.26% at a soil cadmium concentration of one MAC and to 70.85% at a cadmium concentration of five MAC.

Mitotic index of control seedlings of wheat variety Kazakhstanskaya-19 was 80.12% (Table 2), being slightly higher than that of Samgau variety. Mitotic index of control seedlings of wheat variety Kazakhstanskaya-19 was 80.12% (Table 2), being slightly higher than that of Samgau variety. The concentration of CdCl₂ at one MAC reduced MI to 65.32%, and the concentration of CdCl₂ at five MAC to 56.94%.

The introduction of CdCl₂ into the soil had a negative effect on the MI of plant roots, cell division decreased by 18.48% at a cadmium concentration of one MAC and to 28.94% at five MAC of cadmium.

Similar to the Samgau variety the treatment of cadmium-contaminated soil with the Denite®CR immobilizer led to an increase in MI almost to the control values: at one MAC mitotic index was 79.10%, at five MAC – 77.46%.

Table 1 – Effect of Cadmium Chloride and immobiliser Denite®CR on the Mitotic Index of Samgau wheat

Experiment	The number of cells in the stages of division (mitosis)				Interphase	Mitotic Index, %
	prophase	metaphase	anaphase	telophase		
Blank (Control)	370	375	369	372	534	73.54
Cd 1 MAC	255	249	256	255	724	58.34
Cd 5 MAC	165	145	164	163	516	55.24
Cd 1 MAC + Denite®CR	285	279	283	284	456	71.26
Cd 5 MAC + Denite®CR	261	275	269	267	441	70.85

Table 2 – Effect of Cadmium Chloride and immobiliser Denite®CR on the Mitotic Index of Kazakhstanskaya-19 wheat

Experiment	The number of cells in the stages of division (mitosis)				Interphase	Mitotic Index, %
	prophase	metaphase	anaphase	telophase		
Blank (Control)	361	365	363	362	360	80.12
Cd 1 MAC	224	211	212	218	459	65.32
Cd 5 MAC	158	127	157	155	451	56.94
Cd 1 MAC + Denite®CR	260	265	269	268	280	79.10
Cd 5 MAC + Denite®CR	276	268	271	269	315	77.46

Effect of CdCl₂ and CdCl₂ + Denite®CR on the anatomical structure of leaves and roots of wheat Samgau

Cadmium Chloride at a concentration of one MAC and five MAC had a statistically significant effect on the thickness of the lower and upper ep-

idermis, and are of xylem vessels of Samgau variety (Table 3). Thus, the experimental variants with CdCl₂ at one MAC + Denite®CR and at five MAC + Denite®CR statistically significantly increased the area of xylem vessels by 25.0% and 10.0%, relative to the Control.

Table 3 – Effect of Cadmium Chloride and Denite®CR on the Morphometric Indices of the Internal Anatomical Structure of Samgau wheat leaves

Experiment	Leaf epidermis thickness, µm		The thickness of the leaf blade, µm	Area of conductive vessels, x10 ⁻³ mm ²	Area of xylem vessels, x10 ⁻³ mm ²
	upper	lower			
Blank (Control)	24.19±0.37	21.52±0.06	217.22±4.36	44.02±2.59	2.25±0.11
Cd 1 MAC	26.21±1.28***	22.59±0.14	211.6±5.39	44.36±1.32	2.65±0.08
Cd 5 MAC	25.22±0.29***	22.53±0.14	214.85±21.69	43.57±8.67	2.70±0.065
Cd 1 MAC + Denite®CR	22.85±0.67	20.87±0.18***	187.52±4.52	46.48±4.40	2.82±0.04*
Cd 5 MAC + Denite®CR	24.29±0.31	20.08±0.48***	221.71±4.97	45.20±4.69	2.48±0.07

* – P<0.05; ** – P<0.01; *** – P<0.001 vs. blank

Variants of the experiment with the introduction of Denite®CR into the soil statistically significantly reduced the thickness of the lower epidermis. Thus, cadmium at a concentration of one MAC reduced the thickness of the lower epidermis to $20.87 \pm 0.18 \mu\text{m}$, a concentration of five MAC to $20.08 \pm 0.48 \mu\text{m}$.

Introducing of cadmium slightly affected the thickness of the leaf blade. However, the variant with CdCl_2 at one MAC + Denite®CR significantly thinned it, i.e., $187.52 \pm 4.52 \mu\text{m}$ vs $217.22 \pm 4.36 \mu\text{m}$ in Control.

The thickness of the primary root coat and endoderm significantly increases by 31.89% and 6% under the treatment of one MAC (Table 4). The

effect of different concentrations of cadmium on Samgau variety, in general, manifested in an increase in the diameter of the central cylinder, and decrease of xylem vessels' area. However, for at one MAC + Denite®CR the xylem vessels' area statistically significantly increased to $2.42 \pm 0.01 \times 10^{-3} \text{mm}^2$.

Besides the xylem vessels, this experimental variant resulted with increase of all parameters, especially the primary root coat (to $134.81 \pm 18.58 \mu\text{m}$). While CdCl_2 at five MAC + Denite®CR variant resulted with significant decrease of all parameters. For example, the thickness of the endoderm is statistically significantly reduced by 22.85%.

Table 4 – Effect of Cadmium Chloride and Denite®CR on the Morphometric Indices of the Internal Anatomical Structure of Samgau wheat root

Experiment	Thickness of the primary root coat, μm	Thickness of the endoderm, μm	Thickness of the central cylinder, μm	Area of xylem vessels, $\times 10^{-3} \text{mm}^2$
Blank (Control)	102.21 ± 3.46	18.29 ± 0.11	182.16 ± 9.77	2.17 ± 0.02
Cd 1 MAC	$118.71 \pm 4.35^*$	$19.44 \pm 0.35^{**}$	194.28 ± 2.01	1.88 ± 0.01
Cd 5 MAC	102.82 ± 2.93	18.67 ± 0.18	186.87 ± 1.12	$1.70 \pm 0.01^*$
Cd 1 MAC + enite®CR	$134.81 \pm 18.58^*$	19.97 ± 0.22	192.46 ± 7.39	$2.42 \pm 0.01^*$
Cd 5 MAC + enite®CR	$80.81 \pm 5.14^*$	$14.11 \pm 5.01^{**}$	$128.10 \pm 8.65^*$	1.01 ± 0.11

* – $P < 0.05$; ** – $P < 0.01$; *** – $P < 0.001$ vs. blank

Kazakhstanskaya-19

Just like Samgau variety, with an increase in MAC, Kazakhstanskaya-19 variety observed a gradual thickening of the lower and upper leaves epidermis (Table 5). For example, $22.31 \pm 0.15 \mu\text{m}$

for upper epidermis in control and $30.82 \pm 0.61 \mu\text{m}$ at five MAC. However, both variants of Cadmium Chloride + Denite®CR demonstrated a statistically reliable reduction in the upper epidermis of the leaf, bringing it to Control parameters.

Table 5 – Effect of Cadmium Chloride and Denite®CR on the Morphometric Indices of the Internal Anatomical Structure of Kazakhstanskaya-19 wheat leaves

Experiment	Leaf epidermis thickness, μm		The thickness of the leaf blade, μm	Area of conductive vessels, $\times 10^{-3} \text{mm}^2$	Area of xylem vessels, $\times 10^{-3} \text{mm}^2$
	upper	lower			
Blank (Control)	22.31 ± 0.15	19.14 ± 0.23	164.58 ± 0.94	48.22 ± 1.26	2.29 ± 0.06
Cd 1 MAC	22.1 ± 1.02	$20.23 \pm 0.26^{**}$	147.34 ± 6.82	44.70 ± 1.22	2.25 ± 0.07
Cd 5 MAC	30.82 ± 0.61	29.13 ± 0.28	217.32 ± 3.80	$62.64 \pm 10.06^{**}$	$3.56 \pm 0.13^*$
Cd 1 MAC + Denite®CR	$21.44 \pm 0.91^*$	$19.99 \pm 0.31^{**}$	193.31 ± 1.74	45.33 ± 1.91	$2.58 \pm 0.06^*$
Cd 5 MAC + Denite®CR	22.36 ± 0.04	20.98 ± 0.27	196.43 ± 1.52	$53.39 \pm 4.03^*$	2.42 ± 0.12

* – $P < 0.05$; ** – $P < 0.01$; *** – $P < 0.001$ vs. blank

It should be noted that the area of conductive vessels increases, at both five MAC variants were significantly higher than control, i.e., $62.64 \pm 10.06 \mu\text{m}$ at five MAC and $53.39 \pm 4.03 \mu\text{m}$ at five MAC + Denite®CR versus $48.22 \pm 1.26 \mu\text{m}$ in Control. While, at both one MAC variants these parameters were lower than the in Control.

In Kazakhstanskaya-19 experimental variants, as the cadmium content in the soil increased, an increase in the thickness of the primary root coat was observed, e.g., CdCl_2 at one MAC

$-144.73 \pm 10.54 \mu\text{m}$ versus $135.31 \pm 9.7 \mu\text{m}$ for Control (Table 6).

As for the Samgau variety, CdCl_2 at five MAC + Denite®CR variant led to a significant decrease of all parameters, except xylem vessels' area which resulted in increased to 1.99 ± 0.09 versus $1.59 \pm 0.04 \times 10^{-3} \text{mm}^2$ in Control. While variant of one MAC + Denite®CR resulted in increase of all parameters, especially the primary root coat ($151.42 \pm 3.74 \mu\text{m}$), central cylinder ($213.64 \pm 7.72 \mu\text{m}$) and area of xylem vessels ($1.88 \pm 0.03 \times 10^{-3} \text{mm}^2$).

Table 6 – Effect of Cadmium Chloride and Denite®CR on the morphometric indices of the internal anatomical structure of Kazakhstanskaya-19 wheat root

Experiment	Thickness of the primary root coat, μm	Thickness of the endoderm, μm	Thickness of the central cylinder, μm	Area of xylem vessels, $\times 10^{-3} \text{mm}^2$
Blank (Control)	135.31 ± 9.7	19.09 ± 0.22	174.21 ± 5.91	1.59 ± 0.04
Cd 1 MAC	144.73 ± 10.54	18.74 ± 0.13	194.84 ± 3.24	1.77 ± 0.01
Cd 5 MAC	146.45 ± 1.72	18.65 ± 0.81	$196.02 \pm 2.06^*$	1.79 ± 0.02
Cd 1 MAC + Denite®CR	151.42 ± 3.74	19.71 ± 0.47	213.64 ± 7.72	1.88 ± 0.03
Cd 5 MAC + Denite®CR	134.97 ± 5.18	$17.73 \pm 0.44^{**}$	162.18 ± 5.67	1.99 ± 0.09
* – $P < 0.05$; ** – $P < 0.01$; *** – $P < 0.001$ vs. blank				

Contamination of soil with cadmium and its salts negatively affects the growth and development of plants. Thus, since the mitotic index is an important predictive indicator of the overall survival of living organisms and the activity of their cell division under the influence of negative environmental factors [15,16], its decrease in wheat seedlings of both varieties in experimental variants with the introduction of cadmium compared to the control (Table 1 and 2) allows us to conclude that soil contamination with cadmium inhibits the growth and development of plants at the cellular level. The most likely explanation for the increase in MI of plant seedlings growing in soil with CdCl_2 and Denite®CR is that CdCl_2 was immobilized by Denite®CR as stated by the manufacturer [11,17].

It is also figured out that Kazakhstanskaya-19 variety is more resistant to the cadmium contamination, compared with the Samgau variety, e.g., MI = 65.32% versus MI = 58.34% at one MAC (Tables 1 and 2). However, it might be explained by the generously higher MI of Kazakhstanskaya-19 variety in control, i.e., MI = 80.12% versus MI = 73.54% (ibid.).

Another proof of the negative impact of cadmium and its salts was the reaction of plants, expressed in changes in several of their anatomical and morphological parameters in variants of the experiment with soil contaminated with CdCl_2 . Thus, thickening of the lower and upper epidermis of the leaves of both varieties was observed (Table 3 and 5). The increase in the thickness of plant integumentary tissues apparently is a protective reaction of plants to the abiotic stress caused by the toxic effect of cadmium CdCl_2 , since these organs perform a protective function for plants [18]. This protective reaction is a typical response of plants to soil contamination with heavy metals. [19]. However, in all of the above variants of the experiment with the addition of cadmium CdCl_2 + Denite®CR, these parameters returned to the Control values. This, as well as the increase in MI, can be explained by the immobilization of CdCl_2 by Denite®CR.

It is also interesting to see some parameters of the anatomical structure of leaves and roots. Thus, with the Kazakhstanskaya-19 variety, both variants of the experiment with and without a concentration of at five MAC + Denite®CR reliably increased the

area of conductive vessels in the leaves (Table 5). And also, there was an increase in the thickness of primary root coat of Kazakhstanskaya-19 variety (Table 6), and an increase in xylem vessels' area of Samgau roots' variety at one MAC + Denite®CR. As a consequence, the immobilizing abilities of Denite®CR may be questioned, or the immobilized CdCl₂ may still have toxic properties. Moreover, the decrease in all root parameters at one MAC + Denite®CR (ibid.) in both wheat varieties can be explained by the combined inhibitory effect of both Cadmium and Denite®CR, in which both varieties in the variant at low Cadmium concentration can still resist to the toxic effect of CdCl₂ and Denite®CR. With its increase they approach the upper limit of endurance and enter the pessimum zone. The mechanism of such a combined inhibitory effect remains unclear and requires further investigations.

Samgau and Kazakhstanskaya-19 varieties also demonstrated differences in anatomical structures. Thus, the differences between the area of conductive vessels in leaves in various variants of experiment at Samgau were insignificant (Table 3), while at Kazakhstanskaya-19, at five MAC and five MAC + Denite®CR variants conductive vessels were significantly higher than in Control (Table 5). This can be explained by the greater resistance of the Samgau variety, since an increase in the area of xylem vessels increases the plants' resilience to stress [20–22].

Cadmium and its compounds are easily absorbed by plants, and as a result, at their high concentrations on cultivated agricultural lands, they pose a particular danger to human health and well-being [23]. Determining the ability of Denite®CR to immobilize cadmium compounds in soils where one of the key crops that meet the energy needs of mankind grows [24, 25] is relevant.

In the future, the use of Denite®CR is possible for the immobilization of other heavy metals (for example, lead), given that the spread of cadmium pollution is associated with pollution by other heavy metals in Kazakhstan [6], which negatively affects the health of the population of these areas [26, 27].

Conclusion

Introduction of Denite®CR into the soil resulted in decrease of the toxic effect of cadmium on cell division of the root system.

Heavy metal immobilizer Denite®CR led to an increase in the synthesis of the antioxidant enzyme catalase and thus neutralized the toxic effect of CdCl₂ during the growth of wheat seedlings.

The obtained data on the study of the effect of cadmium chloride and Denite®CR immobilizer on Samgau and Kazakhstanskaya-19 varieties wheat seedlings led to the following conclusions:

It was found that Denite®CR, reducing the toxic effect of cadmium on cell division of the root meristem, restored the values of the main indicator of the overall survival of plant cells – the mitotic index, almost to Control values; the binding of cadmium ions contributed to the adaptation of wheat plants to growth in soil contaminated with CdCl₂ at a concentration up to five times higher than the maximum allowed concentration;

Introduction of Denite®CR into the Cadmium-contaminated soil statistically reliably increased the thickness of the upper and lower leaves epidermis of wheat sprouts of both varieties; showed a significant increase in the area of the conductive vessels and the diameter of the central cylinder of the roots of both varieties;

Introduction of Denite®CR into the soil contaminated by Cadmium salt at a concentration five times higher than the maximum allowed, resulted the inhibition of the development of seedling roots, without suppressing the anatomical and morphological characteristics of leaves and the mitotic index of both wheat varieties compared to the option without adding Denite®CR.

Thereby, despite the last conclusion the data obtained give grounds to believe that Denite®CR effectively immobilises cadmium ions, thereby neutralising its toxic effect on the growth and development of plants and can be recommended for use for land rehabilitation on lands contaminated with cadmium. However, the inhibitory effect of simultaneous introduction of cadmium chloride and Denite®CR into the soil requires further study.

We believe that studies of the effect of Denite®CR immobilizer on the growth and development of plants in the presence of other heavy metals, including mercury and lead, need to be continued. At the same time, the emphasis of research should be directed to the effect of the immobilizing ability of Denite®CR, on metabolism, elements of agricultural plant productivity.

References

1. Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. and Sutton, D.J. (2012) 'Heavy Metals Toxicity and the Environment', *EXS*, 101, pp. 133–164. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
2. Genchi G., Sinicropi Ms, Carocci A, Lauria G, and Catalano A (2017) 'Mercury Exposure and Heart Diseases', *International journal of environmental research and public health*, 14(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph14010074>.
3. Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A. and Catalano, A. (2020) 'The Effects of Cadmium Toxicity', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), p. 3782. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>.
4. Rana, S.V.S. (2014) 'Perspectives in Endocrine Toxicity of Heavy Metals—A Review', *Biological Trace Element Research*, 160(1), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0023-7>.
5. Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A. and Groneberg, D.A. (2006) 'The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health', *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 1(1), p. 22. Available at: <https://doi.org/10.1186/1745-6673-1-22>.
6. Madibekov, A.S. (2011) 'Assessment of heavy metal contamination of snow cover on the territory of Southern Kazakhstan', *Vestnik KazNU, Geographical series*, 2(33), pp. 39–46. (In Russian).
7. Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated August 2, 2022 No. KR DSM-70. "On approval of hygienic standards for atmospheric air in urban and rural settlements, in the territories of industrial organizations." (In Russian)
8. Ishida, M.L., Greene, V., King, T., Sheridan, R., Luker, J., Oglesby, D.V., Trodden, J. and Greenberg, J. (2022) 'Regulatory policies for heavy metals in spices – a New York approach', *Journal of Regulatory Science*, 10(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.21423/JRS-V10I1ISHIDA>.
9. Kumar, V., Parihar, R.D., Sharma, A., Bakshi, P., Singh Sidhu, G.P., Bali, A.S., Karaouzas, I., Bhardwaj, R., Thukral, A.K., Gyasi-Agyei, Y. and Rodrigo-Comino, J. (2019) 'Global evaluation of heavy metal content in surface water bodies: A meta-analysis using heavy metal pollution indices and multivariate statistical analyses', *Chemosphere*, 236, p. 124364. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124364>.
10. Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H. and Yao, X. (2020) 'Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017', *Global Ecology and Conservation*, 22, p. e00925. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00925>.
11. Taiheiyō Cement Corporation (2023a) *Chemical cleaning method for a cadmium contaminated paddy field, TAIHEIYO CEMENT*. Available at: <https://www.taiheiyō-cement.co.jp/english/rd/cd/index.html> (Accessed: 7 November 2023).
12. Omirbekova, N.Zh. (2009) 'Determination of cadmium content in the vegetative organs of bread wheat', *Vestnik KazNU, Ecological Series*, 2(25), pp. 78–83. (In Russian)
13. Sendelbach, L.E., Bracken, W.M. and Klaassen, C.D. (1989) 'Comparisons of the toxicity of CdCl₂ and Cd-metallothionein in isolated rat hepatocytes', *Toxicology*, 55, pp. 83–91.
14. Joint order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated January 30, 2004 No. 99 and the Ministry of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated January 27, 2004 No. 21-p. "On approval of the Standards for maximum permissible concentrations of harmful substances, harmful microorganisms and other biological substances that pollute the soil." (In Russian).
15. Shahid, M., Zeyad, M.T., Syed, A., Bahkali, A.H., Pichtel, J. and Verma, M. (2023) 'Assessing phytotoxicity and cyto-genotoxicity of two insecticides using a battery of in-vitro biological assays', *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 891, p. 503688. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2023.503688>.
16. Singh, N., Bansal, P. and Srivastava, A. (2021) 'Effect of glyphosate on morphological, physiological and mitotic parameters of *Vigna radiata* varieties IPM 02-03 and IPM 02-14', *Brazilian Journal of Botany*, 44(4), pp. 837–847. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40415-021-00766-0>.
17. Taiheiyō Cement Corporation (2023b) *What Is DENITE?, TAIHEIYO CEMENT*. Available at: https://www.taiheiyō-cement.co.jp/english/service_product/denite/p1.html (Accessed: 7 November 2023).
18. Zuch, D.T., Doyle, S.M., Majda, M., Smith, R.S., Robert, S. and Torii, K.U. (2022) 'Cell biology of the leaf epidermis: Fate specification, morphogenesis, and coordination', *The Plant Cell*, 34(1), pp. 209–227. Available at: <https://doi.org/10.1093/plcell/koab250>.
19. Karabourniotis, G., Liakopoulos, G., Nikolopoulos, D. and Bresta, P. (2020) 'Protective and defensive roles of non-glandular trichomes against multiple stresses: structure–function coordination', *Journal of Forestry Research*, 31(1), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01034-4>.
20. Cornelis, S. and Hazak, O. (2022) 'Understanding the root xylem plasticity for designing resilient crops', *Plant, Cell & Environment*, 45(3), pp. 664–676. Available at: <https://doi.org/10.1111/pce.14245>.
21. Gori, A., Moura, B.B., Sillo, F., Alderotti, F., Pasquini, D., Balestrini, R., Ferrini, F., Centritto, M. and Brunetti, C. (2023) 'Unveiling resilience mechanisms of *Quercus ilex* seedlings to severe water stress: Changes in non-structural carbohydrates, xylem hydraulic functionality and wood anatomy', *Science of The Total Environment*, 878, p. 163124. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163124>.
22. Hájíčková, M., Plichta, R., Volařík, D., Urban, J., Matoušková, M. and Gebauer, R. (2023) 'Xylem function and leaf physiology in European beech saplings during and after moderate and severe drought stress', *Forestry: An International Journal of Forest Research*, p. cpad032. Available at: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad032>.
23. Nadirov, N.K., Kotova A.V., Kamyanov V.F., Aleshin G.N., Solodukhin V.P., Bakirova S.F., Glukhov G.G., and Koryabina N.M. . (1984) Metals in oils. Almaty: *Science* (In Russian).

24. Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T.T. and Erenstein, O. (2021) 'Food Security and the Dynamics of Wheat and Maize Value Chains in Africa and Asia', *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009>.
25. El-Sohl, M.A., Jason D. Zurn, Gemma Molero, Pawan Singh, Xinyao He, Meriem Aoun, Philomin Juliana, Harold Bockleman, Mike Bonman, Mahmoud (2018) 'The role of wheat in global food security', in *Agricultural Development and Sustainable Intensification*. Routledge.
26. Kenzhalin, Zh.Sh., Karimov, M.A., Doskeeva, R.A. and Kostyuk, T.P. (2009) 'The incidence of malignant tumors in the East Kazakhstan region and environmental pollution with carcinogenic heavy metals', *Medicine and Ecology*, 2 (51), pp. 35–38. (In Russian).
27. Nurmadiyeva, G.T. and Zhetpisbaev, B.A. (2018) 'The impact of the ecosystem on human health in industrialized regions of Kazakhstan. Literature Review', *Science and Health*, (4), pp. 107–132. (In Russian)

Авторлар туралы мәлімет:

Өмірбекова Наргүл Жаппарқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің молекулярлық биология және генетика кафедрасының биология ғылымдарының докторы, доценті (Алматы, Қазақстан, эл. почта: nariko21@mail.ru)

Өмірбек Ахан Жаппарұлы – техника ғылымдарының кандидаты, Экологиялық технологиялар күзiреттiлiк орталығы, директор (Павлодар, Қазақстан, email: adya.zamallka@mail.ru)

Свидерский Александр Константинович – химия ғылымдарының докторы, Ө.А.Байқоңыров атындағы Жезқазған университетінің доценті, ғылым және стратегиялық даму проректоры. (Жезқазған, Қазақстан, email: katsostud@mail.ru)

Ибраева Еркеназ Әбубәкірқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің молекулярлық биология және генетика кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: erke070800@mail.ru)

Жанболат Жарықгул – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің молекулярлық биология және генетика кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: zharykgul59@gmail.com)

Қазиев Әліби – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің молекулярлық биология және генетика кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: alibilife228@gmail.com)

Арисланова Әсем Избасарқызы (корреспондент авторы)– техника ғылымдарының кандидаты, Экологиялық технологиялар күзiреттiлiк орталығы, сарапшысы (Павлодар, Қазақстан, email: asem.arislanova@mail.ru)

Information about authors:

Omirebekova Nargul Zhapparovna – Doctor of Biological Sciences, Associated at Department of Molecular Biology and Genetics of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: nariko21@mail.ru)

Omirebek Ahan Zhapparuly – Candidate of Technical Sciences, Competence Center for Environmental Technologies, Director (Pavlodar, Kazakhstan, email: adya.zamallka@mail.ru)

Sviderskiy Alexandr Konstantinovich – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Zhezkazgan University named after OA Baikonurov, Vice-Rector for Science and Strategic Development. (Zhezkazgan, Kazakhstan, email: katsostud@mail.ru)

Ibrayeva Yerkenaz – master's student Professor at Department of Molecular Biology and Genetics of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: erke070800@mail.ru)

Zhanbolat Zharykgul – master's student at Department of Molecular Biology and Genetics of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: zharykgul59@gmail.com)

Kaziyev Alibi – master's student at Department of Molecular Biology and Genetics of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: alibilife228@gmail.com)

Arislanova Asem Izbasarovna (corresponding author) – Candidate of Technical Sciences, Competence Center for Environmental Technologies, expert (Pavlodar, Kazakhstan, email: asem.arislanova@mail.ru)

Received November 03, 2023

Accepted March 25, 2024

B.U. Sharipova^{1*}, **A.A. Kakabayev¹**, **N.V. Baranovskaya²**,
G.E. Baikenova¹, **A.A. Zhumabayeva¹**

¹Sh.Ualikhhanov Kokshetau University, Kazakhstan, Kokshetau

²Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

*e-mail: oralovna82@mail.ru

ELEMENTAL COMPOSITION OF THE ASH OF POPLAR LEAVES AS AN INDICATOR OF TECHNOGENESIS ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF SOUTH KAZAKHSTAN

One of the most important problems facing the community is the progressive pollution of the environment by technogenic factors. To obtain a general picture of pollution and the degree of impact on the environment, an integrated approach is required when studying the ecological state of the territory of Southern Kazakhstan. The article presents original data on the ecological and geochemical characteristics of the distribution of chemical elements in the ash of leaves of pyramidal poplar (*Populus nigra f. pyramidalis*), since this substrate accumulates pollutants from the environment. Analytical studies were carried out in the laboratory of Tomsk Polytechnic University using the INAA method (instrumental neutron activation analysis). Statistical parameters showed that Ca, Rb, Sr have a normal distribution, uneven distribution is typical for: As, Ag, Nd, Tb, Yb, Cr, Br, Sb, Cs, Ba, Sm, Eu, Lu, Ta, Au. The conducted cluster analysis showed 7 significant associations of chemical elements. In order to identify regional specifics, geochemical series were built relative to the clark of the noosphere, the relative average composition of living matter and literature data. The results of the analysis showed that the specific elements in the ashes of the pyramidal poplar leaves collected in the territory of South Kazakhstan are Na, Ca, As, Sr, Ag, Sb, Ba, Ta, U.

Key words: elemental composition, South Kazakhstan, bioindicator, pyramidal poplar leaf ash (*Populus nigra f. pyramidalis*), instrumental neutron activation analysis.

Б.О. Шәріпова^{1*}, Ә.А. Қақабаев¹, Н.В. Барановская²,
Г.Е. Байкенова¹, А.А. Жұмабаева¹

¹Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Қазақстан, Көкшетау қ.

²Томск политехникалық университеті, Ресей, Томск қ.

*e-mail: oralovna82@mail.ru

Оңтүстік Қазақстан территориясының мысалында техногенездің көрсеткіші ретіндегі терек жапырақтар күлінің элементті құрамы

Қоғам алдында тұрған маңызды мәселелердің бірі – қоршаған ортаның техногендік факторлармен үдемелі ластануы. Ластанудың жалпы көрінісін және қоршаған ортаға әсер ету дәрежесін алу үшін Оңтүстік Қазақстан аумағының экологиялық жағдайын зерттеу кезінде кешенді тәсіл қажет. Мақалада пирамидалық терек (*Populus nigra f. pyramidalis*) жапырақтарының күліндегі химиялық элементтердің таралуының экологиялық және геохимиялық сипаттамалары туралы түпнұсқа деректер келтірілген, өйткені бұл субстрат қоршаған ортадан ластаушы заттарды жинайды. Аналитикалық зерттеулер Томск политехникалық университетінің зертханасында INAA әдісімен (нейтронды активтендірудің аспаптық талдауы) қолданылды.

Статистикалық параметрлер Ca, Rb, Sr қалыпты таралуын көрсетті, біркелкі емес таралу: As, Ag, Nd, Tb, Yb, Cr, Br, Sb, Cs, Ba, Sm, Eu, Lu, Ta, Au элементтеріне тән. Жүргізілген кластерлік талдау химиялық элементтердің 7 маңызды ассоциациясын көрсетті. Аймақтық ерекшеліктерді анықтау үшін кларк ноосферасына, тірі заттың салыстырмалы орташа құрамы мен әдебиет деректеріне қатысты геохимиялық қатарлар салынды. Талдау нәтижесі Оңтүстік Қазақстан аумағында жиналған пирамидалық терек жапырақтарының күліндегі ерекше элементтер Na, Ca, As, Sr, Ag, Sb, Ba, Ta, U екенін көрсетті.

Түйін сөздер: элементтік құрамы, Оңтүстік Қазақстан, биоиндикатор, пирамидалық терек жапырақ күлі (*Populus nigra f. pyramidalis*), нейтронды активтендірудің аспаптық талдауы.

Б.У. Шарипова^{1*}, А.А. Какабаев¹, Н.В. Барановская²,
Г.Е. Байкенова¹, А.А. Жумабаева¹

¹Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан, г. Кокшетау

²Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

*e-mail: oralovna82@mail.ru

Элементный состав золы листьев тополя как индикатора техногенеза на примере территории Южного Казахстана

Одной из важнейших проблем, стоящих перед сообществом, является прогрессирующее загрязнение окружающей среды техногенными факторами. Для получения, общей картины загрязнения и степени воздействия на окружающую среду, необходим комплексный подход при изучении экологического состояния территории Южного Казахстана. В статье приведены оригинальные данные об эколого-геохимической характеристике распределения химических элементов в золе листьев тополя пирамидального (*Populus nigra f. pyramidalis*), так как данный субстрат аккумулирует в себе загрязнения из окружающей среды. Аналитические исследования проведены в лаборатории Томского политехнического университета методом ИНАА (инструментальный нейтронно-активационный анализ). Статистические параметры показали, что Ca, Rb, Sr имеют нормальное распределение, неравномерное распределение характерно для: As, Ag, Nd, Tb, Yb, Cr, Br, Sb, Cs, Ba, Sm, Eu, Lu, Ta, Au. Проведенный кластерный анализ показал 7 значимых ассоциаций химических элементов. С целью выявления региональной специфики были построены геохимические ряды относительно кларка ноосферы, относительного среднего состава живого вещества и литературных данных. Результаты анализа показали, что специфичными элементами в золе листьев тополя пирамидального собранного на территории Южного Казахстана являются Na, Ca, As, Sr, Ag, Sb, Ba, Ta, U.

Ключевые слова: элементный состав, Южный Казахстан, биоиндикатор, зола листьев тополя пирамидального (*Populus nigra f. pyramidalis*), инструментальный нейтронно-активационный анализ.

Introduction

Environmental pollution is a major problem of the modern world. Natural and anthropogenic factors negatively affect the state of ecosystem components, causing an urgent need to monitor and assess the quality of the natural environment. A special role is played by contamination of atmospheric air and changes in its chemical composition in connection with developed processes of technogenesis, which is the most important risk factor for human health. For example, trace elements coming from industrial enterprises are persistent and widely dispersed in the environment. They interact with various natural components and have a toxic effect on the biosphere. They are emitted into the urban atmosphere as airborne particles of different sizes in the form of solid or liquid particles [1, 2].

Higher plants are used as bioindicator as organisms that contain information about the qualitative assessment of the environment. With the help of indicator plants, it is possible to distinguish the degree of pollution, distinguish pollution sources and their impact zones, identify polluting chemical components and map metallic air pollution in urban areas [3, 4].

Many researchers have proved that poplar is one of such plants [5-9]. Poplar leaves accumulate

heavy metals and are mainly used in biomonitoring studies [10-12].

The elemental composition of plants depends on environmental factors, climatic and landscape-geochemical growing conditions [13,14]. Chemical elements (CE) play a significant role in the growth and development of a plant organism at all stages of the plant life cycle. Many domestic and foreign scientists have studied the elemental composition of plants [15-20].

The purpose of the work was to conduct an environmental assessment of the content and characteristics of the accumulation of chemical elements in the leaves of pyramidal poplar (*Populus nigra f. pyramidalis*) using the example of Southern Kazakhstan.

Materials and methods

As an object of study, we took the leaves of the plant *Populus nigra f. pyramidalis*, which we selected in Southern Kazakhstan. The reason for choosing poplar is its frequent use for landscaping purposes. Also the peculiarity of the leaf plate structure allows them to accumulate chemical elements.

Poplar leaves were sampled in dry weather at a height of 1.5-2 m according to the recommendations [21]. Poplar is widespread in green plantations

in South Kazakhstan. Trees from which leaf samples were taken were selected on the basis of approximately the same age and height. All the trees studied are about 50 years old. Poplar trees are commonly planted along streets and in park plantings. A total of 37 samples were collected. Sample preparation (sampling, packing, drying to constant weight, averaging samples before further studies) allowed representative samples to be obtained. Poplar leaves were sampled using the mean sampling method, at each location leaves were collected from 3 rows of growing trees of approximately the same age and height. The leaves were packaged in paper bags. They were dried at room temperature to a constant sample weight. Next, they were pulverized and weighed. Then they were ashed at 450 °C by dry mineralization method for 5 hours to constant weight. This procedure allowed us to calculate the ashing ratio. Then further calculations were carried out on dry mass according to the requirements of State Standard 26929-94 [22].

The amount of dust settled on the plant under study can be directly related to the level of air pollution with heavy metals such as lead, mercury, cadmium, etc. However, the presence of rain or changing seasons significantly affects the amount of dust settled. Therefore, according to the methodology, in order to determine the pollutants trapped on the surface of leaves, samples are not

washed but dried immediately at room temperature in a ventilated room.

Results and Discussion

During the study, 28 chemical elements were studied and analyzed in the ash of poplar leaves (*Populus nigra f. pyramidalis*). Most elements had an uneven distribution, which is confirmed by statistical data (Table 1).

According to the data obtained, the elements calcium, rubidium and strontium have a normal distribution, which is noticeable by the slight variation in the maximum and minimum values, as well as the correspondence of the average and median values. The elements sodium, scandium, iron, cobalt, zinc, lanthanum, cerium, hafnium, thorium, uranium can also be classified as elements with a distribution close to normal.

So on insignificant scatter and correspondence of average to median value we can judge about normal distribution of elements Ca, Rb, Sr, and also close to normal for elements Na, Sc, Fe, Co, Zn, La, Se, Hf, Th, U. Uneven distribution with coefficient of variation more than 70% can be observed for elements As, Ag, Nd, Tb, Yb and elements with coefficient of variation more than 100% – Cr, Br, Sb, Cs, Ba, Sm, Eu, Lu, Ta, Au. Uneven distribution of chemical elements most likely indicates the presence of an anthropogenic factor.

Table 1 – Statistical parameters of distribution of chemical elements in ash of leaves of poplar pyramidal (*Populus nigra f. pyramidalis*) on the territory of South Kazakhstan.

Elements	Mean	Standard error	Geometric mean	Median	Moda	min	max	V, %
Na	20924	1898	18822	21010	38940	7700	40000	48
Ca	115079	6958	109726	110000	106400	46800	181900	29
Sc	0,58	0,06	0,51	0,5	0,3	0,17	1,3	52
Cr	11	3,541	4,88	4,7	Multiple	0,07	92	213
Fe	2141	221	1922	2010	Multiple	760	5550	51
Co	16	1,7	15	14	22,8	3,3	36	50
Zn	956	131	786	922	1210	138	3261	68
As	5,7	0,87	4,5	4,5	7,52	1,1	19	73
Br	3,3	0,85	1,53	2,0	2	0,05	18	138
Rb	30	2,7	27	25	25	10	59	46
Sr	3480	249	3243	3473	2515	1494	6566	35
Ag	1,2	0,21	0,81	0,95	0,15	0,15	3,5	89
Sb	0,31	0,08	0,23	0,22	0,12	0,08	2,3	138
Cs	0,54	0,33	0,19	0,22	0,05	0,04	6,4	244

Elements	Mean	Standard error	Geometric mean	Median	Moda	min	max	V, %
Ba	130	44	82	64	Multiple	24	1051	150
La	1,7	0,19	1,5	1,5	1,53	0,55	4,7	56
Ce	3,9	0,50	3,2	3,5	3,43	1,0	9,7	66
Nd	1,8	0,30	0,96	1,2	0,45	0,11	5,6	97
Sm	0,22	0,05	0,1	0,16	0,02	0,01	1,05	107
Eu	0,03	0,008	0,01	0,02	0,003	0,001	0,12	101
Tb	0,02	0,005	0,02	0,01	0,01	0,002	0,10	84
Yb	0,13	0,02	0,1	0,12	Multiple	0,004	0,47	72
Lu	0,02	0,004	0,01	0,007	0,003	0,002	0,08	102
Hf	0,19	0,03	0,15	0,14	0,09	0,04	0,43	63
Ta	0,04	0,009	0,02	0,02	0,005	0,005	0,18	126
Au	0,02	0,007	0,007	0,006	0,002	0,0002	0,16	162
Th	0,53	0,065	0,5	0,5	Multiple	0,11	1,4	58
U	1,08	0,11	0,8	0,96	0,41	0,23	2,8	61

To characterize the intensity of biological accumulation of chemical elements by leaves of pyramidal poplar (*Populus nigra f. pyramidalis*) from underlying surfaces, we calculated the coefficient of biological absorption (BAC), which was calculated relative to A.N. Grigoriev [23]. According to the results of the calculation, a series of biological accumulation of chemical elements by poplar leaves was constructed:

BAC = Sr₁₃ – Zn₁₃ – Ag₁₁ – Au₅ – Ca₃ – Na₁ – As₁.

According to the series of biological uptake of elements according to A.I. Perelman, strontium, zinc, calcium, and sodium are included in the group of strong biological accumulation, its CBA value varies from n to 10n. Vital elements are calcium, sodium, zinc; arsenic is conditionally essential element; strontium, gold and silver are toxic elements or abiogenic with strontium can substitute calcium in living matter [24].

To understand the nature of accumulation of chemical elements and the associations they form, we conducted a cluster analysis (Figure 1), which allowed us to identify several significant associations of chemical elements: 1 – Ta, Ce; 2 – Lu, Sm, Hf, Th, Yb, Fe, La, Sc; 3 – Ba, Sb, As; 4 – Tb, Ca; 5 – Ag, Rb, Br; 6 – Nd, Cr; 7 – U, Na.

Several groups of associations are clearly identified, among which we can single out elements related to dust-aerosol industrial emissions, for example,

emissions from thermal power plants (Lu, Sm, Hf, Th, Yb, Fe, La, Sc), to petrochemical production (Ag, Rb, Br). The association of barium, antimony, arsenic may indicate barite deposits in the study area, the presence of these elements on the surface of the leaf lamina most likely indicates their ingress from atmospheric air. For example, the maximum values of barium – 1051 mg/kg were recorded near the city of Shymkent in the village of Arys, which is located near the Badam barite-fluorite deposit.

When normalizing the content of chemical elements in ash of poplar pyramidal to the noosphere clark [25] and to the average composition of living matter [26], the biogeochemical series of accumulation looks as follows:

Kc relative to the noosphere clark – Sr₈₇ > Au₂₉ > Ag₂₄ > Zn₂₁ > Ca_{7,2} > Ba_{3,6} > As_{1,9} > Sb_{1,2} > Na_{1,1}.

Kc relative to the average composition of living matter – Zn₁₉₁ > Sr₁₇₄ > Na₁₀₅ > Co₈₀ > Ca₂₃ > Fe₂₁ > As₁₉ > Rb₆ > Cs_{5,4} > Ba_{4,3} > Br_{2,2}.

As can be seen from both biogeochemical series, the common chemical elements are sodium, calcium, zinc, arsenic, strontium, barium, which accumulate in fairly high concentrations in the ash of the leaves of *Populus nigra f. pyramidalis*

High concentrations of zinc, sodium and calcium can be explained by the fact that they are essential elements involved in the regulation of metabolic processes and the maintenance of general homeostasis in the plant.

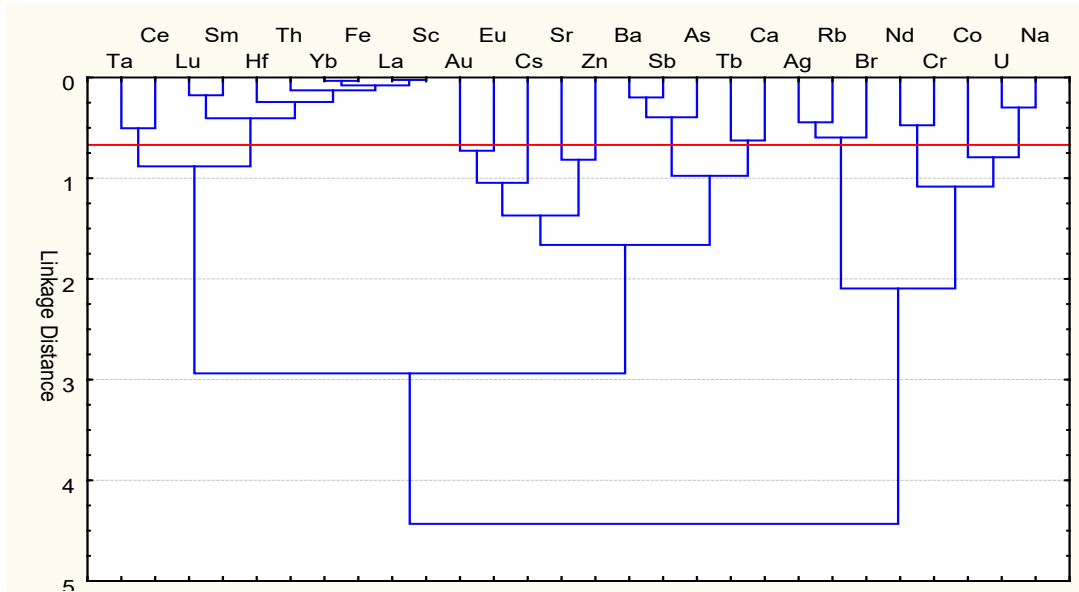
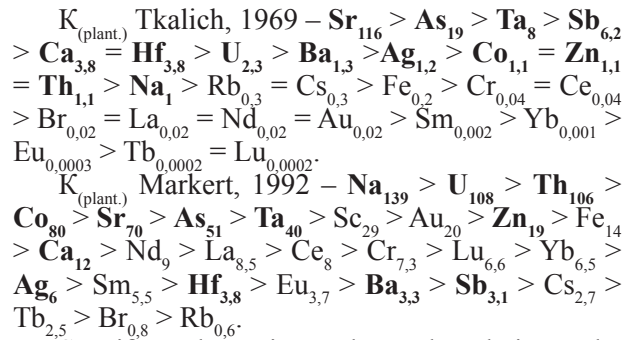
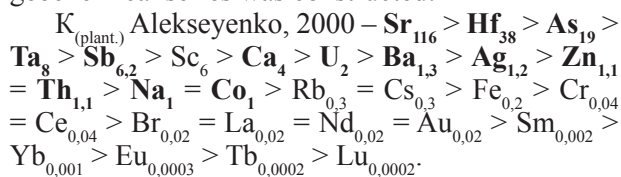


Figure 1 – Dendrogram of correlation matrix of geochemical spectrum of chemical elements in ash of leaves of poplar pyramidal (*Populus nigra f. pyramidalis*) growing on the territory of South Kazakhstan

Strontium, barium and arsenic can be classified as toxic elements. High concentrations of these CEs in a plant may indicate the influence of a technogenic factor. Sources of pollution can be industrial enterprises, vehicles, waste burning, etc. Also, these elements can be actively absorbed from water, for example, strontium is a specific element for salt formations in drinking water in the study area [27]. The presence of high concentrations of barium can be explained by the fact that this element is concentrated by plants, and also under conditions of environmental pollution with sulfur compounds, many elements form poorly soluble sulfides, as a result of which strontium and barium remain in soil solutions [25]. In general, the reasons for the high concentrations of barium, arsenic and strontium in the leaf ash of *Populus nigra f. pyramidalis* can be complex and influenced by many factors, including geological, anthropogenic and biological.

To identify regional geochemical features, the results obtained were compared with literature data [28-30]. According to the results of comparison with the average content in plant ash the following biogeochemical series was constructed:



Specific to the region under study, relative to the literature data are the following elements sodium, uranium, thorium, cobalt, strontium, arsenic, tantalum, zinc, calcium, silver, hafnium, barium, antimony.

We also carried out a comparative analysis of the data with the results obtained for some regions of Kazakhstan and Russia (Figure 2).

Figure 2 shows the results of comparison of elemental composition of poplar leaves growing on the territory of South Kazakhstan, Pavlodar region, Tomsk region (Russia). Relative to other regions, the ash of poplar leaves sampled on the territory of South Kazakhstan is characterized by an increased level of Na, Co, As, Sr, Ag, Cs, Ce, Nd, and U ($p < 0.001$). The presence of the above elements in poplar leaves possibly indicates polymetallic, iron and uranium deposits.

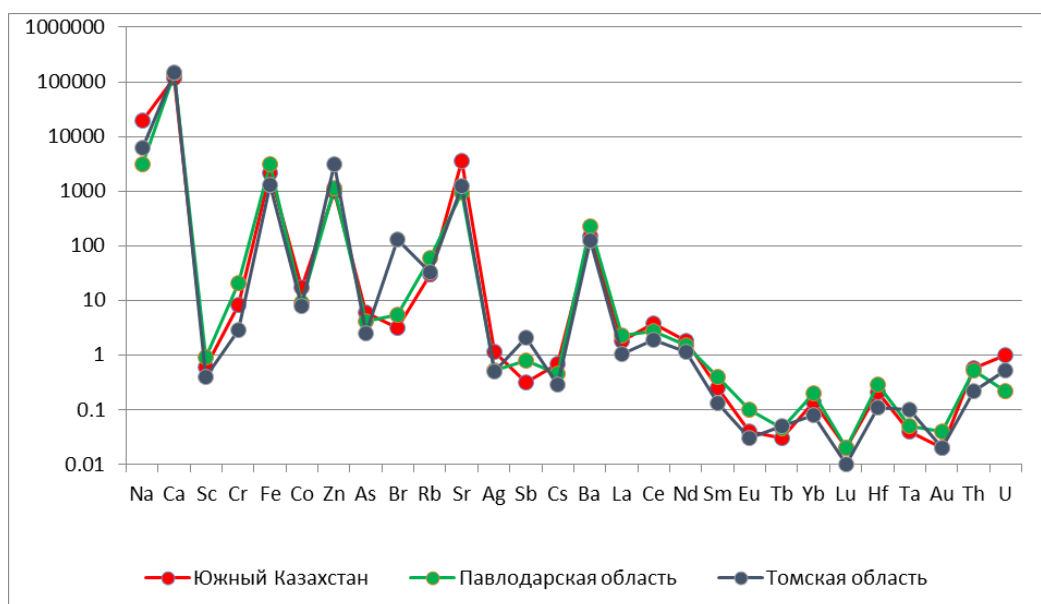


Figure 2 – Elemental composition of poplar leaf ash in some territories of Kazakhstan and Russia.

The results of the biogeochemical indicators of the study are summarized in Table 2. Chemical elements that are more often repeated in the biogeochemical indicators are highlighted in bold. Ca-As-

Sr – repeated four times, Na-Ag-Sb-Ba-Ta-U – three times, which indicates a specific accumulation of CE data in the studied substrate on the territory of Southern Kazakhstan

Table 2 – Complex of biogeochemical indicators

Biogeochemical indicators	Chemical elements
Coefficient of variation more than 100%	Cr, Br, Sb , Cs, Ba , Sm, Eu, Lu, Ta , Au
Biological absorption coefficient	Ca , Zn, Sr , Ag , Au,
Associations of significant correlations	Na , Ca , Sc, Cr, Fe, As , Br, Rb, Ag , Sb , Ba , La, Ce, Nd, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta , Th, U.
Concentration coefficient relative to clarke according to M.A. Glazovskaya (2007) and A.P. Vinogradova (1932)	Na , Ca , Zn, As , Sr , Ba .
Concentration coefficient relative to literature data	Ca , As , Sr , Sb , Hf, Ta , U.
Concentration of chemical elements relative to data for Kazakhstan and Russia	Na , Co, As , Sr , Ag , Cs, Ce, Nd, U.

Conclusion

According to the complex of biogeochemical indicators and their comparison with the data on poplar leaf ash in Pavlodar region (Kazakhstan) and Tomsk region (Russia) geochemical specificity of the studied region was established. The concentration of the following chemical elements: sodium, calcium, arsenic, strontium, silver, antimony, barium, tantalum, uranium is significantly higher in the studied region. It is assumed that the spectrum of the above elements

is associated with the mining of polymetallic and iron ores, petrochemical production and uranium mining. However, the source of the studied elements in the ash of the plant under study has not been fully studied and requires additional extensive research.

Conflict of interest

All authors have read and familiarized themselves with the content of the article and have no conflict of interest.

References

1. T. Sawidis, J. Breuste, M. Mitrovic, P. Pavlovic, K. Tsigaridas. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities / *Environmental Pollution*. – Vol. 159. – 2011. – pp. 3560-3570. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.08.008>
2. S. Zhou, Q. Yuan, W. Li, Y. Lu, Y. Zhang, W. Wang. Trace metals in atmospheric fine particles in one industrial urban city: spatial variations, sources, and health implications // *Journal of Environmental Sciences*, 26 (2014), pp. 205-213. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(13\)60399-x](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(13)60399-x)
3. G. Quan, C. Jiawen, J. Biao Environmental microplastics: Classification, sources, fates, and effects on plants // *Chemosphere*. – Vol. 313. – 2023. – P. 137559. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137559>
4. Chrysoula S. Tzima, Christina N. Banti, Sotiris K. Hadjikakou. Assessment of the biological effect of metal ions and their complexes using *Allium cepa* and *Artemia salina* assays: a possible environmental implementation of biological inorganic chemistry // *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. – Vol. 27(7). – 2022. – pp. 611 – 629. <https://doi.org/10.1007/s00775-022-01963-2>
5. Rikhvanov L.P., Yusupov D.V., Baranovskaya N.V., Yalaltdinova A.R. Elemental composition of poplar leaves as a biogeochemical indicator of industrial specialization of urban systems // *Ecology and Industry of Russia*. – 2015. – № 6. – С. 58-63.
6. Yalaltdinova A.R., Baranovskaya N.V., Rikhvanov L.P. Influence of emissions of industrial enterprises of Ust-Kamenogorsk on the formation of elemental composition of poplar leaves // *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*. – 2014. – № 2. – С. 108-113.
7. Asylbekova G.E., Shaymardanova B.H., Korogod N.P., Baranovskaya N.V., Belyanovskaya A.I., Abikeeva Zh. E. Analysis of zinc content in the ash of leaves of *Populus nigra* L. on the territory of Pavlodar region (Republic of Kazakhstan) // *Bulletin of ENU* – 2015. – №4. – С. 260-265.
8. Esenzholova A. J., Panin M.S. Bioindication ability of leaves of tree and shrub plantations to assess environmental pollution by heavy metals in the zone of the metallurgical complex // *Ecology and Industry of Russia*. – 2013. – №7. – С. 49-53.
9. Baikenova G.E., Baranovskaya NV, Kakabayev AA, Bersimbayev R.I., Zandybay A., Baikenov NA The content of chemical elements in the ash of leaves of black poplar (*Populus nigra* L.) on the territory of Northern Kazakhstan // *Bulletin of KazNU. Ecological series*. – 2021. – № 4. – С. 4-12.
10. Karakayeva L. S. On the content of ascorbic acid and heavy metals in species of the genus *Populus* L. of different zones of the Orenburg region / L. S. Karakayeva, Y. A. Dokuchayeva, A. A. Mashkova // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. – 2013. - № 3. – С. 226-229.
11. Ramon S.Santos, Francis A.C.R.A. Sanches, Roberta G.Leitão, Catarine C.G.Leitão, Davi F.Oliveira, Marcelino J.Anjos, Joaquim T.Assis. Multielemental analysis in *Nerium Oleander* L. leaves as a way of assessing the levels of urban air pollution by heavy metals // *Applied Radiation and Isotopes*. – 2019. – Vol. 152. – P. 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2019.06.020>
12. Tamar Gorena, Ximena Fadic, Francisco Cereceda-Balic. *Cupressus macrocarpa* leaves for biomonitoring the environmental impact of an industrial complex: The case of Puchuncavi-Ventanas in Chile // *Chemosphere*. – 2020. -Vol. 260. – P. 127521. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127521>
13. Baranovskaya N.V., Chernenkaya E.V. Features of accumulation of chemical elements in common blueberry (*Vaccinium myrtillus*) on the territory of Western Siberia // *Fundamental Research*. – 2015. – №2. – С. 299-306.
14. Perelman, A.I. Geochemistry of landscape / A.I. Perelman. – Moscow: Higher School, 1975. – 341 c.
15. Francisco L.F.Silva, Gerlan O.Nascimento, Gisele S.Lopes, Wladiana O.Matos, Rodrigo L.Cunha, Marcelo R.Malta, Gilberto Rodrigues Liska, Robert W.Owen, M. Teresa S.Trevisan. The concentration of polyphenolic compounds and trace elements in the *Coffea arabica* leaves: Potential chemometric pattern recognition of coffee leaf rust resistance // *Food Research International*. – 2020. – Vol. 134, – P. 109221. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109221>
16. Katarina M Rajković, Marijana Vasić, Milica Drobac, Jelena Mutić, Sanja Jeremić, Valentina Simić, Jovan Stanković. Optimization of extraction yield and chemical characterization of optimal extract from *Juglans nigra* L. leaves // *Chemical Engineering Research and Design*. – 2020. – Vol. 157. – P. 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.03.002>
17. Junjie Zhang, Xuehong Wei, Weidong Dai, Zhi Lin. Study of enrichment difference of 64 elements among white tea subtypes and tea leaves of different maturity using inductively coupled plasma mass spectrometry // *Food Research International*. – 2019. – Vol. 126. -P. 108655. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108655>
18. Andrew Turner, Chor Chi Chan, Murray T. Brown. Application of field-portable-XRF for the determination of trace elements in deciduous leaves from a mine-impacted region // *Chemosphere*. – 2018. – Vol. 209. -P. 928-934. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.110>
19. Saša Đurović, Branimir Pavlič, a Saša Šorgić, Saša Popov, Saša Savić, Mirjana Petronijević, Marija Radojković, Aleksandra Cvetanović, Zoran Zeković. Chemical composition of stinging nettle leaves obtained by different analytical approaches // *Journal of Functional Foods*. – 2017. – Vol. 32. – P. 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.019>
20. Isidora Deljanin, Davor Antanasijević, Anđelika Bjelajac, Mira Aničić Urošević, Miroslav Nikolić, Aleksandra Perić-Grujić, Mirjana Ristić. Chemometrics in biomonitoring: Distribution and correlation of trace elements in tree leaves // *Science of The Total Environment*. – 2016. – Vol. 545-546. – P. 361-371.
21. Methodical recommendations for field and laboratory studies of soils and plants in the control of environmental pollution by metals / Institute of Experimental Meteorology, Lomonosov Moscow State University; ed. by N. G. Zyrin, S. G. Malakhov. – Moscow: Gidrometeoizdat, Moscow department, 1981. – 109 p.: ill; 22 cm.
22. State Standard 26929-94. Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization for determination of toxic elements content. – M.: IPK “Publishing House of Standards”, 2002. – 31 c

23. Grigoryev, N.A. Distribution of chemical elements in the upper part of the continental crust / N.A. Grigoryev. – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2009. – 383 c.
24. Cabata-Pendias A., Pendias H. Micronutrients in soils and plants / Cabata-Pendias A., Pendias H. World, 1989. – 439 c.
25. Glazovskaya M.A. Geochemistry of natural and technogenic landscapes. – Moscow: Geographical faculty of Moscow State University, 2007. – 350 c.
26. Vinogradov A.P. Geochemistry of living matter. – L.: ANS SSR, 1932. 67 c.
27. Sharipova B.U., Kakabayev A.A., Baranovskaya N.V., Arynova S.Zh., Korogod N.P. Geochemical features of salt formations of drinking water in Southern Kazakhstan / Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 2022. V. 333. 7. 137–148
28. Alekseyenko, V.A. Ecological geochemistry: Textbook / V.A. Alekseyenko. Moscow: Logos, 2000b. – 626 c.
29. Tkalich S.M. Some general regularities of the content of chemical elements in plant ashes. Biogeochemical searches for ore deposits / S.M. Tkalich. – Ulan-Ude: Izd-voor SO AS USSR, 1969. – 179 c.
30. Markert B., Establishing of “Reference plant” for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting / B. Markert // Water, soil and air pollution. – 1992. – Vol. 64. – P. 533-538

Авторлар туралы мәлімет:

Шарипова Ботагөз Оралқызы (корреспондент-автор) – экология магистрі, Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің биология және оқыту әдістемесі кафедрасының оқытушысы (Көкшетау, Қазақстан, e-mail: oralovna82@mail.ru)

Қақабаяв Әнуарбек Аязбаевич – биология ғылымдарының кандидаты, Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің тау-кен ісі, құрылыс және экология кафедрасының доценті (Көкшетау, Қазақстан, e-mail: anuarka@mail.ru)

Барановская Наталья Владимировна – биология ғылымдарының докторы, Томск политехникалық университетінің профессоры (Томск, Ресей, e-mail: nata@tpu.ru)

Байкенова Гүлім Еркінқызы – 6M060800 – Экология мамандығы бойынша ғылым магистрі, Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің тау-кен ісі, құрылыс және экология кафедрасының оқытушысы (Көкшетау, Қазақстан, e-mail: guliander@bk.ru)

Жұмабаева Айгүль Аязбаевна – 6M011300 «Биология» мамандығы бойынша педагогика ғылымы магистрі, биология және оқыту әдістемесі кафедрасының лекторы, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАК, Биология және оқыту әдістемесі кафедрасының лекторы (Көкшетау, Қазақстан, email: zhumabaevaigul0@gmail.com)

Information about authors:

Sharipova Botagoz (corresponding author) – Master of Ecology, Lecturer at the Department of Biology and Teaching Methods, Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov (Kokshetau, Kazakhstan e-mail: oralovna82@mail.ru)

Kakabaev Anuarbek – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Mining, Construction and Ecology, Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov (Kokshetau, Kazakhstan, e-mail: anuarka@mail.ru)

Baranovskaya Natalya – doctor of biological sciences, professor, Tomsk polytechnic university (Tomsk, Russia, e-mail: nata@tpu.ru)

Baikanova Gulim – Master of Science in specialty 6M060800 – Ecology, lecturer at the Department of Mining, Construction and Ecology, Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov (Kokshetau, Kazakhstan, e-mail: guliander@bk.ru)

Zhumabaeva Aigul – Master of Pedagogical Sciences in specialty 6M011300 “Biology”, lecturer, of the Department of Biology and Teaching Methods, Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov (Kokshetau, Kazakhstan, email: zhumabaevaigul0@gmail.com)

*Received April 11, 2023
Accepted March 25, 2024*

2-бөлім

**ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ
БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҮРҒЫНДАР
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.Ж. Дакиева¹ , Г.Е. Саспугаева² , Ж.Б. Тусупова² ,
С. Құмарбекұлы^{1*} , З.К. Тунгышбаева¹ 

¹Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Казахстан, г. Усть-Каменогорск

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Астана

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПЫЛИ ТИТАНОВОГО ШЛАКА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Титано-магниевого комбинат расположенный в Восточно-Казахстанской области в городе Усть-Каменогорск – является одним из передовых предприятий в республике. Также он является одним из ведущих предприятий по СНГ по добыче сырья, качеству получаемой продукции и методике извлечения различных металлов. Так как в литературах отсутствуют исследования и материалы по биохимическому изучению реакции организма к профессиональному стрессу нами выполнена работа, а именно эксперимент на животных с ингаляционным введением пыли титанового шлака. Для изучения показателей азотистого обмена крови и выделения оксипролина при действии на организм одного из основного неблагоприятного фактора, пылевого фактора на организм лабораторных животных. Эксперимент проводили путем введения пыли титанового шлака, а контрольным животным вводили физиологический раствор. Оценку показателей азотистого обмена крови, определяли с помощью таких показателей как мочевины, остаточный азот, креатинин, содержание оксипролина в суточной моче, а также цито – морфологические исследования внутренних органов. В результате проведенного эксперимента была выявлена однонаправленность изменений показателей азотистого обмена крови и оксипролина в моче с цитоморфологическими изменениями в почках.

Ключевые слова: титано-магниевое производство, лабораторные животные, показатели азотистого обмена крови, оксипролина и цито-морфологические данные.

K.Zh. Dakieva¹, G.Y. Saspugayeva², Zh.B. Tussupova²,
S. Kumarbekuly^{1*}, Z.K. Tungyshbayeva¹

¹Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

The influence of titanium slag dust on biochemical and morphological indicators in the experiment

Titanium-magnesium combine in East Kazakhstan region, namely in Ust-Kamenogorsk city is one of the most advanced enterprises in Kazakhstan and one of the leading enterprises in CIS on extraction of raw materials, technique of extraction of metals and quality of the received production. In a view of that in literature there are no materials on biochemical studying of reaction of an organism to occupational stress we executed work, namely experiment on animals with inhalation introduction of a dust of a titanium slag. To study the indices of blood nitrogen exchange and oxyproline excretion under the action of one of the main adverse factors, the dust factor on the body of laboratory animals. The experiment was carried out by introducing titanium slag dust, and control animals were injected with physiological solution. Assessment of the indices of nitrogenous metabolism in blood, was determined by such indicators as urea, residual nitrogen, creatinine, the content of oxyproline in daily urine, as well as cyto-morphological studies of internal organs. As a result of the experiment, the unidirectional changes of blood nitrogen and urinary oxyproline parameters with cytomorphological changes in the kidneys were revealed.

Key words: titanium-magnesium production, laboratory animals, indicators of blood nitrogen metabolism, oxyproline and cyto-morphological data.

К.Ж. Дакиева¹, Г.Е. Саспугаева², Ж.Б. Тусупова²,
С. Құмарбекұлы^{1*}, З.К. Тунгышбаева¹

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

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: sanat_kv@mail.ru

Титан қожы шаңының эксперименттегі биохимиялық және морфологиялық көрсеткіштерге әсері

Шығыс Қазақстан облысындағы, атап айтқанда Өскемен қаласындағы титан-магний комбинаты Қазақстандағы ең озық кәсіпорындардың бірі және шикізат өндіру, металдарды алу әдістемесі және алынатын өнімнің сапасы бойынша ТМД-дағы жетекші кәсіпорындардың бірі болып табылады. Әдебиетте ағзаның кәсіби стресске реакциясын биохимиялық зерттеу бойынша материалдар жоқ екенін ескере отырып, біз тәжірибелік жұмыс жасадық, атап айтқанда жануарларға титан қожының шаңын ингаляциялық енгізумен тәжірибе жасадық. Зертханалық жануарлардың ағзасына негізгі қолайсыз факторлардың бірі, шаң факторы әсер еткенде қанның азот алмасуының және оксипролиннің бөлінуінің көрсеткіштерін зерттеу. Тәжірибе титан қожының шаңын енгізу арқылы жүргізілді, ал бақылау жануарларына тұзды ерітінді енгізілді. Қанның азот алмасуының көрсеткіштерін бағалау несепнәр, қалдық азот, креатинин, тәуліктік зәрдегі оксипролин мөлшері, сондай-ақ ішкі ағзалардың цито-морфологиялық зерттеулері сияқты көрсеткіштердің көмегімен анықталды. Жүргізілген эксперимент нәтижесінде бүйректегі цитоморфологиялық өзгерістермен несептегі азотты қан мен оксипролин алмасуының көрсеткіштеріндегі өзгерістердің бір бағыты анықталды.

Түйін сөздер: титан-магний өндірісі, зертханалық жануарлар, азотты қан алмасуының көрсеткіштері, оксипролин және цито-морфологиялық деректер.

Введение

На сегодняшний день контроль за состоянием условий труда в Республике Казахстан ведется посредством обязательных гигиенических нормативов, санитарных правил и норм, которые практически охватывают все отрасли производства. Наиболее важными являются действующий документ «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий, содержащие требования к проектам технологических процессов и оборудования, зданий и производственных помещений» (2006 г.). В этом же документе содержится санитарная классификация производств, нормы температуры, освещенности, относительной влажности, скорости движения воздуха в рабочей зоне, предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе производственных помещений и предельные уровни шума, вибрация и других факторов на рабочем месте.

Важнейшим фактором устойчивого социально-экономического развития страны является здоровье работающего населения, которая дает возможность трудящему сохранить здоровую и продуктивную жизнь, не только в процессе активной трудовой деятельности, а также в течение всей жизни.

Любые прогнозирование в профессиональной деятельности и работе людей строится с по-

мощью математических моделей. Эти модели основаны на использовании вероятностных характеристик частоты побочных реакций, отражающих влияние всех факторов, воздействующих на человека и на его окружение. При оценке риска пневмокониозов, которая проводилась ведущими отечественными исследователями [1-3], было показано, что по некоторым условиям труда (например, по концентрации пыли, ее составу, другим показателям) можно рассчитать «безопасный стаж» работы в конкретных запыленных условиях. Состояния, при которых риск заболеваний исключен с достоверностью 95%. В результате исследований, проведенных авторами, установлена прямая зависимость выраженности пневмокониотических изменений в легких от величины пылевой нагрузки, а также длительности нахождения пыли в легких. Значение временного фактора в проявлении патогенного действия пыли неоднократно подтверждалось.

Самым неблагоприятным фактором с гигиенической точки зрения фактором на ОА «УК ТМК» является участок обработки серной кислоты и каустического магнезита при производстве сульфата магния. В воздухе рабочей зоны концентрация аэрозолей магнезита в 3-5 раз превышает значение предельно-допустимой концентрации. Зимой на этих же рабочих местах фиксируется температура воздуха от 18 до 20°C. На рабочих местах-очистка, удаление раствора и

фильтрация сульфата магния, все работы проводятся в условиях прогревающего микроклимата, а температура воздуха летом может достигать 38-40°C. А при мытье, сушке, упаковке препарата возможен длительный контакт с кожей. Неблагоприятные микроклиматические условия и загрязнение воздуха рабочих зон различными редкими веществами зависят от работы приточно-вытяжной вентиляции [6-7].

Авторы исследования на животных установили, что энтеральное введение сульфата магния в дозе 10 г/кг снижает содержание глюкозы в сыворотке крови повышая уровень пирувеноградной кислоты. Влияние сульфата магния на жировой обмен выражалось в накоплении β -липопротеинов, предполагается что это связано с увеличением содержания нейтрального жира из-за увеличения содержания триглицеридов в сыворотке крови. При этом сульфат магния способствовал повышению активности аспаратаминотрансферазы, в норме способствовал повышению активности аланинаминотрансферазы и лактатдегидрогеназы. Наблюдалось ухудшение функционального состояния почек, что характеризует снижение диуреза, повышение относительной плотности мочи и появление белка к концу опыта, что свидетельствует о нарушениях процессов реабсорбции в почечных канальцах [8-10].

Материалы и методы

Эксперименты проводили на лабораторных животных (крысах-самцах линии «Wister»). Эксперимент проводили с сентября по ноябрь 2019 года.

Определяли в крови содержание мочевины, остаточного азота, креатинина и оксипролина в суточной моче по методам Даниловой Л.А. [4]. Содержание этих азотистых показателей проводили в острый период (2 недели), подострый период (4недели), хронический период (12 недель) после введения в трахею пыли титанового шлака, который был растворен в 1 мл физиологического раствора. Животным из контрольной группы было введено в трахею 1 мл физиологического раствора и исследования были проводимы в эти сроки (2; 4 и 12 недель), которые содержались в отдельной светлой, проветриваемой комнате. Мочу собирали в течение суток в обменных клетках.

В состав пыли входит наибольший процент TiO_2 – 84,7%, а размер пылевых частей 2мк составили 95%.

Статистический анализ полученных данных проводился по методу Ребровой О.Ю. [5].

Проводили цито-морфологические исследования внутренних органов.

Объектом исследования явились почки (орган выведения продуктов детоксикации). Микроскопический анализ органов проводили с использованием гистологических и морфологических методов исследований. Гистологические методы исследования включали окраску срезов органов с помощью гематоксилин – эозина по методу Ван-Гизона (Меркулов Г.А., 1969). Выявляли ядра, клеточные элементы и внеклеточные структуры изучаемых органов. Микротомные срезы органов были толщиной 5-7 мкм.

Результаты и обсуждение

Нами выявлено, что в эксперименте у животных в остром периоде остаточный азот повышается на 10% ($18,0 \pm 0,3$), а у контрольных животных составил $17,0 \pm 0,4$ мМ/л, $p < 0,05$.

В подостром периоде отмечается увеличение остаточного азота на 12% до $19,0 \pm 0,2$ мМ/л, по сравнению с контролем ($17,0 \pm 0,3$), $p < 0,001$, а в 12 недельный срок эксперимента увеличивается на 16% до $21,0 \pm 0,3$ мМ/л, по сравнению с контролем ($18,0 \pm 0,5$), $p < 0,001$.

Выявленные изменения биохимического показателя (остаточного азота), характеризуют все стадии производственного стресса (удовлетворительная адаптация, резистентность, неудовлетворительная адаптация).

Определение концентрации мочевины является показателем соотношения процессов анаболизма и катаболизма белков в тканях, он служит главным критерием функции печени и почек.

Нами выявлено у экспериментальных животных при введении в трахею пыли титанового шлака увеличение мочевины.

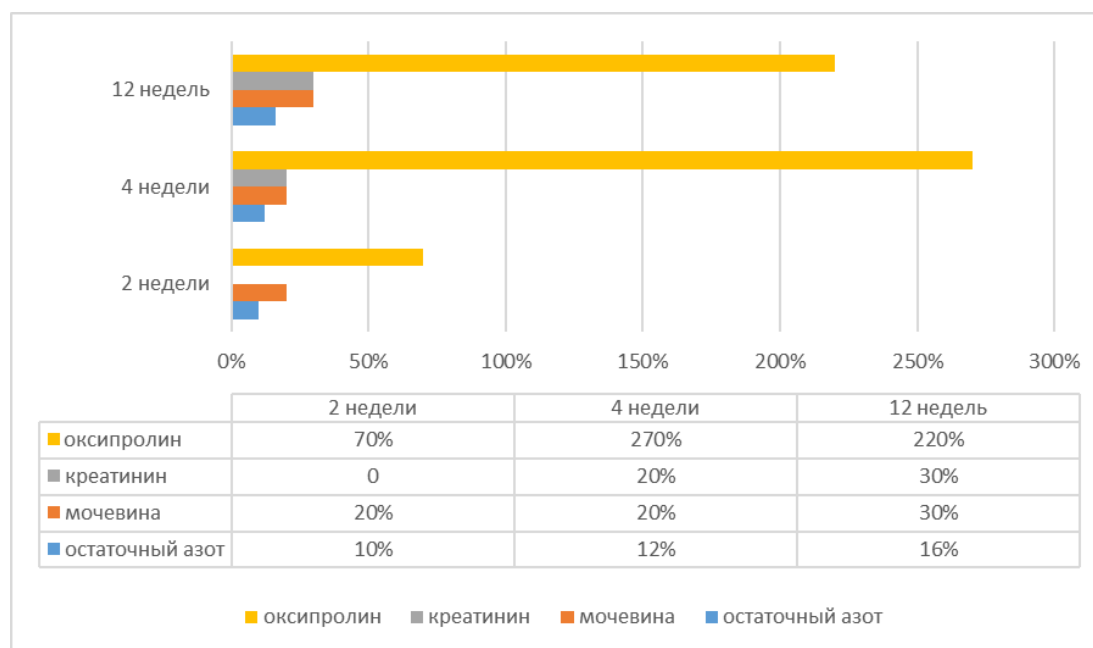
В острый период опыта уровень мочевины повысился на 20% до $4,89 \pm 0,1$ мм/л, $p < 0,01$ по сравнению с контрольной группой ($4,0 \pm 0,1$). В подострый период опыта содержание мочевины увеличилось на 20% до $5,0 \pm 0,3$ мм/л, $p < 0,01$ (контроль $4,0 \pm 0,2$).

В хронический период мочевины было увеличено на 30% до $6,0 \pm 0,2$ мм/л, а в контрольной группе $4,59 \pm 0,3$, $p < 0,001$. Это означает, что при проведении эксперимента нами выявлено накопление азотистых веществ, в основном мочевины, как как пыль титанового шлака вызывает количественные и качественные изменения азотистых веществ.

Таблица 1 – Азотистый обмен крови и ОП в моче животных, при введении пыли титанового шлака

№ п/п	Показатели Серии животных	n	В крови			Экскреция ОП, мкг/24 час
			Остаточный азот	Мочевина	Креатинин, мкМ/л	
1	Контроль: Острый период	10	17,0±0,4	4,0±0,1	58,8±1,2	18,6 ±0,5
	Подострый период	9	17,0±0,3	4,0±0,2	62,0±1,5	21,1±0,8
	Хронический период	9	18,0±0,5	4,59±0,3	68,3±1,9	29,2±0,7
2	Пыль от титанового шлака 50мг и/ трахеально Острый период	9	18,0±0,3 ^{xx}	4,89±0,1 ^{xx}	64,0±3,2	32,4±0,9 ^{xxx}
	Подострый период	8	19,0±0,2 ^{xxx}	5,0±0,3 ^{xx}	75,2±2,9 ^{xx}	58,68±1,1 ^{xxx}
	Хронический период	8	21,0±0,3 ^{xxx}	6,0±0,2	91,9±1,8 ^{xxx}	63,8±1,6 ^{xxx}

Примечание –
^{xx} – p<0,01;
^{xxx} – p<0,001



Сроки эксперимента: I – 2 недели, II – 4 недели, III – 12 недель

Рисунок 1 – Изменения показателей азотистого обмена и оксипролина у лабораторных животных

Нами выявлено в остром периоде эксперимента повышение уровня креатинина до 64,0±3,2 мМ/л (контроль – 58,8±1,2), в остром периоде уровень креатинина увеличивался на 20% до 75,2±2,9 (контроль – 62,0±1,5 мМ/л), p<0,01, а в хроническом периоде – увеличение продолжалось до 91,9±1,8 (в контроле – 68,3±1,9), p<0,001.

В результате проведенного эксперимента нами было выявлено, что через 2 недели уровень ОП увеличился на 70% до 32,4±0,9 (а в контроле он показал 18,6±0,5), p<0,001. Через 4 недели после интратрахеального введения 50 мг шлаковой пыли экскреция ФОС с суточной мочой увеличилась на 270% до 58,68 ± 1,1 мкг/сут (в контрольной группе до 21,1 ± 0,8 мкМ/сут), p<0,001. На

12-й неделе уровень экскреции ОП продолжал увеличиваться на 220 % до $63,8 \pm 1,6$ мкМ/24 ч (по сравнению с контролем $29,2 \pm 0,7$), $p < 0,001$. Таким образом, нами установлено прогрессирующее увеличение ОП, что свидетельствует о его необходимости для образования волокон (склероза) внутренних органов: почек, как путей элиминации ксенобиотиков.

При гистологическом исследовании почек через 2 недели эксперимента определялась полиморфная картина, которая отражала, как острую, так и подострую фазы развития токсического тубулоинтерстициального нефрита. На фоне

интерстициального отека как коркового, так и мозгового вещества, обнаруживаются очагово – диссеминированные воспалительно-клеточные инфильтраты из мононуклеарных клеток, особенно во внутренних и средних кортикальных зонах (рис. 2).

В клеточных инфильтратах обнаруживаются эозинофилы, лимфоциты и плазматические клетки с примесью нейтрофильных лейкоцитов. Клетки эпителия канальцев, так же были со значительными дистрофическими изменениями, в виде гиалиново-капельной и гидропической дистрофии (рис. 3).

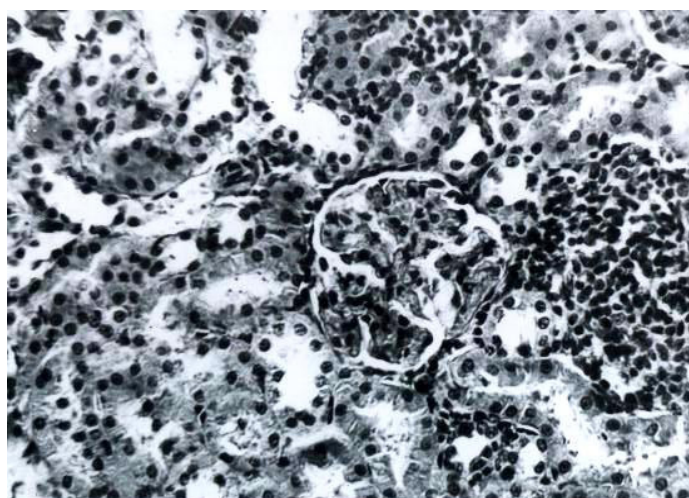


Рисунок 2 – Очаговая лимфоидно-клеточная инфильтрация стромы. Дистрофические и некротические изменения канальцевого эпителия (ув.280, окрашено гематоксилином и эозином)

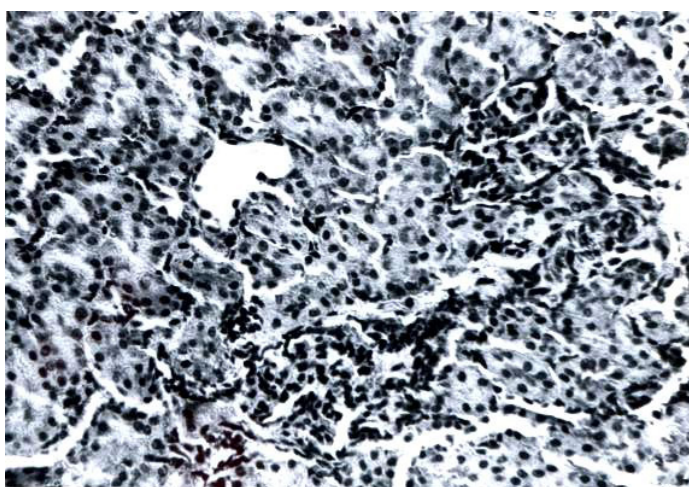


Рисунок 3 – Воспалительно-клеточная инфильтрация гломерул (ув.112, окрашено гематоксилином и эозином)

У отдельных животных в множественных интерстициальных инфильтратах, которые были более выражены в корковом слое и в клубочках, обнаруживаются лимфолейкоцитарные инфильтраты, плотно контактирующие с тубулярной базальной мембраной. Канальцевый эпителий выражен, уплощен с явлениями атрофии.

Отдельные каналцы кистозно расширены. Дистальные каналцы поражены в большей степени, чем проксимальные. Базальные мембраны их утолщены, контуры размыты, местами имеются разрывы. Лимфоциты, инфильтрирующие эти участки, иногда выходят в просвет каналцев (рис. 4 и 5).

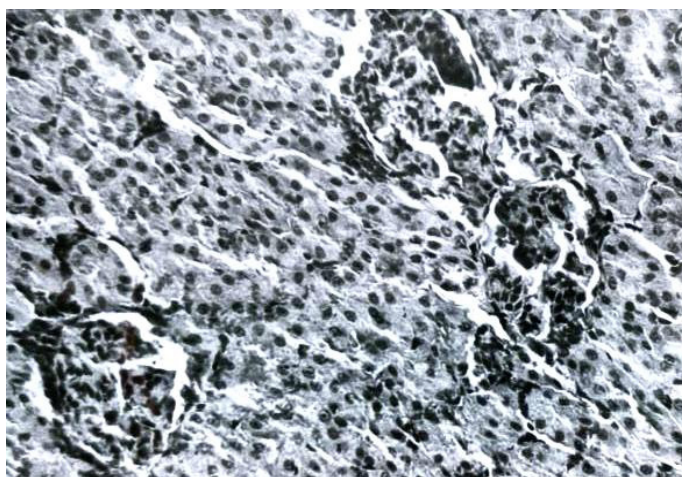


Рисунок 4 – Дистрофические изменения канальцевого эпителия. Лимфоидно-клеточная инфильтрация (ув.112, окрашено гематоксилином и эозином)

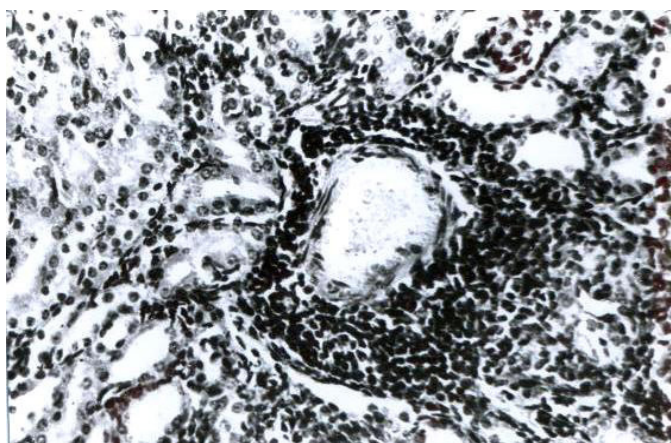


Рисунок 5 – Выраженная периваскулярная лимфоидно-клеточная инфильтрация (ув.280, окрашено гематоксилином и эозином)

Через 4 недели эксперимента гистологическое исследование показало стихание острых проявлений морфологических изменений и трансформацию последних в хронический тубулоинтерстициальный нефрит.

Интерстиций становится менее отечным, более плотным с выраженной фибропластической реакцией. Клеточная инфильтрация уменьша-

ется, становится мелкоочаговой, с сохранением диссеминированного характера.

Стенки сосудов утолщены, склерозированы. Внутренний слой шероховатый, эндотелий набухший, дезорганизованный.

Вместе с этим выявляются мелкие очаги рубцевания, которые как бы чередуются с неизменной паренхимой. Отдельные клубочки

ишемически сморщены или склерозированы., что говорит о начале процесса с вторичным вовлечением в него клубочков, с пролиферацией

эндотелиальных и мезангиальных клеток и образованием межкапиллярных спаек и выраженной фибропластической реакцией (рис. 6 и 7).

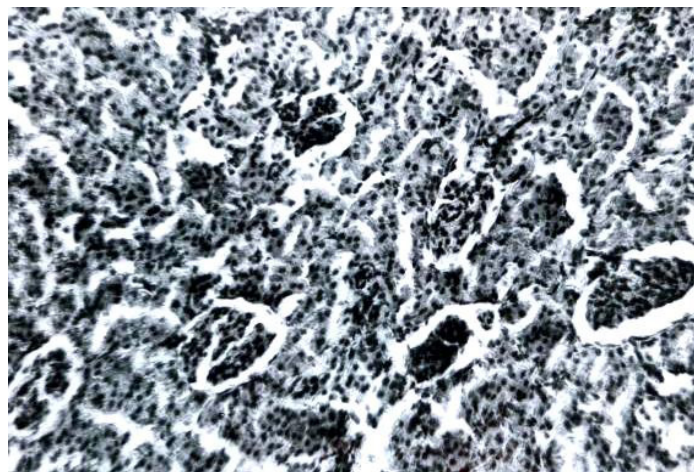


Рисунок 6 – Ишемическое сморщивание клубочков. Атрофические изменения канальцев (ув. 112, окрашено гематоксилином и эозином)

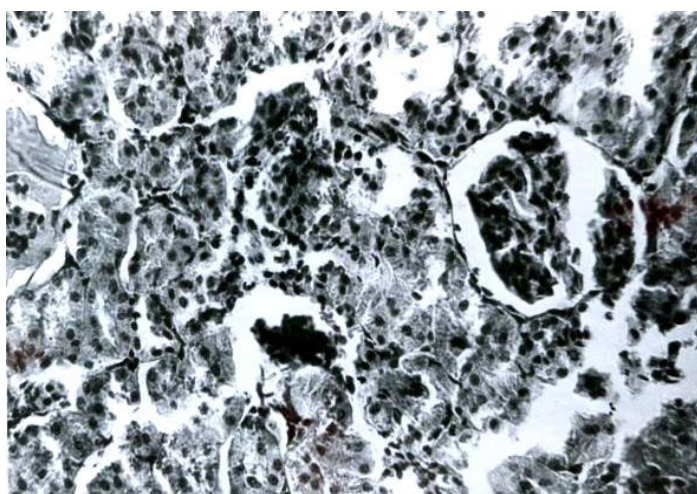


Рисунок 7 – Очаговая лимфоидно-клеточная инфильтрация стромы. Склерозирование и сморщивание отдельных клубочков. Межкапиллярные спайки с фрагментацией гломерул (ув. 280, окрашено гематоксилином и эозином)

Общими гистологическими признаками является сохранение инфильтрации стромы лимфоцитами, часто локализирующаяся перегломерулярно и переваскулярно, дистрофические и атрофические изменения канальцев. Процесс склерозирования, атрофии и дистрофических изменений захватывал мозговой слой

с признаками капиллярного некроза. Интерстициальные изменения были слабо выражены (рис. 8).

Эпителий собирательных трубочек также подвергался дистрофическим и атрофическим изменениям со значительным склерозированием стромы.

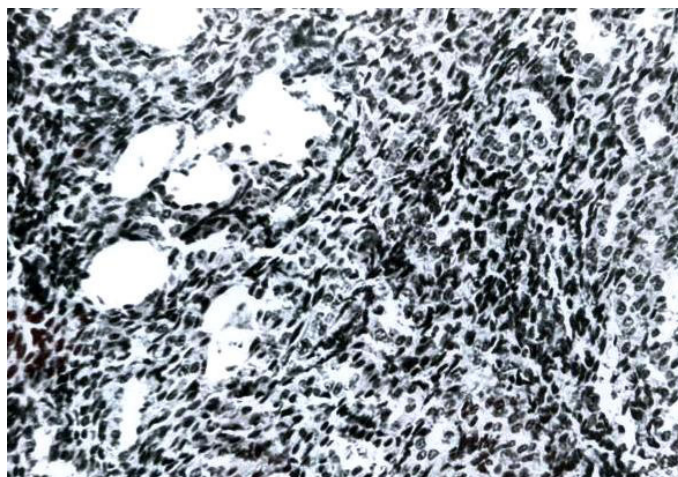


Рисунок 8 – Дистрофические и атрофические изменения канальцевого эпителия. Очаги склерозирования и фиброза мозгового слоя (ув.280, окрашено гематоксилином и эозином)

К концу эксперимента (12 недель) отмечалось истончение коркового слоя, атрофия и облитерация канальцев, особенно проксимальных. Утолщение и сморщивание базальных мембран эпителиальных клеток, их гиалиновое перерождение и слипчивание. Развивались диффузные склеротические изменения интерстиция.

Воспалительно-клеточная инфильтрация носила умеренный или слабо выраженный характер.

Изменения в клубочках нарастали по фиброзу типу с последующей гибелью нефрона и замещение их соединительной тканью, что приводило к атрофии почек.

Благодаря рубцовому сморщиванию интерстиция и массовой гибели канальцев, клубочки располагались близко друг к другу, и создавалась видимость увеличения их количества (рис. 9 и 10).

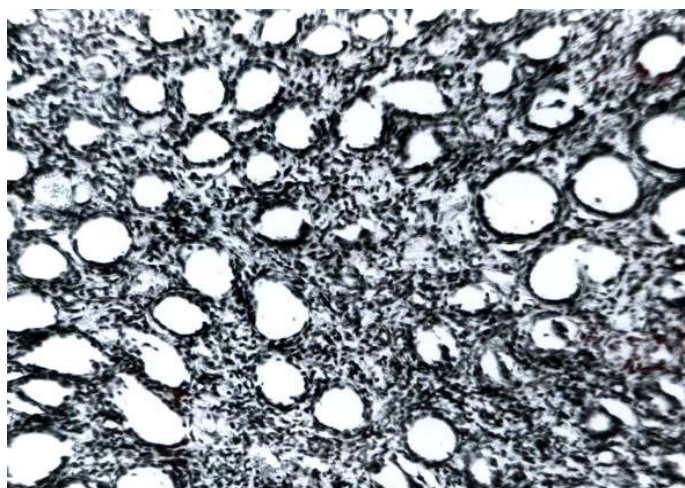


Рисунок 9 – Диффузные атрофические изменения канальцев с фиброзом интерстициальной ткани (ув.112, окрашено гематоксилином и эозином)

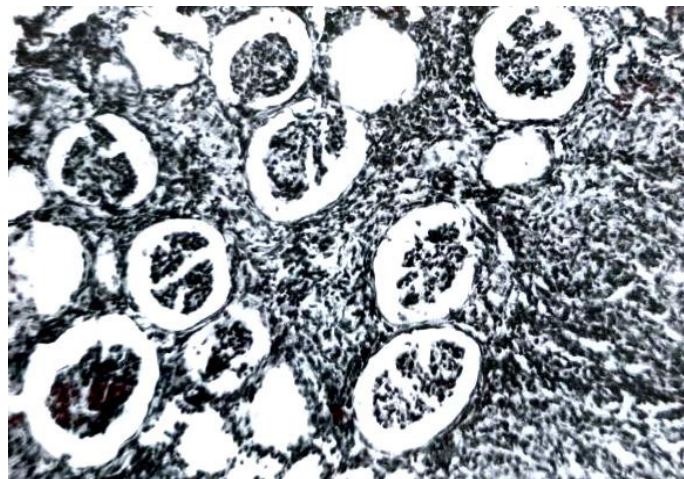


Рисунок 10 – Диффузная фибропластическая реакция в корковом слое почки с переходом в склерозирование и фиброз паренхимы (ув.112, окрашено гематоксилином и эозином)

В результате, интратрахеального введения пыли титанового шлака вызывало у животных развитие острого токсического тубулоинтерстициального нефрита с последующей хронизацией процесса с исходом в диффузный нефросклероз к концу эксперимента.

Таким образом, анализ морфологических исследований ткани почек лабораторных животных после интратрахеальной заправки пылью титанового шлака выявил значительные структурные изменения в этих органах как в ранние, так и в поздние сроки эксперимента. Доказано, что накопление токсико-химических веществ, входящих в состав пыли титанового шлака происходит преимущественно в тех органах, где осуществляются интенсивные биохимические процессы – в почках, оказывая как местное, так и общетоксическое воздействие на организм экспериментальных животных, подтверждение этому изменения показателей азотистого обмена крови, такие как остаточный азот изменился в 2-х, 4-х и 12ти недельные сроки эксперимента, а также в эти сроки изменился уровень мочевины, креатинина и экскреция оксипролина

Следовательно, экспериментальная модель (острого, подострого и хронического воздействия пыли титанового шлака) подтвердила токсичность действия пыли титанового шлака, содержащего в своем составе комплекс химических веществ, на внутренние органы.

Пыль состоит из многих частиц и характеризуется дисперсностью. Наиболее патогенной

является мелкодисперсная пыль (те пылевые частицы, которые имеют размер менее 5 мк). В эксперименте использовали порошок титанового шлака, размер частиц порошка в 95% случаев – 2 мк.

Изменения, возникающие в органах дыхания при воздействии аэрозолей магниевых сплавов, характеризуются развитием воспалительного процесса. К нему относятся, например, трахеита, бронхита, пневмонии, эмфиземы легких, с воспалительным процессом в легких, переходящим в диффузный пневмосклероз [11-14].

Исследования показали, что однократное интратрахеальное введение 25 мг дезинтегрирующего аэрозоля литий-магниевый сплав приводит к заболеванию умеренными изменениями органов дыхания, возникающими под влиянием конденсирующихся аэрозолей, данный процесс развивается медленно [15-18].

К примеру, пыль алюминий-магниевый сплав может вызывать умеренный пневмокониозный процесс, но пневмокониоз, вызванный вдыханием алюминий-магний сварочной пыли, радикально отличается от экспериментального силикотического процесса отсутствием типичных силикотических узелков, а также относительно благоприятным течением, слабым развитием соединительной ткани в паренхиме легкого [19-20].

Магний может обладать политропным действием, но механизм его действия на организм, а также на отдельные органы и системы изучен недостаточно. До настоящего времени патогене-

нез возможных токсических эффектов не выявлен.

Установлено, что порошок магния в дозе 1000-10000 мг/кг при пероральном введении не вызывает гибели животных. Порошок магния в концентрации 5,9, 8,3, 60,7 и 95,0 мг/м³ не вызывают летального исхода [21-22].

Магний в концентрациях $3,8 \text{ мг/м}^3 \pm 0,06 \text{ мг/м}^3$ может вызывать незначительное снижение уровня РНК в течение месячного периода воздействия. Однако через 6 мес в легочной ткани животных было обнаружено некоторое снижение содержания ДНК. Такие изменения возвращались к норме в конце периода восстановления. При вдыхании порошка магния в концентрации $84 \pm 5,0 \text{ мг/м}^3$ количество оксипролина в легких подопытных животных оказалось значительно выше, чем у животных в контрольной группе. Также наблюдалось увеличение количества РНК. Наиболее выраженные изменения содержания нуклеиновых кислот наблюдались в 3-месячном периоде, а в конце эксперимента наблюдалось быстрое снижение уровня РНК и ДНК [23-24].

У многих животных, когда в организме не хватает магния может блокироваться мембраносвязанные ферменты и что приводит к повышению содержания в крови ТГ, хиломикрон, ЛПНП. При нехватке магния в пищевом рационе может повлиять на состав жирных кислот, которые приводит блокированию синтеза арахидоновой кислоты [25-26].

Эти исследования способствуют разработке научных мероприятий по улучшению и оздоровлению здоровья работников промышленных предприятий.

Заключение

Экспериментальное моделирование с помощью однократного интратрахеального введения пыли титанового шлака экспериментальным животным под лёгким эфирным наркозом выявило выраженные изменения показателей азо-

тистого обмена крови и экскреции оксипролина в суточной моче. В остром периоде (2 недели), подостром (4недель) и хроническом (12 недель) выявлено достоверное увеличение уровня мочевины по сравнению с контролем, что указывают на умеренное накопление азотистых веществ, а значит пыль титанового шлака вызывает качественные изменения азотистых веществ. В ходе проведения эксперимента выявлено увеличение уровня креатинина, что свидетельствует о склонности повышенного распада креатининфосфата, которые осуществляют защиту энергетических затрат почек. Увеличение содержания оксипролина характеризует о его необходимости для фибринообразования внутренних органов, в частности почек как органа выведения ксенобиотиков. В подтверждение к этому цито- морфологические изменения. Нами обнаружено, что интратрахеальное введение пыли титанового шлака вызвало развитие острого токсического тубулоинтерстициального нефрита с последующей хронизацией процесса.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов, нами выявлены изменения показателей азотистого обмена крови и экскреция оксипролина с суточной мочой, которые коррелировали с цито – морфологические изменения внутренних органов. Следовательно, экспериментальная модель (острого, подострого и хронического воздействия пыли титанового шлака) подтвердила токсичность действия пыли титанового шлака, содержащего в своем составе комплекс химических веществ, на внутренние органы.

Благодарность, конфликт интересов

Авторы выражают благодарность администрации АО «УК ТМК» за предоставленную возможность проведения эксперимента в условиях комбината.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Литература

1. Артамонова В.Г. Актуальные проблемы промышленной экологии и профилактики профессиональных заболеваний// Вестник РАМН. – 1998. – № 1. – С.38-42.
2. Воробьев А.И. Вопросы теоретической гематологии /А.И .Воробьев, Е.М. Грецов, А.М. Кременецкая и другие//Тер. архив.-2003.-№9.-С.22.
3. Атчабаров Б.А. К вопросу о механизме общетоксического действия химических веществ //Медицина труда и промышленная экология. – 1998. – № 8. – С.21-25.
4. Зарицкая Е.В., Полозова Е.В., Богачева А.С. Современные альтернативные токсикологические методы исследования и перспективы их использования в практической деятельности //Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96. – №. 7. – С. 671-674.

5. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA.- Москва: «Медиа-сфера», 2000.- 312с.
6. Сидоренко Г. И., Меркурьева Р. В. Принципы научного обоснования системы критериев для гигиенической оценки предпатологических состояний (по метаболическим реакциям организма человека) // Гигиена и санитария. – 1983. – №. 6. – С. 6-9.
7. Аширбеков Г.К., Байгонова К.С. Некоторые особенности гигиенической регламентации химических веществ за рубежом // Вопросы физиологии, гигиены труда и профпатологии. – Караганда, 2004. – С. 55-59.
8. Иваницкая Н.Ф. Экспериментальные данные о воздействии ионизирующего излучения и тяжелых металлов на организм // Токсикологический вестник. - 1995.- №3.- С.21-24.
9. Байманова А.М. Роль иммуно-биохимических механизмов в патогенезе обструктивных заболеваний легких от воздействия цитотоксической пыли // Актуальные вопросы профессиональной патологии: сб. ст. – Караганда, 2005. – Вып. II. – С.85-89.
10. Ракишев Е.К. Экспериментальное обоснование значимости цито – химических изменений в легочной системе при воздействии марганец содержащей пыли // Астана медициналық журналы.- 2004.- №3.- С.118-121.
11. Шаймарданова Г.М., Манекенова К.Б., Федотовских Г.В. Морфологические изменения в печени животных при сочетанном воздействии облучения низкой интенсивности и полиметаллической рудничной пыли // Гигиена труда и медицинская экология.- 2008.- №2(9).- С. 72-77.
12. Wojcik Alicja, Brzeski Zdzistaw, Sobanska Ewelina, Karqul Maqdalena, Borzecki Andrzej. Hazard estimation for the chosen work stands in metallurgical industry // Ann. UMCS. D.- 2004.- 54.- №2.- p. 416-420.
13. Solonin Y. G., Katsyuba E. A. Thermoregulation and blood circulation in adults during short-term exposure to extreme temperatures // Human Physiology. – 2003. – Т. 29. – №. 2. – P. 188-194.
14. Баянова М.Ф. Цитогенетическая активность пыли металлического титана с учетом органной специфичности в эксперименте // Гигиена труда и пром. экология. – 2006. – № 2(11). – С.60-64.
15. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – a systematic review // Noise & Health. – 2019. – Т. 21. – №. 101. – P. 125.
16. Shibata Y. Kawai H, Igarashi T, Miyazaki T. Antibacterial titanium plate anodized by being discharged in NaCl solution exhibits cell compatibility // Journal of Dental Research. – 2004. – Vol.83. – №2. – P.115-119. <https://doi.org/10.1177/154405910408300206>
17. Cao H, Chen HQ, Wu J, Li L. Effect of titanium particles loading on the viability of mesenchymal stem cells after osteoblastic induction/ Institute of Biomedical Engineering, West China School of Preclinical and Forensic Medicine, Sichuan University, Chengdu 610041, China. Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.2004;35(3).3-6.
18. Caruso F, Rossi M. Antitumor titanium compounds and related metallocenes. Istituto di Chimica Biomolecolare, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Piazzale Aldo Moro 5, 1-00185, Rome, Italy. Met Ions Biol Syst. 2004; 42: 353-384.
19. Dalton JS, Janes PA, Jones NG, Nicholson JA, Hallam KR, Allen GC. Photocatalytic oxidation of NOx gases using TiO2: a surface spectroscopic approach. Interface Analysis Centre, University of Bristol, UK. Environ Pout. 2002; 120(2)215-222.
20. Tatkeev, T.A., Amanzhol, I.A., Zharylkasyn, Z.Z., Otarov, E.Z., & Musin, E.M. Biochemical and physiologic parameters in experimental animals subjected to complex of occupational factors // Meditsina truda i promyshlennaia ekologiia. – 2006. – №. 4. – P. 41-43.
21. Swain R., Kaplan-Machlis B. Magnesium for the next millennium // Southern medical journal. – 1999. – Т. 92. – №. 11. – p. 1040-1047.
22. Kontos H.A. Vascular endothelium. Physiological Basis of Chiminal Problems series A: Life Science. New York.- London.-1991.-V.47.-P.208.
23. Mishra B., Gostu S. Materials sustainability for environment: Red-mud treatment // Frontiers of Chemical Science and Engineering. – 2017. – Т. 11. – №. 3. – p. 483-496.
24. Udut, V.V., Naumov, S.A., Karpov, A.B., Volovodenko, V.A., & Dygai, A.M. Structural organization of life support systems at pathologic process development // Pathophysiology. –1995.– Т.2. – №.2. – p.123-127.
25. Russi M. et al. Comparative in vitro study of various titanium compounds on the immune system // Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia. – 2003. – Т. 25. – №. 3. – p. 69-70.
26. Фрумин Г.Т. Классификация вредных веществ по степени токсичности в острых опытах // Гигиена и санитария. – 1991. – №. 6. – С. 64-66.

References

1. Artamonova V.G. “Aktualnye problemy promyshlennoi ekologii i profilaktiki professionalnykh zabolevanii [Current problems of industrial ecology and prevention of occupational diseases].” Vestnik RAMN. no.1(1998): 38-42 (in Russian)
2. Vorobev A.I. “Voprosy teoreticheskoi gematologii [Issues in theoretical haematology].” Ter. arkhiv. no. 9 (2003):22 (in Russian)
3. Atchabarov B.A. “K voprosu o mekhanizme obshchetoksicheskogo deistviia khimicheskikh veshchestv [On the mechanism of the general toxic effects of chemicals].” Meditsina truda i promyshlennaia ekologiia: 8(2003):21-25 (in Russian)
4. Zaritskaia E.V., Polozova E.V., Bogacheva A.S. “Sovremennye alternativnye toksikologicheskie metody issledovaniia i perspektivy ikh ispolzovaniia v prakticheskoi deiatelnosti [Current alternative toxicological research methods and prospects for their use in practice].” Gigiena i sanitaria, 96, no. 7(2017): 671-674 (in Russian)

5. Rebrova O.Iu. "Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATIS-TICA [Statistical analysis of medical data. Application of the STATIS-TICA application package]." Moskva.«Media-sfera» Publ, 2000 (in Russian)
6. Sidorenko G.I., Merkureva R.V. "Printsiipy nauchnogo obosnovaniia sistemy kriteriev dlia gigienicheskoi otsenki predpatologicheskikh sostoianii (po metabolicheskim reaktsiiam organizma cheloveka) [Principles of scientific substantiation of a system of criteria for the hygienic assessment of pre-pathological conditions (based on the metabolic responses of the human body)]". *Gigiena i sanitariia*. no. 6(1983): 6-9 (in Russian)
7. Ashirbekov G.K., Baigonova K.S. "Nekotorye osobennosti gigienicheskoi reglamentatsii khimicheskikh veshchestv za rubezhom [Some features of hygienic regulation of chemicals abroad]". *Voprosy fiziologii, gigeny truda i profpatologii*.(2004):55-59 (in Russian)
8. Ivanitskaia N.F. "Eksperimentalnye dannye o vozdeistvii ioniziruiushchego izlucheniia i tiazhelykh metallov na organizm [Experimental evidence on the effects of ionising radiation and heavy metals on the body]". *Toksikologicheskii vestnik*. no. 3(1995):21-24 (in Russian)
9. Baimanova A.M. "Rol immuno-biokhimicheskikh mekhanizmov v patogeneze obstruktivnykh zabolevani legkikh ot vozdeistvii tsitotoksicheskoi pyli [The role of immuno-biochemical mechanisms in the pathogenesis of obstructive lung disease from cytotoxic dust exposure]". *Aktualnye voprosy professionalnoi patologii: sb.st.* 2(2005):85-89 (in Russian)
10. Rakishev E.K. "Eksperimentalnoe obosnovanie znachimosti tsito – khimicheskikh izmenenii v legochnoi sisteme pri vozdeistvii marganets soderzhashchei pyli [Experimental substantiation of the significance of cyto-chemical changes in the pulmonary system during exposure to manganese-containing dust]". *Astana meditsinalykh zhurnaly*. no. 3 (2004):118-121 (in Russian)
11. Shaimardanova G.M., Manekenova K.B., Fedotovskikh G.V. "Morfologicheskie izmeneniia v pečeni zhivotnykh pri sochetannom vozdeistvii oblucheniia nizkoi intensivnosti i polimetallicheskoi rudnichnoi pyli [Morphological changes in the liver of animals under the combined effect of low intensity irradiation and polymetallic mine dust]". *Gigiena truda i meditsinskaia ekologiya*. no. 2 (2008):72-77 (in Russian)
12. Wojcik Alicja, Brzeski Zdzistaw, Sobanska Ewelina, Karqul Maqdalena, Borzecki Andrzej. "Hazard estimation for the chosen work stands in metallurgical industry." *Ann. UMCS. D.*, 54. No. 2 (2004): 416-420.
13. Solonin Y. G., Katsyuba E. A. "Thermoregulation and blood circulation in adults during short-term exposure to extreme temperatures". *Human Physiology*, 29, no. 2(2003): 188-194.
14. Baianova M.F. "Tsitogeneticheskaya aktivnost pyli metallicheskogo titana s uchetom organnoi spetsifichnosti v eksperimente [Cytogenetic activity of titanium metal dust with regard to organ specificity in experiment]". *Gigiena truda i prom. ekologiya*. no. 2 (2006): 60-64 (in Russian)
15. Golmohammadi R., Darvishi E. "The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – a systematic review". *Noise & Health*, 21, no. 101(2019): 125.
16. Shibata Y. Kawai H, Igarashi T, Miyazaki T. "Antibacterial titanium plate anodized by being discharged in NaCl solution exhibits cell compatibility." *Journal of Dental Research*, 83, no.2 (2004): 115-119. <https://doi.org/10.1177/154405910408300206>
17. Cao H, Chen HQ, Wu J, Li L. "Effect of titanium particles loading on the viability of mesenchymal stem cells after osteoblastic induction". *China.Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*.35(2004):3-6.
18. Caruso F, Rossi M. "Antitumor titanium compounds and related metalocenes". *Met Ions Biol Syst*. 42(2004):353-384.
19. Dalton JS, Jones PA, Nicholson JA, Hallam KR, Allen GC. "Photocatalytic oxidation of NOx gases using TiO2: a surface spectroscopic approach". *Environ Pout*. 120(2002):215-222.
20. Tatkeev, T. A., Amanzhol, I. A., Zharylkasyn, Z. Z., Otarov, E. Z., & Musin, E. M. "Biochemical and physiologic parameters in experimental animals subjected to complex of occupational factors." *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. no. 4(2006): 41-43.
21. Swain R., Kaplan-Machlis B. "Magnesium for the next millennium." *Southern medical journal*, 92, no.11(1999):1040-1047.
22. Kontos H.A. "Vascular endothelium". *New York. -London*.471(991)-208.
23. Mishra B., Gostu S. "Materials sustainability for environment: Red-mud treatment". *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, 11, no.3(2017): 483-496.
24. Udut, V. V., Naumov, S. A., Karpov, A. B., Volovodenko, V. A., & Dygai, A. M. "Structural organization of life support systems at pathologic process development". *Pathophysiology*, 2, no.2(1995): 123-127.
25. Russi, M., Meliddo, G., Toto, E., Di Giampaolo, L., Travaglino, P., Appignani, M. & Boscolo, P. "Comparative in vitro study of various titanium compounds on the immune system". *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia*, 25, no.3 (2003): 69-70.
26. Frumin G.T. "Klassifikatsiya vrednykh veshchestv po stepeni toksichnosti v ostrykh opytakh [Classification of harmful substances by toxicity in acute experiments]". *Gigiena i sanitariia*. no. 6(1991): 64-66 (in Russian)

Авторлар туралы мәлімет

Дакиева Кульзипа Жүсіпқызы (корреспондентный автор) – биология ғылымдарының докторы, Сарсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, экология және география кафедрасының профессоры (Өскемен, Қазақстан, email: ecology-2014@mail.ru)

Саспугаева Гүлнур Ержановна – қоршаған ортаны қорғау ғылымдары саласындағы PhD, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қоршаған ортаны қорғауды басқару және инжиниринг кафедрасының доценті (Астана, Қазақстан, email: gulnur_erzhanovna@mail.ru)

Тусупова Жазгул Болатовна-биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қоршаған ортаны қорғауды басқару және инжиниринг кафедрасының доценті. (Астана, Қазақстан, email: zh_tusupova@mail.ru)

Құмарбекұлы Санат (корреспондентный автор) – техника ғылымдарының магистрі, С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Экология және география кафедрасының сениор лекторы (Өскемен, Қазақстан, email: sanat_kv@mail.ru)

Тунгушбаева Зухра Кыдыргазиновна – техника ғылымдарының кандидаты, Сарсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университет, экология және география кафедрасының аға оқытушысы, ҚР МШККӨ ҰО РМК «ВНИИцветмет» филиалының ғылыми хатшысы (Өскемен, Қазақстан, email: zuhra06@mail.ru)

Information about authors:

Dakieva Kulzipa Zhusupovna (corresponding author) – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Geography Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: ecology-2014@mail.ru)

Saspugayeva Gulnur – PhD in environmental sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Management, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, email: gulnur_erzhanovna@mail.ru)

Tussupova Zhazgul – Candidate of biological sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Engineering and Management, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, email: zh_tusupova@mail.ru)

Kumarbekuly Sanat (corresponding author) – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Ecology and Geography, Sarsen Amanzholov University of East Kazakhstan (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: sanat_kv@mail.ru)

Tungushbayeva Zuhra Kydyrgazinovna – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of Ecology and Geography Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University; Scientific Secretary of the RSE “NC CPMRM RK” VNIItsvetmet branch (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, email: zuhra06@mail.ru)

Поступила 18 января 2023 года

Принята 25 марта 2024 года

М.Н. Темирбекова¹ , З.А. Туkenова²  Д.О. Тамабай^{3*} 

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Казахстан, г. Алматы

²Институт зоологии КН МНВО РК, Казахстан, г. Алматы

³Национальная инженерная академия РК, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: dtamabay@gmail.com

ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ И БИОИНДИКАТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВ ГОРОДА АЛМАТЫ

Для улучшения состояния воды и почвы в Республике Казахстан необходимо регулярно проводить мониторинг. Статья содержит обзор, анализ и оценку состояния водных ресурсов и почвенного покрова г. Алматы. Проведено химико-аналитическое и биоиндикационное исследование водных ресурсов и почв в г. Алматы для оценки экологического состояния города. В работе использовался химико-аналитический метод исследования снежного покрова с выявлением наиболее загрязненных точек города; метод проращивания кресс-салата, в целях индикации воды и почвы. Проведение исследований водных ресурсов и почв в г. Алматы и их мониторинг позволят получить картину состояния окружающей среды, выявить потенциальные проблемы и принять меры для улучшения качества водных ресурсов и почв. Наилучшие показатели роста кресс-салата наблюдаются на исследуемой фоновой точке Медеу. По результатам исследования установлено критическое состояние воды, почвы в нижней части города и в местах высокой концентрации транспорта. Высокие концентрации взвешенных частиц, диоксида углерода и нефтепродуктов выявлены в районе Аль-Фараби, с большим потоком автомашин в течение суток. Результаты могут быть использованы при мониторинге окружающей среды и разработке мер по снижению загрязнения воды и почвенного покрова как в г. Алматы, так и в республике.

Ключевые слова: водные ресурсы, мониторинг объектов окружающей среды, химико-аналитическое исследование, биоиндикационное исследование.

M. Temirbekova¹, Z. Tukenova², D. Tamabay^{3*}

¹Almaty University of power engineering and telecommunications named after G. Daukeev, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Zoology of the Ministry of Higher Education and Science of the RK, Kazakhstan, Almaty

³National Engineering Academy of the RK, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: dtamabay@gmail.com

Chemical-analytical and bioindication study of water resources and soils of Almaty

To improve the condition of water and soil in the Republic of Kazakhstan, it is necessary to conduct regular monitoring. The article contains an overview, analysis and assessment of the state of water resources and soil cover of Almaty. A chemical-analytical and bioindication study of water resources and soils in Almaty was conducted to assess the ecological state of the city. The work used a chemical-analytical method of studying the snow cover with the identification of the most polluted points of the city; the method of sprouting watercress, in order to indicate water and soil. Conducting studies of water resources and soils in Almaty and monitoring them will allow to get a view of the state of the environment, identify potential problems and take measures to improve the quality of water resources and soils. The best growth rates of watercress are observed at the studied background point of Medeu. According to the results of the study, the critical condition of water, soil in the lower part of the city and in places of high concentration of transport was established. High concentrations of suspended particles, carbon dioxide and petroleum products were detected in the Al-Farabi area, with a large flow of cars during the day. The results can be used in environmental monitoring and the development of measures to reduce water and soil pollution both in Almaty and in the republic.

Key words: water resources, monitoring of environmental objects, chemical-analytical research, bioindicative research.

М.Н. Темирбекова¹, З.А. Тукенова², Д.О. Тамабай^{3*}

¹ Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы қ.

² ҚР ЖБҒМ ҒК Зоология институты, Қазақстан, Алматы қ.

³ ҚР Ұлттық инженерлік академиясы, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: dtamabay@gmail.com

Алматы қаласының су ресурстары мен топырағын химиялық-талдамалық және биоиндикациялық зерттеу

Қазақстан Республикасындағы су мен топырақтың жай-күйін жақсарту үшін үнемі мониторинг жүргізу қажет. Мақалада Алматы қаласының су ресурстары мен топырақ жамылғысының жай-күйіне шолу, талдау және бағалау қамтылған. Қаланың экологиялық жағдайын бағалау үшін Алматы қаласындағы су ресурстары мен топырақтарға химиялық-талдамалық және биоиндикациялық зерттеу жүргізілді. Жұмыста қаланың ең ластанған нүктелерін анықтай отырып, қар жамылғысын зерттеудің химиялық-аналитикалық әдісі қолданылды; су мен топырақ индикациясын көрсету мақсатында кресс-салат өсіру әдісі қолданылды. Алматы қаласында су ресурстары мен топырақтарға зерттеулер жүргізу және олардың мониторингі қоршаған ортаның жай-күйінің сипаттамасын алуға, ықтимал мәселелерді анықтауға және су ресурстары мен топырақтың сапасын жақсарту үшін шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Кресс-салаттың ең жақсы өсу қарқыны зерттелетін Медеудің фондық нүктесінде байқалады. Зерттеу нәтижелері бойынша қаланың төменгі бөлігінде және көліктің жоғары шоғырланған жерлерінде судың, топырақтың сыни жағдайы анықталды. Салмақты бөлшектердің, көмірқышқыл газының және мұнай өнімдерінің жоғары концентрациясы әл-Фараби ауданында тәулік ішінде автомобильдердің үлкен ағынымен анықталды. Нәтижелер қоршаған ортаны мониторингілеу және Алматы қаласында да, республикада да су мен топырақ жамылғысының ластануын төмендету жөніндегі шараларды әзірлеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Су ресурстары, қоршаған орта объектілерінің мониторингісі, химиялық-аналитикалық зерттеу, биоиндикативті зерттеу.

Введение

Казахстан внутриконтинентальная страна с ресурсоориентированной экономикой, которая является наиболее уязвимой. Антропогенные и климатические факторы оказывают влияние на ресурсы речных водоемов, и за период с 1974 по 2008 год они сократились на 23,8 кубических километров в год (что составляет 21%). К 2030 году нехватка водных ресурсов может достигнуть 9 кубических километров в год, а к 2050 году – до 19 кубических километров в год. Перемены климатических условий, активное таяние ледников и интенсивная хозяйственная деятельность в трансграничных бассейнах приводят к различным факторам дестабилизации. На данный момент около 180 миллионов гектаров территории страны, из общей площади 272,5 миллиона гектаров, подвергаются различным степеням опустынивания, а 27,1 миллиона гектаров из них являются пастбищами, которые могут быть крайне деградированы [1]. Анализ состояния почвенного покрова показывает, что происходит интенсивный процесс деградации почв по всей территории Казахстана, что отрицательно сказывается на экологии почвенного покрова. В целом, биоиндикаторное исследование позволяет получить более полную картину экологиче-

ского состояния водных и почвенных ресурсов г. Алматы, что может помочь в принятии решений по охране окружающей среды и устойчивому использованию природных ресурсов.

В современном обществе вода играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития сельского хозяйства, энергетического сектора и промышленного сектора, а также сохранении окружающей природы. Исследование, проведенное Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), показывает, что недостаток и загрязнение питьевой воды являются основными факторами, влияющими на ухудшение здоровья людей по всему миру. Быстрый рост населения создает дополнительные проблемы при обеспечении устойчивого доступа к питьевой воде и ставит перед нами экономические вызовы. На конференции Организации Объединенных Наций по защите окружающей среде в 1992 году, которая проходила в Рио-де-Жанейро, международное сообщество придало приоритет управлению водными ресурсами и осознало важность этих ресурсов в преддверии нового столетия.

В Республике Казахстан существуют значительные проблемы, связанные с дефицитом воды, который может быть вызван колебаниями в зависимости от сезона, а также по территориальным признакам водных ресурсах. Казахстан

находится на нижнем течении основных трансграничных водных бассейнов, что существенно влияет на его водные ресурсы. Половина поверхностных водных ресурсов Казахстана поступает с территорий Китая, Узбекистана, Кыргызстана и России. Недостаток водных ресурсов во многих речных бассейнах привел к полному исчерпанию водных ресурсов, которые полностью используются для хозяйственных нужд. При текущем уровне потребления воды в ближайшем будущем ожидается постоянный дефицит водных ресурсов. В Стратегии по развитию Республики Казахстана до 2030 года приоритетным становится решение проблемы обеспечения водоснабжения. В настоящее время особое значение придается межгосударственному сотрудничеству с целью совместного и целесообразного использования рек прилегающих к трансграничной зоне, а также бассейнов Аральского и Каспийского морей. В связи с высоким спросом на водные ресурсы и также с высоким ростом потребностей существует необходимость разработки целенаправленной и основополагающей политики регулирования водного потенциала, которая будет учитывать разные аспекты водоснабжения населения, разнообразных отраслей экономики страны и природных комплексов. Данные аспекты имеют большую важность, потому как использование водных ресурсов часто сталкивается с многочисленными противоречиями, которые могут возникать на межотраслевом уровне, а также территориальным и межгосударственным особенностям. Вопросы, связанные с обеспечением водоснабжения, тесно связаны с проблемами межгосударственного использования трансграничных ресурсов поверхностных и подземных вод. Также важны риски, связанные с конфликтами в области гидроэнергетики и ирригации, а также недостаточная система управления водными ресурсами. На данный момент необходимо проводить междисциплинарные исследования водных объектов в Казахстане с учетом экологических составляющих. Для анализа состояния водной инфраструктуры, включая поверхностные водные ресурсы, необходимо провести обновление и актуализацию с использованием современных методов математического моделирования и планирования. Специалисты, занимающиеся водным хозяйством в республике, сталкиваются с проблемой отсутствия информации о конкретных реках и их характеристиках, поэтому требуется проведение детальной паспортизации всех водных объектов. Важной задачей для гидрометеорологической науки

становится тщательный мониторинг, оценка и прогнозирование состояния водных ресурсов [2].

Практика регулирования показывает, что задачи, которые затрагивает дефицит водных ресурсов становятся все более комплексными и тесно взаимодействуют и с другими важными отраслями, в число которых относятся сельское хозяйство, энергетический сектор, промышленное производство, транспорт, коммуникации и связь. Социальный сектор, включая образование, окружающую среду, здравоохранение и сельское или региональное развитие также имеют прямое отношение к данной проблеме [3-4].

В прошлом веке в Алматинской области были построены несколько гидротехнических сооружений, таких как Капшагайская ГЭС, Большой Алматинский канал и плотина на реке Карагайлы. Однако в настоящее время эти сооружения находятся в плачевном состоянии. Капшагайская ГЭС была построена в 1980 году и имеет установленную мощность 364 МВт (после перемаркировки в 1994 году). Однако из-за экологических и хозяйственных ограничений, связанных с объемами сбросов воды в нижний бьеф, ГЭС не может полностью использовать свой потенциал по мощности и производству электроэнергии. Капшагайская ГЭС является плотинного типа.

Проблемы водных ресурсов в Алматы всегда стояли на заднем плане по сравнению с проблемами воздуха, почвы и озеленения. Однако неправильное строительство, воздействие человеческого фактора и производственные процессы приводят к загрязнению воды и угрозе здоровью горожан. Плохое качество воды становится причиной различных заболеваний, таких как анемия, диарея, гепатит Е и А, а также ботулизм. Для обеспечения водой орошаемых земель и освоения новых территорий в Алматинской области был создан Большой Алматинский канал. В начале 1980-х годов канал был полностью введен в эксплуатацию и являлся последним крупномасштабным проектом советского периода в Казахстане. Его протяженность составляет 168 км. Однако на данный момент Большой Алматинский канал находится в ужасном состоянии: его территория застроена частными домами, а система водоотведения забита илом уже более 30 лет.

В настоящее время канал не служит для доставки воды в город, а стал простым местом для сброса бытовых отходов. Таким образом, Большой Алматинский канал, который изначально

был предназначен для решения проблемы нехватки воды в Алматинской области, превратился в проблему, не выполняющую свою функцию, и стал местом накопления больших объемов бытовых отходов.

В верхней части города Алматы находится гидротехническое сооружение – Карагайлы (Каргалинка) Дамба. Длина дамбы составляет 57 км, когда как водосборная площадь составляет – 98 км². Река Каргалинка имеет 15 небольших притоков, общей протяженностью 27 км, которые питаются из родников. В настоящее время из-за селя 2015 года это дамба не функционирует и санитарное состояние реки оценивается как неудовлетворительное. Из-за отсутствия плотины изменился климат в Наурызбайском районе, стало заметно теплее и появились комары [4].

В рамках выполняемого авторами ПЦФ №BR18574148 «Развитие геоинформационных систем и мониторинга объектов окружающей среды» используются математическое и компьютерное моделирование экологических ситуаций, который является важным инструментом в современном проектировании гидротехнических сооружений. Разрабатываемая ГИС способствует более глубокому пониманию экологических взаимосвязей и принятию обоснованных решений для сохранения природной среды. Наряду с проблемами технологического обслуживания

крупных водоресурсных сооружений, существует проблема техногенного загрязнения воды и почвы от тяжелых аэрозолей выделяемых ТЭЦ, промышленных предприятий, строительства, автотранспорта. Данная статья является одной из задач выполняемой программы и содержит результаты изучения загрязнения водных ресурсов и почвенного состава. Было проведено два эксперимента, где были рассмотрены химико-аналитическое исследование снежного покрова и проращивание кресс-салата.

Результаты и обсуждение

1. Химико-аналитическое исследование снежного покрова

В работах по анализу химико-географического состоянию снега и снежного покрова показано, что при выпадении снега количественные показатели концентрации веществ, которые относятся к классу «загрязнители» обычно на 2-3 порядка больше, чем в атмосфере, таким образом химические анализы на наличие данных веществ с высокой степенью точности были проведены в лаборатории химико-аналитических исследований ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина. Численной обработкой результатов химического анализа получена оцифрованная карта распространения вредных веществ на территории города.

Таблица 1 – Методы химических анализов

Наименование химического вещества	Единица измерения	Метод испытания
Водородный показатель	единицы рН	СТ РК ISO 10523-2013
Взвешенные вещества	мг/дм ³	СТ РК 2015-2010
Диоксид углерода*	мг/дм ³	ГОСТ 26449.3-85
Сероводород	мг/дм ³	ГОСТ 26449.3-85; п.3
Нефтепродукты, суммарно	мг/дм ³	KZ.07.00.01667-2017
Нитриты	мг/дм ³	ГОСТ 33045-2014
Сульфаты	мг/дм ³	СТ РК 1015-2000
Свинец (Pb, суммарно)	мг/дм ³	СТ РК ИСО 8288-2005
Цинк (Zn ²⁺)	мг/дм ³	СТ РК ИСО 8288-2005
Медь (Cu, суммарно)	мг/дм ³	СТ РК ИСО 8288-2005
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/дм ³	СТ РК ИСО 8288-2005
Кобальт (Co)	мг/дм ³	СТ РК ИСО 8288-2005
Никель (Ni, суммарно)	мг/дм ³	СТ РК ИСО 8288-2005

В Таблице 1 представлены методы химических анализов, которые применялись для каждого компонента.

Снег выпал в г. Алматы 10 января 2023 года. Пробы репрезентативного вида «лежащего» снега были отобраны 20-21 января 2023 года в 22 точках города. 20 точек отбора сне-

га соответствуют расположению автоматизированных станций мониторинга (АСМ) ТОО «Экосервис-С» (таблица 2). ТОО «Экосервис-С» имеет всего 20 экологических постов АСМ (таблица 1) в городе Алматы, данные которых размещаются на сайте <http://185.125.44.116:8085/Maps/AlmatyFree>.

Таблица 2 – Адреса постов АСМ, расположенные по городу Алматы, по которым собирались образцы снежного покрова

№	Адреса расположения постов АСМ	№	Адреса расположения постов АСМ
001	Ясли-сад №130	012	ул. Бокейханова 97
002	Ясли-сад №11	013	ул. Павлодарская 33
003	Ясли-сад № 184	014	ул. Сагадад Нурмагамбетова 150, НТА
004	Кладбище Кенсай 1	015	ул. Садуакасулы, д. 47, шк. №176
005	Школа №52	016	Алгабас, ул. Алдияра 16 (шк. № 185)
006	Ясли-сад №149	017	КазНМУ, Толе би
007	Школа №150	018	Керей Жанибек Хандар 276
008	Школа №144	019	ул. Татибекова, д. 27 (Библиотека им. С. Сейфуллина)
009	Школа №86	020	на территории природного парка Медеу, возле въездной группы Медеу, Шымбулак
010	Ясли-сад №66	021	Известковый
011	Кульдзинский тракт, Экопост Думан	022	Вдоль проспекта аль-Фараби

Для фоновой концентрации выбран район Известковый выше г. Каскелен (таблица 2). Для сравнительного анализа отбор снежного покрова проведен в наиболее загрязненном районе по проспекту Аль-Фараби перед Казахфильмом (таблица 2). Отбор снега проводился из площади 1м² пластмассовой лопаткой. Пробы снежного покрова таяли при комнатной температуре, далее талую воду отфильтровывали.

Стандарт СТ РК ISO 10523-2013 в точности соответствует международному стандарту ISO 10523:2008, который относится к качеству воды и определению рН. Международный стандарт ISO 10523:2008 был разработан Техническим комитетом ISO/ТК 147, известным как «Качество воды», в рамках Международной организации по стандартизации (ISO). Настоящий стандарт устанавливает процедуру определения уровней рН в различных источниках воды, включая дождевую воду, питьевую воду, мине-

ральную воду, воду в плавательных бассейнах, поверхностные воды, грунтовые воды, городские сточные воды, промышленные сточные воды и загрязненную воду. Диапазон рН, охватываемый настоящим стандартом, составляет от 2 до 12 рН, при ионной силе раствора ниже или равной 0,3 моль/кг. Электропроводность должна быть менее 2000 МКС/м при 25°С. Диапазон температур для анализа составляет от 0°С до 50°С. Определение рН достигается путем измерения разности потенциалов гальванического элемента с помощью подходящего рН-метра. Важно отметить, что из-за равновесия диссоциации на значение рН образца влияет температура. Следовательно, наряду с измерением рН всегда определяется температура образца. Стоит отметить, что все другие методы химического анализа различных компонентов, описанные в настоящем стандарте, также соответствуют международным стандартам.

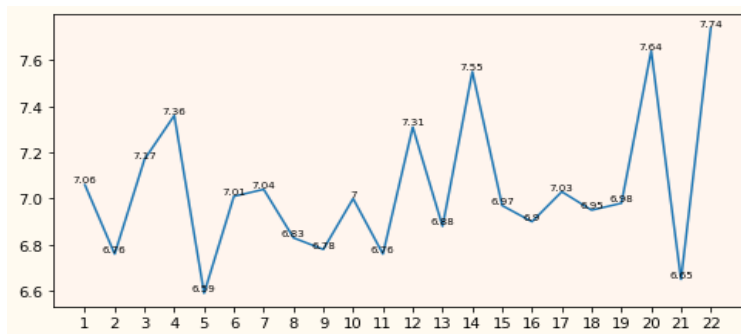


Рисунок 1 – Водородный показатель (pH)

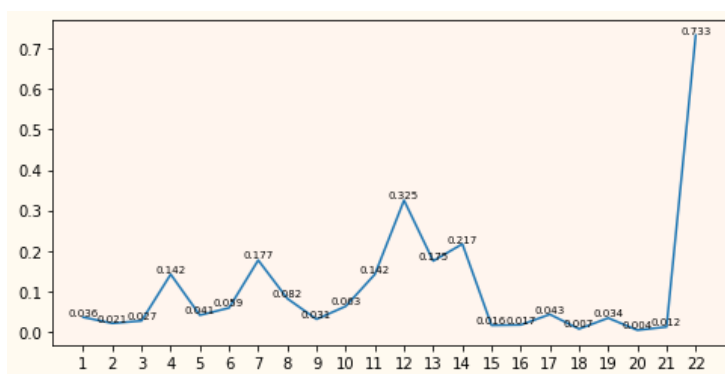


Рисунок 2 – Показатель взвешенных частиц (PM₁₀, PM_{2.5}), мг/дм³

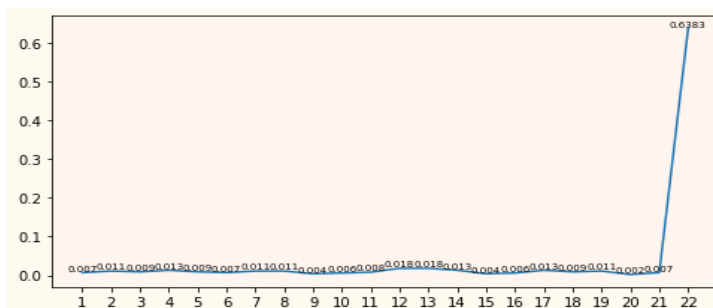


Рисунок 3 – Показатель диоксида углерода (CO₂), мг/дм³

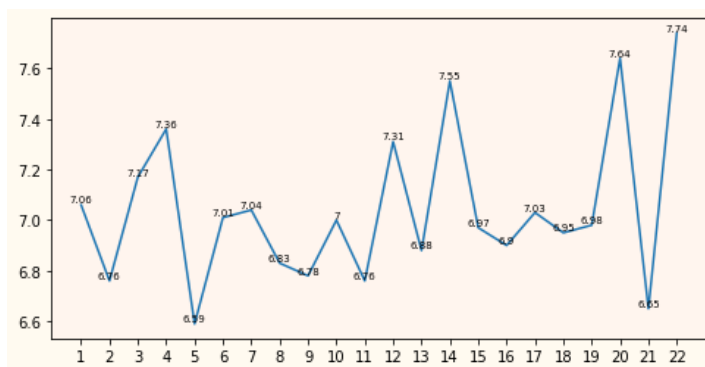


Рисунок 4 – Показатель нефтепродуктов, мг/дм³

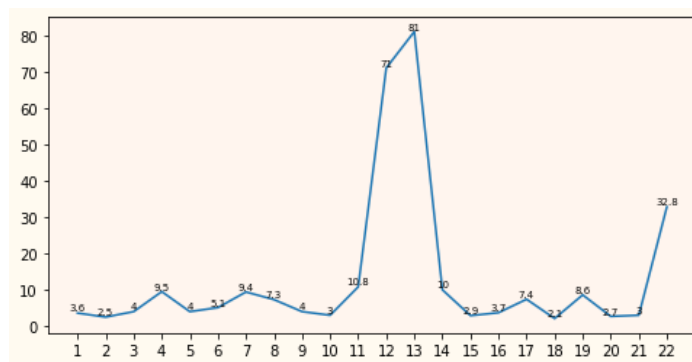


Рисунок 5 – Показатель сульфатов, мг/дм³

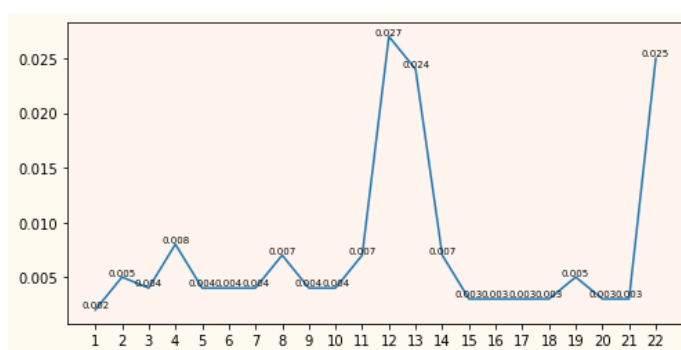


Рисунок 6 – Показатель свинца (Pb), мг/дм³

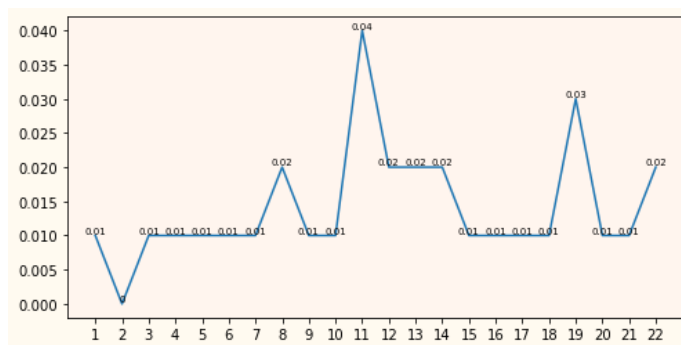


Рисунок 7 – Показатель цинка (Zn), мг/дм³

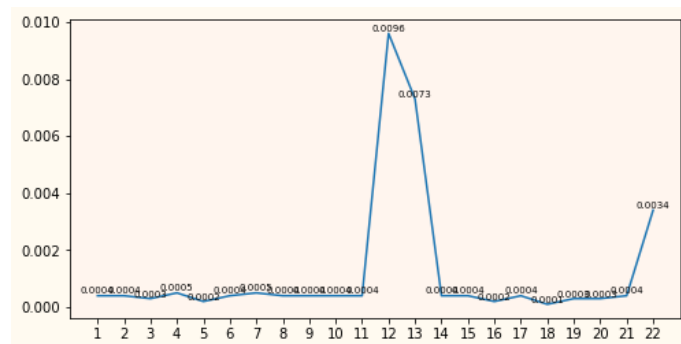


Рисунок 8 – Показатель кадмия (Cd), мг/дм³

На графиках (рисунки 1–8) представлены результаты химико-аналитических исследований, направленных на определение уровня различных загрязняющих веществ, включая взвешенные вещества, диоксид углерода, нефтепродукты, сульфаты, свинец (Pb), цинк (Zn^{2+}), кадмий (Cd) и другие. Данные показателей, таких как сероводород, нитриты и тяжелые металлы медь (Cu), кобальт (Co) и никель (Ni), либо не были обнаружены, либо были обнаружены в небольших и безопасных количествах. Гидрохимический анализ показал, что уровень загрязняющих веществ в снежном покрове, собранном у автоматизированных станций мониторинга на некоторых улицах города, был значительно выше, чем в других точках сбора. Однако на улицах, таких как Садуакасулы 47 (шк. №176), Керей Жанибек Хандар 276 и в природном парке Медеу, были получены низкие показатели загрязняющих веществ.

Для речной воды водородный показатель (рН) варьируется между значениями 6,5–8,5, в дождевой воде и талом снеге – 4,6–6,1, в болотной жидкости – 5,5–6,0, в морской воде – 7,9–8,3. Показатели рН свидетельствуют о том, что вода нейтральная.

Показатель взвешенных частиц (PM₁₀, PM_{2.5}), диоксида углерода (CO_2) и нефтепродуктов имеет высокую концентрацию в районе проспекта Аль-Фараби (Казахфильм), где уровень машин значительно высокий в часы пик. Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) составляет 0,035 мг/м³ (PM_{2.5}) и 0,06 мг/м³ (PM₁₀); максимальная разовая – 0,16 мг/м³ и 0,3 мг/м³; среднегодовая – 0,025 мг/м³ и 0,04 мг/м³ соответственно, согласно графику, концентрация составляет 0,7 мг/дм³.

Показатели нефтепродуктов имеют достаточно высокие концентрации в точках природного парка Медеу, ул. Сагадад Нурмагамбетова, Кладбище Кенсай. Высокие концентрации сульфатов и кадмия наблюдаются в точках 12 и 13 (ул. Бокейханова 97 и ул. Павлодарская 33 соответственно), уровень свинца в снежном покрове в данных точках тоже значительно высокий в отличии от других точек. Показатели свинца в точке вдоль проспекта Аль-Фараби тоже имеет достаточно высокий показатель. На точках сбора снежного покрова Кульджинского тракта и Библиотеки им. С. Сейфуллина наблюдаются высокие концентрации цинка.

2. Загрязнение почв

Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование почв г. Алматы имеет важное значение для охраны здоровья населения.

Если почвы загрязнены, это может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека, таким как ухудшение качества питьевой воды, риски заболевания раком и другими заболеваниями.

Основной целью химико-аналитического и биоиндикативного исследования почвы является определение уровня загрязнения различными веществами, такими как тяжелые металлы, пестициды, гербициды и другие химические соединения, которые могут оказывать существенное влияние на состояние человека и экосистему в целом.

Человеческое здоровье зависит от окружающей среды, в которой мы живем. Мы обычно обращаем внимание на качество питьевой воды и атмосферного воздуха, которыми пользуемся, но редко задумываемся о влиянии состояния почвы на наше здоровье. Почва является важным элементом в биогеохимической пищевой цепи и первым этапом передачи тяжелых металлов в системе, где цепочка может быть представлена в следующем виде «почва – растение – животное – пища – человек». Почва и ее состояние может оказывать существенное влияние на здоровье человека, поскольку является основополагающим ресурсом в сельском хозяйстве, а также оказывает влияние как на растительную продукцию и животноводство[5].

Существует безусловная связь между состоянием почвы и здоровьем человека. Почвы являются основной средой для накопления тяжелых металлов, которые поступают из атмосферы, опадов, растительных и животных остатков и других источников. В отличие от воздуха и воды, почвы подвержены сильному воздействию городской среды и быстро поглощают загрязнители [6,7].

Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами, особенно в больших городах и быстро развивающихся промышленных центрах, является одной из актуальных проблем Казахстана экологического характера. Тяжелые металлы имеют адсорбционные способности и активно взаимодействуют с органической частью почвы, образуя при этом соединения малорастворимого характера. Большая часть металлов в почвах может наблюдаться на расстоянии 1-3 км [8].

Транспортные средства играют огромную роль в загрязнении почвенного покрова городов, количество которого в с каждым годом значительно увеличивается. Основные очаги сильного загрязнения почв от работы промышленных предприятий сформировались в окрестностях

городов Алматы и Усть-Каменогорска. В данных городах содержание свинца, меди, цинка и кадмия в почве в несколько раз превышают предельно допустимую концентрацию (ПДК) [9].

Проведенный анализ текущего состояния почвенного покрова свидетельствует о интенсивных процессах деградации и ухудшении экологии почв на всей территории Казахстана. Согласно оценке качества земель, в Республике Казахстан, более 90 миллионов гектаров земель подвержены эрозии и эрозионной опасности, из которых фактически эродированными являются 29,3 миллиона гектаров. Под воздействием ветровой эрозии (дефляции) находится 24,2 миллиона гектаров или 11,3% сельскохозяйственных угодий [10].

Основными источниками антропогенного загрязнения города тяжелыми металлами являются промышленные предприятия, тепловые электростанции, автотранспорт, химические средства для защиты сельскохозяйственных угодий от вредителей, а также различные отходы. Только за последний год в атмосферу городов было выброшено более 107 тысяч тонн загрязняющих веществ. При этом менее 50% выбросов приходится на автотранспорт, около 46% связано с деятельностью ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 и других предприятий, а 4,3% приходится на частный сектор. На данный момент в городе Алматы действует около 1,5 тысячи промышленных предприятий [11].

Исходя из имеющихся данных, очевидно, что антропогенная деятельность человека оказывает значительное воздействие на окружающую среду. На долю техногенных источников приходится 94-97% выбросов свинца, 84-89% выбросов кадмия, 56-87% выбросов меди, 66-75% выбросов никеля и 58% выбросов ртути, а остальная часть поступает из природных источников. Основным источником загрязнения атмосферы и почвы, как упоминалось ранее, является деятельность автотранспорта. Промышленные выбросы выделяют тяжелые металлы в окружающую среду, и эти соединения часто более растворимы, чем их природные аналоги [12–13]. Следовательно, когда эти химические соединения попадают в почву, они накапливаются и постепенно изменяют химические и физические свойства почвы. Это накопление также приводит к сокращению биологического разнообразия и снижению рождаемости [14]. Более того, эти тяжелые металлы попадают в растения, животных и, в конечном счете, в организм человека, что приводит к отравлениям и различным заболеваниям. Хотя степень роли животных в

транспортировке веществ в наземных экосистемах еще не до конца понята, в последнее время особое внимание уделяется изучению мезофауны. Исследователи признали важность мезофауны для оценки почвенных условий [15].

Благополучие в области безопасности пищевых продуктов и глобальной экологии напрямую связано с состоянием почвы. Именно при потреблении пищи тяжелые металлы в первую очередь попадают в организм человека и животных. Различные источники указывают, что от 40 до 80% потребления тяжелых металлов происходит с пищей, в то время, как только 20-40% поступает из атмосферного воздуха и водных ресурсов [16]. Следовательно, уровень накопления тяжелых металлов в растениях, используемых в пищу, играет решающую роль в определении состояния здоровья населения. Когда химические соединения попадают в почву, они накапливаются и постепенно вызывают изменения в ее химических и физических свойствах. Это накопление также приводит к снижению биологического разнообразия и фертильности [14]. Учитывая, что почва является важным компонентом природных экосистем, становится необходимым исследовать изменения в ее нынешнем состоянии в результате деятельности человека.

Использование комбинации химико-аналитических и биоиндикаторных методов позволяет получить более полное представление о состоянии почвы и оценить его воздействие на экосистему в целом. Применение таких методов может быть полезным для разработки стратегий сохранения и управления почвенными ресурсами.

Биоиндикативные методы включают использование живых организмов, таких как растения, бактерии и насекомые, для определения уровня загрязнения почвы. Один из примеров биоиндикаторов, используемых в химико-аналитическом и биоиндикативном исследовании почв, – это кресс-салат, который можно выращивать в почвах, чтобы оценить уровень загрязнения почвы.

Таким образом, химико-аналитическое и биоиндикативное исследование почв является важным инструментом для оценки качества почвенной среды и определения ее влияния на экосистему и здоровье населения. Оно позволяет выявлять проблемы, связанные с загрязнением почвы, и разрабатывать меры по ее улучшению.

3. Эксперимент с кресс-салатом

Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв г. Алматы было связано с исследованием кресс-салата (*Lepidium Savitum* L.), который является одним из

видов растений, часто используемых в качестве биоиндикаторов для оценки качества водных ресурсов и почв, эксперимент проводился в лабораторных условиях. В качестве биотеста использовали растения кресс-салата. Кресс-салат – это травянистое растение с годичным жизненным циклом, характеризующееся невысоким ростом от 20 до 50 см в фазе созревания. Его листья имеют перисто-рассеченную структуру, при этом верхние листья кажутся прямыми. Растение обладает тонким стержневым корнем.

Кресс-салат (*Lepidium Sativum* L.), обладает особенной чувствительностью к загрязнениям воды и почвы и может быть использован для оценки уровня загрязнения различными веществами, такими как тяжелые металлы, пестициды и другие химические соединения. В качестве биоиндикатора кресс-салат используется для сбора данных о концентрации различных загрязнителей в окружающей среде.

Лабораторный эксперимент проводился в условиях естественного освещения при температуре от +23°C до +25°C. Его целью было изучить влияние уровней загрязнения талой воды в различных местах Алматы на прорастание семян кресс-салата (*Lepidium sativum* L.). Образцы

снега были собраны в 22 точках Алматы и впоследствии подвергнуты химическому анализу в лаборатории ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина».

Эксперимент включал помещение по 10 семян кресс-салата в каждую из медицинских стеклянных банок вместе с 30 мл талой воды. Девять образцов были подготовлены и исследованы 22 января 2023 года, в то время как 14 образцов были подготовлены и исследованы 23 января 2023 года. Семенам кресс-салата давали прорасти в талой снеговой воде из разных мест сбора в течение 7 дней. Параметры, оцененные в ходе эксперимента, включали общее количество посеянных семян, обозначенное как 100%, и процент проросших семян, представленный как X%. Были исследованы саженцы из соответствующих проб талой воды. Примечательно, что семена начали прорастать уже на третий день эксперимента, а зарегистрированные количества были задокументированы и показаны на рисунке 9. Кроме того, были измерены и сравнены длины как саженцев, так и корней растений, как показано на рисунке 10. В качестве контрольной точки в этом эксперименте рассматривался образец 23.

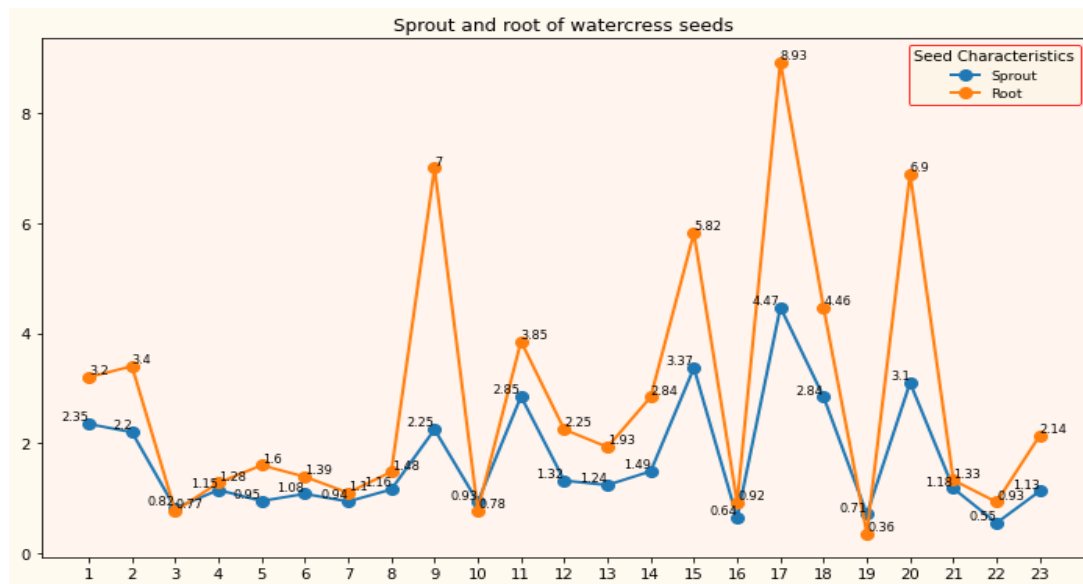


Рисунок 9 – Количество выращенных листьев кресс-салата по 23 образцам воды

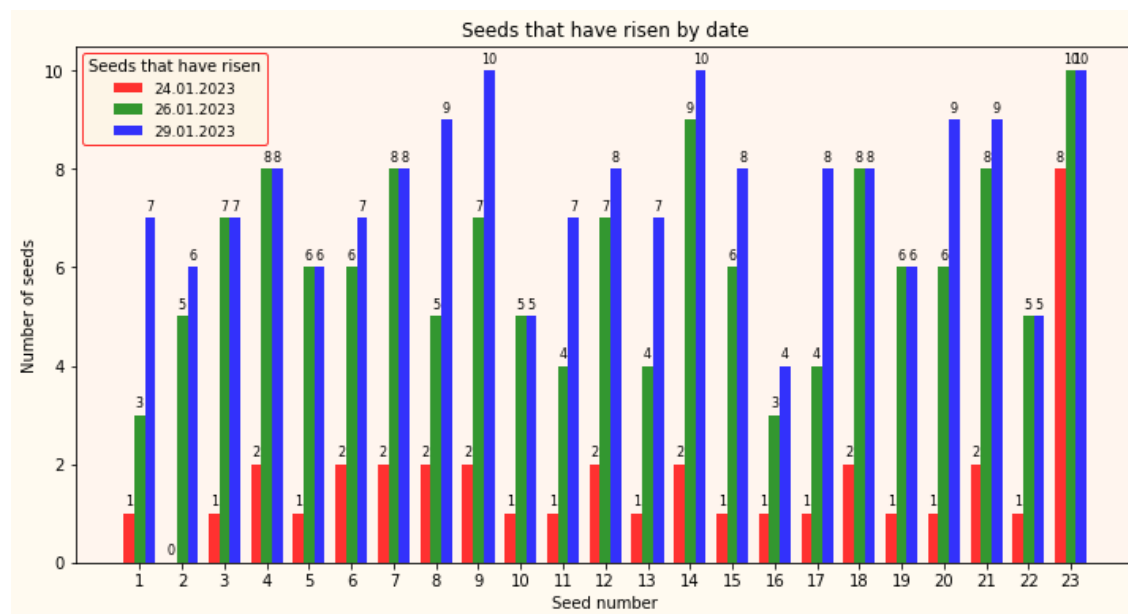


Рисунок 10 – Длины проростков и корней кресс-салата по 23 образцам воды

В результате эксперимента, исходя из таблицы прорастания семян, выявлено что, наилучшие показатели роста семян кресс-салата наблюдаются на территории Медеу и 009 Школы 86. Далее 80% прорастания выявлены в точках 018 Керей и Жанибек Хандар, 015 ул. Садуакасулы д.47,шк. №176, 017 КазНМУ. 70% проросших семян наблюдаются в точках 013 ул. Павлодарская 33, 001 Кульджинский тракт, 001 Ясли-сад №130. Самые низкие показатели прорастания как видно из таблицы наблюдаются в районе 002 Ясли-Сад №11.

В ходе наблюдения следующих 14 проб, можно сделать следующие выводы: наилучшие показатели прорастания семян наблюдались в контрольной пробе и в пробе с точки 014 Сагадат Нурмагамбетова. 90% проросших семян в пробах 021 Известковый и 008 Школа №144. Показатели проросших семян в пробах 012 Бокейханова, 007 Школа №150, 004 Кладбище Кенсай 1 составили 80%. В двух пробах 006 Ясли-сад №149 и 003 Ясли-сад №184 процент проросших семян – 70%. 60% семян проросли в пробах 005 Школа №52 и 019 Татибекова. Прорастание семян в образцах 010 Ясли-сад №66 и 022 пр. Аль-Фараби всего 50%. Наименьший показатель прорастания салата выявлен в пробе 016 Алгабас (40%).

Таким образом, химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв г. Алматы, в том числе использование

кресс-салата как биоиндикатора, является важным этапом в изучении экологического состояния данного региона. Эти исследования могут быть использованы для разработки стратегий по охране окружающей среды, а также для контроля за загрязнением водных ресурсов и почв г. Алматы.

Это исследование важно для мониторинга и оценки экологического состояния водных ресурсов и почв г. Алматы, так как кресс-салат является чувствительным к изменениям окружающей среды и может быть использован в качестве индикатора загрязнения водных и почвенных ресурсов. Данные исследования могут быть использованы в разработке мер по снижению загрязнения водных ресурсов и почв г. Алматы, а также в контроле за соблюдением стандартов экологической безопасности.

Заключение

Ресурсы воды и их рациональное использование, напрямую влияет на благополучие, поддержку природного потенциала и большую часть вклада в национальный доход страны.

В результате проведенных экспериментов, можно сделать вывод что в целом экологическая ситуация водных ресурсов и почвенного покрова в городе Алматы неудовлетворительная. Согласно химико-аналитическому анализу на различных точках (таблица 1), где были отобраны

пробы, уровень загрязнения высокий. В зависимости от точек сбора снежного покрова, уровень загрязняющих веществ различается, допустим высокие концентрации взвешенных частиц, диоксида углерода и нефтепродуктов наблюдаются в районе проспекта Аль-Фараби, что можно связать с большой плотностью машин в течение суток.

В ходе биоиндикативного эксперимента с кресс-салатом выявлены точки наиболее благополучного состава снежного покрова (талой воды), где количество проросших семян имеет высокие показатели, согласно результатам этой территория Медеу и Школы №86, наименьшее количество проросших семян в точке сбора снежного покрова Алгабас, что свидетельствует об уровне загрязнения воды в данных районах.

Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв г. Алматы является важным инструментом для оценки экологической ситуации в регионе и разработки стратегий по ее улучшению. Однако для достижения реальных изменений необходимо не только проводить исследования, но и принимать меры на государственном уровне для сокращения выбросов загрязняющих веществ и защиты окружающей среды.

Благодарность

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан (грант № BR18574148 «Развитие геоинформационных систем и мониторинга объектов окружающей среды»).

Литература

1. Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Давлетгалиев С.К., Сапарова А.А. Ресурсы речного стока // Гидрометеорология и экология. – 2018. – №3 – С. 80-94.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: Т. VIII: Смоляр В. А. Ресурсы подземных вод Казахстана / Смоляр В. А., Буров Б. В., Мустафаев С. Т. – 634 с. ISBN 978-601-7150-36-5
3. <https://inbusiness.kz/ru/news/bak-im-d-kunaeva-chto-s-nim-stalo-36-let-spustya-fotoreportazh-inbusiness-kz>
4. Алма-Ата. Энциклопедия / Гл. ред. Козыбаев М. К. – Алма-Ата: Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, 1983. – С. 293. – 608 с.
5. Аманжол И.А., Аманбекова А.У., Баттакова Ш.Б. и др. Современные проблемы экологически зависимых заболеваний населения урбанизированных территорий: монография. Караганда. – 2012. – 200 с.
6. Ревич Б.А., Саев Ю.Е. и др. Геохимическая оценка загрязнения территорий городов химическими элементами. – М. – 1982. – 112 с.
7. Аммосова Я.М., Ладонин Д.В. Изучение уровня загрязнения городских почв тяжелыми металлами // Агрехимический вестник. – 2000. № 2. – С. 23-26.
8. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. – Новосибирск: Изд-во СО РАН., 2012. – 220 с.
9. Ильин В.Б. Мониторинг тяжелых металлов применительно к крупным промышленным городам. // Агрехимия. – 2007. – № 4. – С. 81-86
10. Saparov A. Conception on sustainable development of control for anthropogenic degradation of soils in south Kazakhstan. The III International Scientific Conference «Modern tendencies of development of science in Central Asia». – Almaty. – 2019. – P.250-252.
11. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов (Национальный доклад), 2022.
12. Кузнецов А.В. Контроль техногенного загрязнения почв и растений // Агрехимический вестник. – 1997. – № 5. – С-9.
13. Минеев В.Г. Проблема тяжелых металлов в современной земледелии // Тяжелые металлы и радионуклиды. – М. – 1994. – С. 42-48.
14. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Агрехимия – 2005. – № 4. – С. 73-91.
15. Tukenova Z., Alimzhanova M., Akylbekova T., Ashimuly K., Saparov A. Environmental assessment of the impact of technogenic factors on the soil mesofauna of the south-east of Kazakhstan and development bioindicative and indicative factors ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, V. 15, Issue 22, P. 2706 – 2712, 2020 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098718974&origin=resultslist>
16. Панин М.С. Химическая экология. – Семипалатинск, 2002. – 852 с.

References

1. Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Davletgaliev S.K., Saparova A.A. Resursy rechnogo stoka // Gidrometeorologiya i ekologiya. – 2018. – №3 – S. 80-94.
2. Vodnye resursy Kazahstana: ocenka, prognoz, upravlenie: T. VIII: Smolyar V. A. Resursy podzemnyh vod Kazahstana / Smolyar V. A., Burov B. V., Mustafaev S. T. – 634 s. ISBN 978-601-7150-36-5
3. <https://inbusiness.kz/ru/news/bak-im-d-kunaeva-chto-s-nim-stalo-36-let-spustya-fotoreportazh-inbusiness-kz>
4. Alma-Ata. Enciklopediya / Gl. red. Kozybaev M. K. – Alma-Ata: Gl. red. Kazahskoj sovetskoj enciklopedii, 1983. –S. 293. –608 s.
5. Amanzhol I.A., Amanbekova A.U., Battakova Sh.B. i dr. Sovremennye problemy ekologicheski zavisimyh zabolevanij naseleniya urbanizirovannyh territorij: monografiya. Karaganda. – 2012. – 200 s.
6. Revich B.A., Saet Yu.E. i dr. Geohimicheskaya ocenka zagryazneniya territorij gorodov himicheskimi elementami. – M. –1982. – 112 s.
7. Ammosova Ya.M., Ladonin D.V. Izuchenie urovnya zagryazneniya gorodskih pochv tyazhelymi metallami // Agrohimi-cheskij vestnik. – 2000. № 2. – S. 23-26.
8. Il'in V.B. Tyazhelye metally i nemetally v sisteme pochva-rastenie. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN., 2012. – 220 s.
9. Il'in V.B. Monitoring tyazhyolyh metallov primenitel'no k krupnym promyshlennym gorodam. // Agrohimiya. – 2007. – № 4. – S. 81-86
10. Saparov A. Conception on sustainable development of control for anthropogenic degradation of soils in south Kazakhstan. The III International Scientific Conference «Modern tendencies of development of science in Central Asia». – Almaty. – 2019. – P.250-252.
11. Nacional'nyj doklad o sostoyanii okruzhayushchej sredy i ob ispol'zovanii prirodnyh resursov (Nacional'nyj doklad), 2022.
12. Kuznecov A.V. Kontrol' tekhnogenogo zagryazneniya pochv i rastenij // Agrohimi-cheskij vestnik. – 1997. – № 5. – S–9.
13. Mineev V.G. Problema tyazhelyh metallov v sovremennom zemledelii // Tyazhelye metally i radionuklidy. – M. – 1994. – S. 42–48.
14. Butovskij R.O. Tyazhelye metally kak tekhnogennye himicheskije zagryazniteli i ih toksichnost' dlya pochvennyh bespozvonochnyh zhivotnyh // Agrohimiya – 2005. – № 4. – S. 73-91.
15. Tukenova Z., Alimzhanova M., Akyzbekova T., Ashimuly K., Saparov A. Environmental assessment of the impact of technogenic factors on the soil mesofauna of the south-east of Kazakhstan and development bioindicative and indicative factors // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. –2020. – V. 15, Issue 22, P. 2706 – 2712 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098718974&origin=resultslist>
16. Panin M.S. Himicheskaya ekologiya. – Semipalatinsk, 2002. – 852 s.

Авторлар туралы мәлімет:

Темирбекова Маржан Нурлановна Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, PhD (Алматы, Қазақстан, email: m.temirbekova@aes.kz)

Тукенова Зульфия Айдуновна – Биология ғылымдарының кандидаты, ҚР ЖБФМ ҒК Зоология институты, доценті (Алматы, Қазақстан, email: otdel_nauki8@mail.ru)

Тамабай Динара Оразбекқызы (корреспондентный автор) ҚР Ұлттық инженерлік академиясының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, email: dtaamabay@gmail.com)

Information about authors:

Temirbekova Marzhan Nurlanovna – Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, PhD (Almaty, Kazakhstan, email: m.temirbekova@aes.kz)

Tukenova Zulfya Aidunovna – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Zoology of the Ministry of education and science of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: otdel_nauki8@mail.ru)

Tamabay Dinara Orazbekovna (corresponding author) – PhD student of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: dtaamabay@gmail.com)

Поступила 28 июня 2023 года

Принята 18 марта 2024 года

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

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

A.B. Altekey^{1*}, A.A. Saparbekova¹, A.D. Matchanov²,
N.R. Molodkina³, A.A. Esimkulova¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent

²Institute of Bioorganic Chemistry named after. academician A.S. Sadykova, Uzbekistan, Tashkent

³St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics
and Optics, Russia, St. Petersburg

*e-mail: almira.saparbekova@mail.ru

INDUCTION OF LIGNINOLYTIC ENZYMES OF THE FUNGUS *SCHIZOPHYLLUM COMMUNE*

The study focuses on the induction of ligninolytic enzymes that can replace alkaline solutions used to separate lignin from cellulose. *Schizophyllum commune* pure rot fungus culture was identified as a producer and wheat was used as a substrate in the solid phase fermentation process. The experiment was carried out in three parallels: a control sample without a biological object, a sample with the *S. commune* fungus, a sample with the *S. commune* fungus and an inductor in the form of CuSO_4 at $30 \pm 2^\circ\text{C}$ for 30 days, the moisture content of the nutrient substrate was 70%. Every 10 days, a sample was taken from each sample for quantitative analysis of lignin, which was carried out according to the Klarson method modified by Komarovskiy. The initial amount of lignin in the control sample was 20.16% on the 30th day, the content of lignin with the *S. commune* fungus without the inductor was 10.15%, while in the sample with the glaucoma and the introduction of the CuSO_4 inductor, a decrease to 8.6% was observed, which much more efficient. The high activity of ligninolytic enzymes produced by the fungus during induction proves the possibility of partial or complete replacement of chemical reagents with natural enzymes, which will significantly reduce the amount of toxic emissions into the environment pulp and paper manufacturing.

Key words: *S. commune*, ligninases, manganese peroxidase, lignin peroxidase, inductor, copper, ecology, toxic emissions.

А.Б. Алтекей¹, А.А. Сапарбекова^{1*}, А.Д. Матчанов²,
Н.Р. Молодкина³, А.А. Есимкулова¹

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

² Академик А.С. Садықов атындағы биоорганикалық химия институты, Өзбекстан, Ташкент қ.

³Санкт-Петербург ақпараттық технологиялар, механика және оптика ұлттық зерттеу университеті,
Ресей, Санкт-Петербург қ.

*e-mail: almira.saparbekova@mail.ru

Schizophyllum Commune саңырауқұлағының лигнинолитикалық ферменттерін индукциялау

Бұл зерттеу лигнинді целлюлозадан бөлу үшін қолданылатын сілтілі ерітінділерді алмастыра алатын лигнинолитикалық ферменттердің синтезін индукциялауға арналған. Ақ шірік қоздырғышы *Schizophyllum commune* таза саңырауқұлақ дақылы продюсер ретінде бөлініп, қатты фазалық ашыту процесінде бидай субстрат ретінде пайдаланылды. Эксперимент үш параллельде жүргізілді: биологиялық объектісіз бақылау үлгісі, *S. commune* саңырауқұлағы бар үлгі, *S. commune* саңырауқұлағы бар және CuSO_4 түріндегі индуктор үлгі. Үлгілер $30 \pm 2^\circ\text{C}$ температурада 30 күн сақталды, қоректік субстраттың ылғалдылығы 70% құрады. Комаровский өзгерткен Кларсон әдісі бойынша лигниннің сандық талдауы үшін әрбір 10 күн сайын әр үлгіден сынама алынды. Бақылау үлгісінде лигниннің бастапқы мөлшері 20,16% құрады, 30-шы күні индукторсыз *S. commune* саңырауқұлақтары бар лигнин мөлшері 10,15% болды, ал *S. commune* және CuSO_4 индукторын енгізу үлгісінде 8,6%-ға дейін төмендеу байқалды, бұл әлдеқайда тиімді. Индукторды қолдану кезінде саңырауқұлақтар шығаратын лигнинолитикалық ферменттердің жоғары белсенділігі химиялық реагенттерді табиғи ферменттерге ішінара немесе толық ауыстыру мүмкіндігін дәлелдейді, бұл қоршаған ортаға (экожүйеге) улы шығарындыларды айтарлықтай азайтады) целлюлоза-қағаз өндірісі.

Түйін сөздер: *S. commune*, лигниназалар, марганец пероксидаза, лигнинпероксидаза, индуктор, мыс, экология, улы шығарындылар.

А.Б. Алтекей¹, А.А. Сапарбекова^{1*}, А.Д. Матчанов²,
Н.Р. Молодкина³, А.А. Есимкулова¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент

²Институт биоорганической химии им. академика А.С. Садыкова, Узбекистан, г. Ташкент

³Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, Россия, г. Санкт-Петербург
*e-mail: almira.saparbekova@mail.ru

Индукцирование лигнинолитических ферментов гриба *Schizophyllum commune*

Данное исследование посвящено индуцированию синтеза лигнинолитических ферментов, способных заменить щелочные, вредные для окружающей среды растворы, используемые для отделения лигнина от целлюлозы. В качестве продуцента была выделена чистая культура гриба возбудителя белой гнили *Schizophyllum commune* а в качестве субстрата использовали пшеничную солому в процессе твердофазной ферментации. Эксперимент проводился в трех параллелях: контрольный образец без биообъекта, образец с грибом *S. commune*, образец с грибом *S. commune* и индуктором в виде CuSO_4 при $30 \pm 2^\circ\text{C}$ на протяжении 30 суток, уровень влажности питательного субстрата составляла 70%. Каждые 10 дней с каждого образца отбиралась проба на количественный анализ лигнина, который проводился по методу Кларсона в модификации Комаровского. Изначальное количество лигнина в контрольном образце составляло 20,16% на 30-е сутки содержание лигнина с грибом *S. commune* без индуктора составило 10,15%, тогда как в образце с грибом и внесением индуктора CuSO_4 наблюдалось снижение до 8,6%. Высокая активность лигнинолитических ферментов, продуцируемых грибом при внесении индуктора, доказывает возможность частичной или полной замены химических реагентов на природные ферменты, что значительно сократит количество токсичных выбросов в окружающую среду в целлюлозно-бумажном производстве.

Ключевые слова: *S. commune*, лигниназы, марганецпероксидаза, лигнинпероксидаза, индуктор, медь, экология, токсичные выбросы.

Introduction

Biotechnology is currently at the peak of its popularity in various fields of human activity: health, agriculture, processing, food processing, etc. One of the industries in need of biotechnology is pulppapermaking. Currently, more than 390 million tons of paper and paperboard [1] are produced worldwide, which entails a huge amount of toxic emissions that adversely affect the environment.

The key stage of pulp and paper production is the separation of the target product – cellulose from lignin. Today, two methods are most often used to achieve this goal: less mechanical, more chemical. However, both methods have the same enormous negative environmental impact. For example, mechanical method implies separation of lignin from cellulose using high temperature and pressure [2-3], with thermal emissions to the atmosphere, and chemical method requires use of chemical reagents, alkaline solutions [4-5] which then drain into wastewater, polluting the hydrosphere and the soil layers of the lithosphere. branches.

The walls of plant cells consist of structural components which are represented as cellulose, lignin and hemicellulose. The dry mass of the cell wall is 40-60% cellulose, 20-40% hemicellulose and 20-

35% lignin, depending on the plant, so soft wood is 25-35% lignin and deciduous wood 20-25% [6].

The chemical structure of lignin is represented by a highly branched polymer molecule consisting of many monomers, the base of which is phenylpropane. Three types of alcohol are involved in the synthesis of lignin: p-coumaryl alcohol (I), coniferyl alcohol (II), and sinapyl alcohol [7]. By determining the content of alcohols, it is possible to determine the nature of the origin of lignin. For example, three types of lignin are distinguished: the lignin of coniferous plants consists practically only of coniferyl alcohol; hardwood lignin includes coniferyl and sinapyl alcohols; Lignin of herbaceous plants consists of absolutely all alcohols [8]. Lignin is a macromolecule that includes many functional groups, such as hydroxyl (-OH), methoxyl ($\text{CH}_3\text{-O}$), carboxylic (-C=O-), carboxylic (-COOH) and gasoline (C_6H_5), which increases its uniqueness [9]. In particular, their ratios depend on the source and extraction methods. The presence of a covalent bond between lignin and cellulose and hemicellulose makes it practically impossible to completely purify lignin from impurities [10]. The inability of hydrolytic enzymes to break down lignin is due to its bulky three-dimensional structure and the heterogeneity of C-C and C-O ether bonds. Also, enzymes with low

potential, for example, plant oxidases, which initiate the process of lignin polymerization, are not able to oxidize non-phenolic aromatic subunits of lignin [11].

Lignin acts as a link in the cellulose-hemicellulose matrix through the network structures of lignin-carbohydrates, providing rigidity to cell walls and gluing cells together, thereby protecting polysaccharides from microbial degradation. Due to its hydrophobic property, lignin acts as a dam, preventing water from penetrating into internal structures. The above biological properties of lignin make it unique and one of the most resistant to enzymatic degradation of natural compounds [12].

Despite the fulfillment of important functional properties, lignin is a by-product of such industries as the pulp and paper industry and the production of bioethanol. One aspect of biotechnology is the replacement of the traditional separation of cellulose from lignin by a method using biological facilities to reduce toxic emissions. For example, on the example of decaying trees, it can be concluded that tree-destroying fungi have the ability to biodegrade components of the plant cell wall. Scientists have carried out research on the pathogens of white and brown rot and the enzymes synthesized by them [7-8,13]. In the course of research, it was revealed that white rot fungi differ from brown rot fungi in their ability to produce phenyl-oxydases that accelerate the oxidative processes of phenols contained in lignin [14]. Wood affected by the white rot fungus acquires a white color due to the biodegradation of lignin and bleaching of wood during oxidative reactions occurring under the action of fungal enzymes [15]. To date, such enzymes as lignin peroxidase (LiP), manganese peroxidase (MnP), laccase (Lac) are known to be capable of biodegrading lignin [16]. The mentioned enzymes are synthesized by both bacteria and fungi, including fungi that cause white rot. Some of the most common white rot fungi are: *Trametes versicolor*, *Phanerochaete chrysosporium* and *Schizophyllum commune*. *T. versicolor* affects many angiosperms, but sometimes it also affects gymnosperms. This type of fungus is especially widespread in countries with a temperate climate. *P. chrysosporium* affects the wood of broad-leaved and coniferous trees and is common in countries with a temperate climate [17]. Of the above-mentioned fungi, *Schizophyllum commune* is common in the South of Kazakhstan [18-19]. Its ability to synthesize lignin-destroying enzymes has been repeatedly proven: manganese peroxidases, lignin peroxidases and laccases [20-22].

The last mentioned enzyme, laccase, is widespread in higher plants, is also present in insects, bacteria [23] and cyanobacteria [24], but their abundance is observed mainly in white rot fungi [25], especially *Schizophyllum commune* produces laccases with wide industrial and biotechnological applications. The widespread use of laccase can be evidenced by its use from the food industry [26] up to bioremediation of the soil, and the production of paper [27]. Due to the multidisciplinary use of laccase, there is an urgent need to stimulate its expression and productivity.

Thanks to genetic engineering methods, a large number of transgenic microorganisms with altered expression of genes responsible for lignin synthesis have been obtained [28-29], however, such methods are somewhat more expensive than the use of chemical inductors. Another advantage of inductor metals is the absence of the need for special equipment and easy accessibility, which significantly reduces economic costs. Among the numerous laccase inducers, copper is the most common. The prerequisites for this are: the need for copper by microorganisms is met by very low concentrations, within 1-10 microns [30] and their easy availability. Binding and absorption of copper in fungi usually consists of two phases: first, surface binding, independent of metabolism, and then an energy-dependent influx of metal [31].

In this paper, we investigated the process of biodegradation of straw lignin by the white rot fungus *Schizophyllum commune*, and the importance of copper in the synthesis of ligninolytic enzymes.

Materials and methods

1. Isolation of a pure culture of the fungus *S. commune*

A sample of the fungus was taken from the surface of the tree in a sterile bag, the next day under sterile conditions it was transferred to Sabouraud's solid nutrient medium and thermostated for five days at 25°C. The resulting mycelium characteristic of the fungus *Schizophyllum commune* was reseeded five times until a homogeneous growth was obtained, indicating the purity of the culture. The inoculum was obtained by washing off the *Schizophyllum commune* culture from the surface of the Sabouraud nutrient medium with 0.9% sodium chloride solution.

2. Straw sampling for microbial treatment

Straw samples were collected in wheat fields near the city of Shymkent, cut into pieces 3-5 cm long and then crushed in an electronic laboratory

mill LK-200 to a size of 100 microns. The particle size was determined by the grid method.

3. Fermentation

Solid phase fermentation was carried out in 250 ml Erleinmer flasks in three parallels: a control sample without inoculum, a sample with inoculum, and a final sample with inoculum and 1.5 mM CuSO₄ inducer.

The nutrient substrate containing the inductor contained 20 g of the obtained straw powder moistened with distilled water to provide 70% humidity, 0.5 g of glucose and 0.05 g of CuSO₄. The composition of the substrate without the inductor was characterized by the absence of CuSO₄, the control sample contained only 20 g of straw powder with 70% humidity. All three substrates were autoclaved at 121°C for 15 min.

Sterilized substrates were inoculated with a 20% (wt) suspension of fungal mycelium and incubated at 30 ± 2°C for 30 days.

4. Lignin content

Samples were taken for analysis at intervals of 10 days for 30 days. 2 grams of the sample were taken for quantitative analysis of lignin according to the Clarson method modified by Komarovskiy using 72% sulfuric acid. Pre-dried 1 g of sample (a) was poured into an Erleinmer flask, poured into 150 ml of deionized water and brought to 90–100°C, kept for 1 hour, then the solution was filtered, washed with 300 ml of hot distilled water, and dried to constant weight. The dried precipitate was added to a flask with 150 ml of 1N H₂SO₄ and brought to 90–100°C after 1 hour, the solution was filtered and washed with 300 ml of hot distilled water, dried to constant weight (s). The resulting dry precipitate was moistened with 10 ml of 72% H₂SO₄ and

left for 4 hours at room temperature, then 150 ml of 1N H₂SO₄ was added to the mixture and kept at 90–100°C for 1 hour, then the solution was filtered, washed with 400 ml of distilled water, and dried in oven at 105°C to constant weight (d). Then the same precipitate was dried to ash and weighed (e).

The calculation was performed according to the following formula:

$$\% \text{ cellulose} = \frac{c-d}{a} \times 100\%,$$

$$\% \text{ lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\%,$$

where: a is the weight of the sample,

c – weight of the mass at the second weighing,

d – weight of the mass at the third weighing,

e is the weight of the ash.

Scanning electron microscopic analysis

Examination of samples and images were obtained using an electron microscope at an accelerating potential of 20 kV with a magnification of 100 times.

Results and discussion

Identification of *S. commune*

S. commune isolate was identified based on morphological features obtained by microscopic method. The growth of the isolate was rapid at 28° C. on Sabouraud's solid growth medium and the resulting colonies were white. Microscopically, mycelium was found in aggregated hyphal bundles. The hyphae system was monolithic and non-agglutinated (Fig. 1). The morphological characteristics of the obtained were similar to the morphological characteristics of the *S. commune* culture.

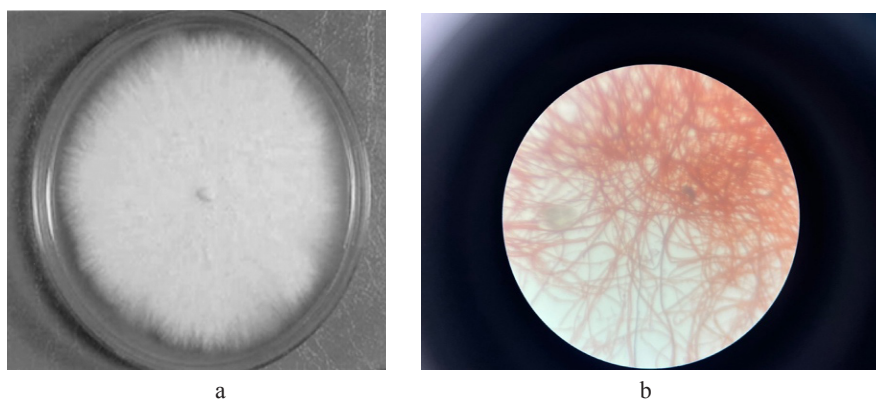


Figure 1 – a) Growth on a Saburo nutrient medium;
b) *S. commune* under a microscope (× 100)

Lignin content

During solid-phase biodegradation of straw lignin by *S. commune*. within 10, 20, and 30 days, degradation of 21, 42, and 48% of lignin, respectively, was recorded. Regarding the

samples with the addition of the inductor, lignin degradation was 21, 48, 58% on days 10, 20, and 30, respectively. Comparative data with the control sample are presented below (Table 1) (Fig. 2).

Table 1 – Lignin content in samples on days 10, 20, 30

Sample	Substrate with <i>S. commune</i> (%)	Substrate with <i>S. commune</i> and CuSO ₄ inducer (%)
Control	20,16	20,16
10th day	16,9	15,9
20th day	11,5	10,4
30th day	10,5	8,6

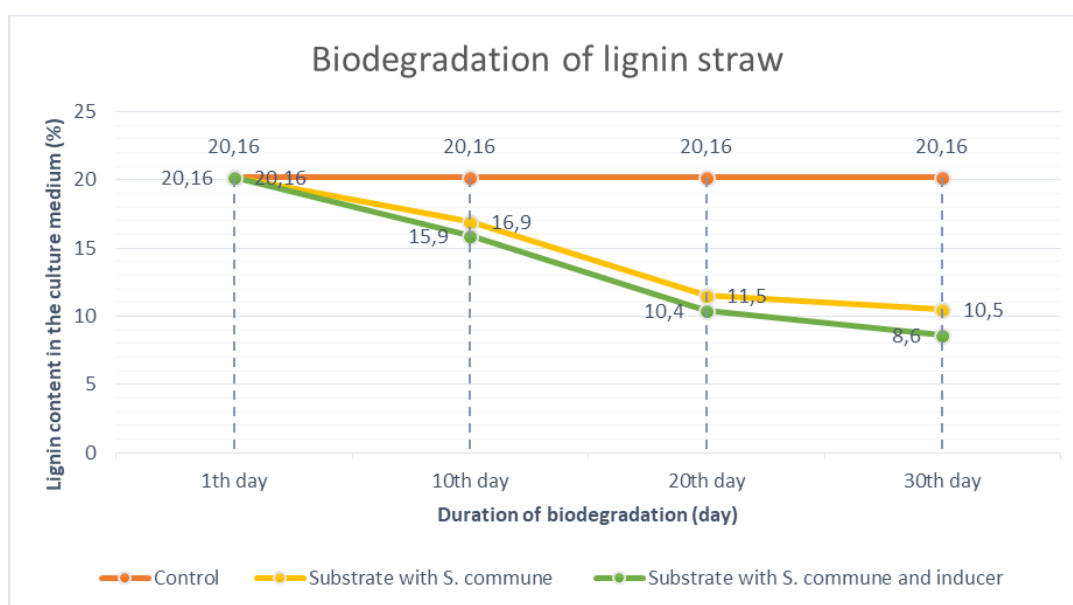


Figure 2 – Lignin content in samples on days 1th, 10th, 20th, 30th

Examination of samples under a scanning electron microscope

The process of biodegradation of straw samples exposed to *S. commune* mushroom culture for 30 days was studied using a scanning electron microscope JSM-6490LM with an energy dispersive X-ray microanalysis system Energy INCA 350 and the HKL Basic system.

On scanned electron micrographs of straw samples degraded for 30 days by the culture of the fungus *S. commune*, a coating of fungal spores was

observed that occupied cell cavities and small cell breaks. Some fungal hyphae were also scattered over the surface (Fig. 3a). Samples degraded for 30 days by the fungus culture *S. commune* with the addition of an inductor in the form of CuSO₄ showed the most loose structure of cells and cell walls on the surface (Fig. 3b). In some places, you can see the glow of crystals of the CuSO₄ inductor. Scanned electron micrographs of control straw samples (Fig. 3c) showed the correct cell structure without any damage to cells and cell wall components.

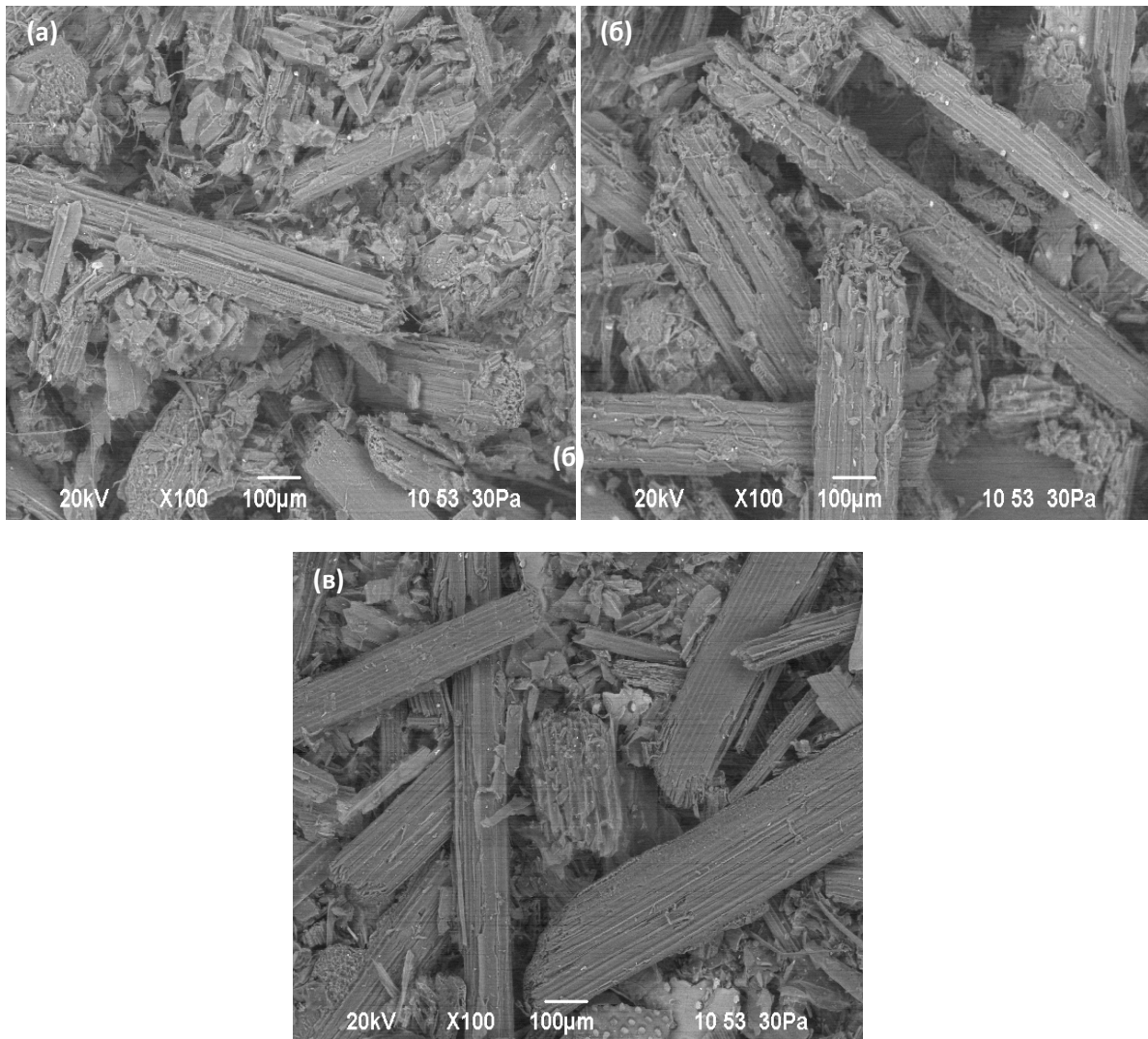


Figure 3 – Samples of straw under magnification of electron raster microscope

Conclusion

The presented results of this work indicate the possibility of considering CuSO_4 as an inductor for the synthesis of lignin-degrading enzymes by the fungus *S. commune*. According to the studies, on the 30th day of cultivation of the fungus at $30 \pm 2^\circ\text{C}$, in the sample without the addition of the inductor, the lignin content decreased from 20.16% to 10.5%,

while in the sample with the addition of the CuSO_4 inductor, a decrease was observed from 20.16% up to 8.6%. The addition of inductors to microorganism nutrient media will increase the enzyme exposure, which proves the probability of replacing alkaline solutions during the process of separation of lignin from cellulose on natural ligninolytic enzymes, that have no adverse impact on the ecosystem of our planet.

References

1. The Global Paper Market-Current Review, PG Pap; 2018. Available: <https://www.pgpaper.com/wpcontent/uploads/2018/07/Final-The-GlobalPaper-Industry-Today-2018.pdf>.
2. Ogunwusi, A. , & Ibrahim, H. D. (2014). «Advances in Pulp and Paper Technology and the Implication for the Paper Industry in Nigeria». In: *Industrial Engineering Letters*, 2014. Vol. 4, Issue 10. P. 3–12.
3. Latha A, Arivukarasi MC, Keerthana CM, Subashri R, Vishnu Priya V. «Paper and pulp industry manufacturing and treatment processes a review». In: *Int. J. Eng. Res.*, 2018. Vol. 6. Available: <https://doi.org/10.17577/ijertcon011>
4. Gopal PM, Sivaram NM, Barik D. «Paper industry wastes and energy generation from wastes». In: *Elsevier Ltd*, 2018. Available:<https://doi.org/10.1016/B978-008-102528-4.00007-9>
5. Sharma, A. K., Anupam, K., Swaroop, V., Lal, P. S., & Bist, V. «Pilot scale soda-anthraquinone pulping of palm oil empty fruit bunches and elemental chlorine free bleaching of resulting pulp». In: *Journal of Cleaner Production*, 2015. Vol: 106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.095>
6. Virendra Kumar Yadav , «Recent Advances in Synthesis and Degradation of Lignin and Lignin Nanoparticles and Their Emerging Applications in Nanotechnology». In: *Sci.report*, 2022: Vol. 15, Issue 3: 953, <https://doi.org/10.3390/ma15030953>.
7. Raj Singh, et.all. «Lignin Biodegradation in Nature and Significance». In: *An International Journal of Plant Research*, 2018. Vol. 31, Issue 4. P. 39. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2018.00091.5> .
8. Ghada Atiwesh et.all «Lignin Degradation by Microorganisms: A Review». In: *Biotechnology Progress*, 2022: Vol. 38, Issue 2. <https://doi.org/10.1002/btpr.3226> .
9. Jiahe Shen. «Effect of an Electro-Fenton Process on the Biodegradation of Lignin by *Trametes Versicolor*». In: *BioResources*, 2020. Vol. 15, Issue 4. P. 39–50. <https://doi.org/10.15376/biores.15.4.8039-8050>.
10. Matti Leisola, Ossi Pastinen, Douglas D. Axe, «Lignin--Designed Randomness». In: *BIO-Complexity*, 2012. Vol. 3. <https://doi.org/10.5048/BIO-C.2012.3>.
11. Adam B Fisher, Stephen S Fong. «Lignin Biodegradation and Industrial Implications». In: *AIMS Bioengineering*, 2014. Vol. 1, Issue 2. P. 92–112. <https://doi.org/10.3934/bioeng.2014.2.92>
12. Lew Paul Christopher, Bin Yao, and Yun Ji, «Lignin Biodegradation with Laccase-Mediator Systems». In: *Frontiers in Energy Research*, 2014. Vol. 2. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2014.00012>
13. Product Mapping». In: *Biotechnology for Biofuels*, 2021. Vol. 14, Issue 1. P. 162, <https://doi.org/10.1186/s13068-021-02011-y>;
14. Paul Ander and Karl-Erik Eriksson. «Selective Degradation of Wood Components by White-Rot Fungi». In: *Physiologia Plantarum*, 1977. Vol. 41, Issue 4. P. 239-248.
15. Rayner, A. D. M., and Boddy, L. «Fungal Decomposition of Wood: Its Biology and Ecology». In: *Amoebae and Myxomycetes*, 1988. P. 132-134.
16. P. Bonnarne и T. W. Jeffries, «Mn (II) Regulation of Lignin Peroxidases and Manganese-Dependent Peroxidases from Lignin-Degrading White Rot Fungi». In: *Applied and Environmental Microbiology*, 1990. Vol. 56, Issue 1. P. 210–217, <https://doi.org/10.1128/aem.56.1.210-217.1990>
17. Blanchette, R. A., Abad, A. R. «Ultrastructural localization of hemicellulose in birch wood (*Betula papyrifera*) decayed by brown and white rot fungi». In: *Holzforschung*, 1988. Vol. 42. P. 393-398.
18. Altekey A.B. et all., «biodegradation of straw lignin by culture of the fungus *Schizophyllum commune* isolated from the tree surface». In: *Microbiology and virusology*, 2023. Vol. 1. Issue. 40. P. 127–138, <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.01.08>.
19. Rustamova N., Yili A., «Isolation amd identification of cultivable endophytic fungus and their biological activities». In: *International Symposium on the Chemistry of Natural Compounds*, 2019. Vol. 13. P. 186.
20. Muhammad Irshad, «Production and Optimization of Ligninolytic Enzymes by White Rot Fungus *Schizophyllum Commune* IBL-06 in Solid State Medium Banana Stalks». In: *African journal of biotechnology*, 2011. Vol. 10, Issue. 79. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2242>.
21. Walter Buzina et all., «Development of Molecular Methods for Identification of *Schizophyllum Commune* from Clinical Samples». In: *Journal of Clinical Microbiology*, 2001. Vol. 7.: 2391–96, <https://doi.org/10.1128/JCM.39.7.2391-2396>.
22. Vidya Pradeep Kumar, Manpal Sridhar, and Ramya Gopala Rao, «Biological Depolymerization of Lignin Using Laccase Harvested from the Autochthonous Fungus *Schizophyllum Commune* Employing Various Production Methods and Its Efficacy in Augmenting in Vitro Digestibility in Ruminants». In: *Scientific Reports*, 2022. Issue. 1: 11170, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15211-9> ;
23. Khushal Brijwani, Anne Rigdon, and Praveen V. Vadlani, «Fungal Laccases: Production, Function, and Applications in Food Processing». In: *Enzyme Research*, 2010. P. 1–10. <https://doi.org/10.4061/2010/149748>.
24. Swaminathan Palanisami и Uma Lakshmanan, «Role of Copper in Poly R-478 Decolorization by the Marine Cyanobacterium *Phormidium Valderianum* BDU140441». In: *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2011. Vol. 27, Issue. 3. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0505-5>.
25. Marie Trovaslet, et.all. «Potential of a *Pycnoporus Sanguineus* Laccase in Bioremediation of Wastewater and Kinetic Activation in the Presence of an Anthraquinonic Acid Dye». In: *Enzyme and Microbial Technology*, 2007. Vol. 41, Issue 3. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2007.03.007>.
26. E. Selinheimo, et.all. «Effects of Laccase, Xylanase and Their Combination on the Rheological Properties of Wheat Doughs». In: *Journal of Cereal Science*, 2006. Vol.43, Issue 2. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.08.007>.

27. Susana Camarero. «Efficient Bleaching of Non-Wood High-Quality Paper Pulp Using Laccase-Mediator System». In: *Enzyme and Microbial Technology*, 2004. Vol.35, Issue. 2. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2003.10.019>.
28. Alexandra M. C. R. Alves et al., «Highly Efficient Production of Laccase by the Basidiomycete *Pycnoporus Cinnabarinus*». In: *Applied and Environmental Microbiology*, 2004. Vol. 70 Issue. 11: 6379–84, <https://doi.org/10.1128/AEM.70.11.6379-6384.2004>;
29. Patricia Luis et al., «A Molecular Method to Evaluate Basidiomycete Laccase Gene Expression in Forest Soils». In: *Geoderma*, 2005. Vol. 128, Issue. 1–2: 18–27, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.023>.
30. Simon Labbé. «A Copper-Sensing Transcription Factor Regulates Iron Uptake Genes in *Schizosaccharomyces Pombe*». In: *Journal of Biological Chemistry*, 1999. Vol. 51. <https://doi.org/10.1074/jbc.274.51.36252>.
31. Louise de Rome and Geoffrey M. Gadd. «Copper Adsorption by *Rhizopus Arrhizus*, *Cladosporium Resinae* and *Penicillium Italicum*». In: *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1987. Vol. 26, Issue. 1. P. 84–90. <https://doi.org/10.1007/BF00282153>

Авторлар туралы мәлімет

Әлтекей Алина Бисенбайқызы – М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің Биотехнология кафедрасының PhD докторанты (Шымкент, Қазақстан, email: altekey@mail.ru)

Сапарбекова Альмира Амангелдіқызы (корреспондент-автор) – биология ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университетінің Биотехнология кафедрасының профессоры (Шымкент, Қазақстан, email: almira.saparbekova@mail.ru)

Матчанов Әлімжан Давлатбайұлы – химия ғылымдарының докторы, профессор, академик А.С. Садықов атындағы биоорганикалық химия институты (Ташкент Қ., Өзбекстан, email: olim_0172@mail.ru б.

Молодкина Нелли Ранатовна – техника ғылымдарының кандидаты, Санкт-Петербург ақпараттық технологиялар, механика және оптика ұлттық зерттеу университетінің доценті (Санкт-Петербург, Ресей, email: nrmolodkina@itmo.ru)

Есімқұлова Айымжан – М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университетінің Биотехнология кафедрасының Магистранты (Шымкент Қ., Қазақстан, , email: aiymzhan.1708@gmail.com)

Information about authors:

Altekey Alina Bisenbaikyzy – PhD student at the Department of Biotechnology of M. Auevov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, email: altekey@mail.ru)

Saparbekova Almira Amangeldievna (corresponding author) – Candidate of Biological Sciences, Professor at the Department of Biotechnology of M. Auevov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, email: almira.saparbekova@mail.ru)

Matchanov Alimzhan Davlatbaevich – Doctor of Chemical Sciences, Professor at Institute of Bioorganic Chemistry named after academician A.S. Sadykova (Tashkent, Uzbekistan, email: olim_0172@mail.ru)

Molodkina Nelli Ranatovna – Candidate of Technical Sciences, Associated Professor at St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics, and Optics (St. Petersburg, Russia, email: nrmolodkina@itmo.ru)

Yessimkulova Aiymszhan – Master student at the Department of Biotechnology of M. Auevov South Kazakhstan University (Shymkent, Kazakhstan, email: aiymzhan.1708@gmail.com)

Received Nivember 05, 2023

Accepted March 25, 2024

K.T. Abidkulova^{1*}, **D.M. Almabek¹**, **A.A. Ivashchenko²**,
N.M. Mukhitdinov¹, **N.V. Kurbatova¹**, **B.A. Turalin³**,
L.N. Karasholakova⁴

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Zoology of KN MES RK, Kazakhstan, Almaty

³K. Zhubanov Aktobe Regional University, Kazakhstan, Aktobe

⁴Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Kazakhstan, Taldykorgan

*e-mail: karime_58@mail.ru

HERBARIUM AS TOOLS IN STUDY OF PLANT DISTRIBUTION AND ECOLOGY (ON THE EXAMPLES KAZAKH SPECIES OF *LEONTICE* AND *GYMNOSPERMIUM*)

The article provides data on the distribution and ecology of Kazakh species *Leontice* L. and *Gymnospermium* Spach. (Berberidaceae Juss.) based on analyses of herbarium specimens from four major scientific institutions in Russia and Kazakhstan. A total of 196 herbarium sheets were processed, 116 from herbarium collections of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE) (St. Petersburg, Russia) and 42 from the Noah's Ark (MW) depository of living systems of the digital herbarium of the Moscow State University named after M.V. Lomonosov (St. Petersburg, Russia). Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia), 25 from the herbarium collection of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA) (Almaty, Kazakhstan), and 13 from the scientific depository "Virtual Herbarium ALTB" (ALTB) of the South Siberian Botanical Garden of Altai State University (Barnaul, Russia). Most specimens were collected 100 or more years ago, a minor number in the 50s–80s of the last century, and quite fewer modern, which are mainly represented in the scientific depository of the South Siberian Botanical Garden of Altai State University. All herbarium samples were found in the most ecologically typical habitats of the species. The distribution of *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach. in the mountains of Tarbagatai and Dzungarian Alatau is uncertain, as the only confirmation of the presence of this species in Tarbagatai is only two herbarium sheets collected in 1840 by Karelin et Kirilloff. As regards the Dzungarian Alatau, no herbarium sheets of this species collected there were found. The results of the research show the possibility of using herbarium specimens to clarify the distribution and ecology of the studied species, as well as the need for additional research, as in the case of the rare species *Gymnospermium altaicum*.

Key words: herbarium, Berberidaceae, *Leontice*, *Gymnospermium*, Kazakhstan.

К.Т. Абидкулова^{1*}, Д.М. Алмабек¹, А.А. Иващенко², Н.М. Мухитдинов¹,
Н.В. Курбатова¹, Б.А. Туралин³, Л.Н. Карашолакова⁴

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²ҚР БҒМ ҒК «Зоология институты», Қазақстан, Алматы қ.

³К. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ.

⁴І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Қазақстан, Талдықорған қ.

*e-mail: karime_58@mail.ru

Гербарий өсімдіктердің таралуы мен экологиясын зерттеу құралы ретінде (Қазақстандық *Leontice* және *Gymnospermium* түрлерінің мысалында)

Мақалада Ресей мен Қазақстанның ірі төрт ғылыми мекемелерінің гербарий коллекциялары үлгілерін талдау негізінде қазақстандық *Leontice* L және *Gymnospermium* Spach. (Berberidaceae Juss.) түрлерінің таралуы мен экологиясы туралы мәліметтер келтірілген. Барлығы 196 гербарий парағы өңделді, оның ішінде 116 гербарий парағы В.Л. Комаров РҒА (LE) атындағы Ботаникалық институттың гербарий қорынан (Санкт-Петербург қ., Ресей), 42 – М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің цифрлық гербарийінің «Нұх кемесі» (MW) тірі жүйелер депозитарийінен (Мәскеу қ., Ресей), 25 – Ботаника және фитоинтродукция институтының (AA) гербарий қорынан (Алматы қ., Қазақстан) және 13 – Алтай мемлекеттік университетінің Оңтүстік Сібір ботаникалық бағының «Virtual Herbarium ALTB» (ALTB) ғылыми депозитарийінен (Барнаул қ., Ресей). Үлгілердің көбісі 100 жыл және одан да астам уақыт бұрын, аздап өткен ғасырдың

50-80 жылдарында жиналған, ал қазіргі заманғы үлгілер өте аз, олар негізінен Алтай мемлекеттік университетінің оңтүстік Сібір ботаникалық бағының ғылыми депозитарийінде бар. Барлық гербарий үлгілері түрлердің экологияға тән тіршілік ету ортасында жиналды. Тарбағатай мен Жоңғар Алатауының тауларында *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach. таралуы күмән тудырады, себебі Тарбағатайда бұл түрдің бар екендігінің жалғыз дәлелі 1840 жылы Karelin et Kiriloff. жинаған екі гербарий үлгісі болып табылады. Жоңғар Алатауына келетін болсақ, бұл тауларда жиналған осы түрдің бірде-бір гербарий парағы табылмады. Зерттеу нәтижелері зерттелетін түрдің таралуы мен экологиясын нақтылау үшін гербарий үлгілерін пайдалану мүмкіндігін, сонымен қатар сирек кездесетін *Gymnospermium altaicum* түріндегідей қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: гербарий, Berberidaceae, *Leontice*, *Gymnospermium*, Қазақстан.

К.Т. Абидкулова^{1*}, Д.М. Алмабек¹, А.А. Иващенко², Н.М. Мухитдинов¹,
Н.В. Курбатова¹, А.Б. Туралин³, Л.Н. Карашолакова⁴

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

²Институт зоологии КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

³Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Казахстан, г. Актөбе

⁴Жетысуский университет имени И. Жансугурова, Казахстан, г. Талдықорған

*e-mail: karime_58@mail.ru

Гербарий как инструмент изучения распространения и экологии растений (на примере Казахских видов *Leontice* и *Gymnospermium*)

В статье приводятся данные по распространению и экологии казахских видов *Leontice* L. и *Gymnospermium* Spach. (Berberidaceae Juss.) на основе анализа образцов гербарных коллекций четырех крупных научных учреждений России и Казахстана. Всего обработано 196 гербарных листов, 116 – из гербарных фондов Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE) (г. Санкт-Петербург, Россия), 42 – из депозитария живых систем «Ноев Ковчег» (MW) цифрового гербария Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия), 25 – из гербарного фонда Института ботаники и фитоинтродукции (AA) (г. Алматы, Казахстан), и 13 – из научного депозитария «Virtual Herbarium ALTB» (ALTB) Южно-Сибирского ботанического сада Алтайского государственного университета (Барнаул, Россия). Большинство образцов были собраны 100 и более лет назад, немного – в 50-80 гг. прошлого века, и совсем мало современных, которые в основном представлены в научном депозитарии Южно-Сибирского ботанического сада Алтайского государственного университета. Все гербарные образцы собраны в наиболее типичных по экологии местах обитания видов. Сомнение вызывает распространение *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach. в горах Тарбағатай и Джунгарского Алатау, т.к. единственным подтверждением наличия данного вида в Тарбағатае является всего два гербарных образца собранные в 1840 г. Karelin et Kiriloff. Что касается Джунгарского Алатау, не было найдено ни одного гербарного листа этого вида, собранного там. Результаты исследований показывают возможность использования гербарных образцов для уточнения распространения и экологии исследуемых видов, а также на необходимость дополнительных исследований как в случае с редким видом *Gymnospermium altaicum*.

Ключевые слова: гербарий, Berberidaceae, *Leontice*, *Gymnospermium*, Казахстан.

Introduction

Herbaria are collections of plant specimens collected from different regions of a country and from other countries. The specimen data stored in herbarium collections supports research in a wide range of different disciplines. Most of the data are used in research in species identification, taxonomy, and systematics [1–5]. Herbarium specimens are also very helpful for genetic studies related to phylogeny, comparison of past and current biodiversity, conservation biology, investigating global environmental change, etc. [6–15]. In various areas of botanical research, as we've seen,

herbariums can be successfully used. For that purpose, it would also be possible to use information from the herbarium in order to obtain an early understanding of the distribution and ecological characteristics of a species being studied.

The family Berberidaceae Juss. in Kazakhstan is represented by shrubs and perennial herbaceous plants. According to S.A. Abdulina [16] and M.S. Baitenov [17], the family includes 8 species of the genus *Berberis* L., one monotypic genus *Bongardia* C. A. Mey with a single species *B. chrysogonum* (L.) Spach, distributed in the countries of Western and Central Asia; the genus *Leontice* L., mainly characteristic of the Mediterranean countries,

Western Asia, and Iran-Turan region, with two species *Leontice inserta* Pall. and *L. ewersmanii* Bunge; and the genus *Gymnospermium* Spach, occurring in temperate Eurasia, also with two species: *Gymnospermium alberti* (Regel) Takht. and *G. altaicum* (Pall.) Spach.

Botanists have been studying representatives of this family for more than a hundred years [18–31]. Originally, the genus *Leontice* was described by C. Linnaeus [32] and included three species, now belonging to three different genera: *Leontice*, *Caulophyllum* Michx., and *Bongardia* [33]. The genus *Gymnospermium* was described by the French botanist E. Spach in 1839 and originally belonged to the genus *Leontice*; its independence was repeatedly disputed by various botanists. The history of division and distinguishing features of these two genera by the structure of seeds and fruits were described in detail by A.L. Takhtajyan [34],

noting that the currently established independence of the genera was first accepted in the “Flora of Europe” [35].

There is only general information on the distribution of each species in Kazakhstan [36]. The aim of our study was to clarify and supplement information on the location and ecology of *Leontice* and *Gymnospermium* species in Kazakhstan based on data from large herbarium collections in Kazakhstan and Russia.

Materials and Methods

The objects of our research are the Kazakhstan species *Leontice* and *Gymnospermium* (Fig. 1), which are components of both semi-arid, arid, and forest mountain ecosystems; moreover, one of them, *G. altaicum*, is listed in the Red Book of Kazakhstan [37].



Gymnospermium alberti



Gymnospermium altaicum



Leontice ewersmanii



Leontice inserta

Figure 1 – Species of *Gymnospermium* and *Leontice* in Kazakhstan

To clarify the distribution of these species in Kazakhstan, we have analyzed the herbarium specimens from the collections of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA) (Almaty, Kazakhstan), the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE) (St. Petersburg, Russia), the scientific depository “Virtual Herbarium ALTB” (ALT B) of the South Siberian Botanical Garden of the Altai State University (Baraul, Russia) (<http://altb.asu.ru/index.php>), and the depository of living systems “Noah’s Ark” (MW) (<https://plant.depo.msu.ru>) of the digital herbarium of the Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia). The Latin names of species have been given according to the summary by S.A. Abdulina [16].

Results and discussion

In total, we analyzed more than 196 herbarium specimens (Table 1). As a result of the analysis of specimens from herbarium collections, the possible places of their distribution and ecology these four studied species were clarified. Below, we give their synopsis according to the habitats identified during the analysis of these herbarium collections. All descriptions of the locations were given according to the herbarium labels. Unfortunately, not all descriptions were included in the synopsis due to the impossibility of correct identification of some herbarium labels due to their wear and tear, and lack of other additional information, apart from the species name. All entries on the labels were translated from Russian except for those left in the original language – German. We tried to organise herbarium specimens of the studied species according to geographical (mountains, deserts) or administrative (regions) criteria, as it is not always possible to follow only one of them.

Table 1 – Number of herbarium specimens of Kazakh species of the genus *Leontice* and *Gymnospermium* available in the above mentioned scientific herbaria of Kazakhstan and Russia

Species name	Herbarium Acronym			
	AA	LE	MW	ALT B
<i>Gymnospermium alberti</i> (Regel) Takht.	7	6	13	-
<i>G. altaicum</i> (Pall.) Spach.	8	48	7	13
<i>Leontice ewersmanii</i> Bunge	8	49	10	-
<i>L. inserta</i> Pall.	2	13	12	-
Total:	25	116	42	13

Family Berberidaceae Juss.

Genus *Gymnospermium* Spach

Gymnospermium alberti (Regel) Takht.

Ephemeroïd, herbaceous perennial with a globular tuber. Blooms in March-April. Grows on mountain slopes among shrubs, deciduous trees and junipers in the lower and middle belt of the southern mountains. It occurs in the Kyrgyz Alatau, Karatau and Western Tien Shan [36]. For Kyrgyzstan, the species is listed as subendemic [38].

Herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA)

Karatau mountains: grassy foothills slopes of Kaz-gurt mountain near Chimkent 12.V.1930, Pavlov N.V.; 1720 m, southern slope, 18.V.1973, Myrzakulov P.M.; Khantali gorge 23 km from Khantali village, left bank of Khantali river, 09.V.1985, Myrzakulov P.M.

South Kazakhstan region: stony debris at the place of snow spot at Aksar-saya peak near Nanai village, 23.VI.1948, Pavlov N.V.

Talas Alatau: surroundings of Novonikolayevka village, eastern slope of Taldy-Bulak gorge, 01.IV.1937, Masalsky A.P.

Karzhantau: Arkabai gorge, under forest canopy on north-western slope, 29.V.1988, V.A. Samoylova.

Western Tien-Shan: Sary-Aigyr Mountains, at foothills on clayey soils, 13.V.1989, V.A. Samoylova, A.A. Ivashchenko.

Herbarium of the V.L. Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences (LE)

Talas Alatau: Aksu-Dzhabaglin reserve, beginning of B. Kaindy gorge, 15.VII.1958, Soskov Y.D.

Karatau Mountains: rocks near Babai-Kurgan village, 21.IV.1930, Lipschitz S.; in dry channel on meadow slope under Bukuy-Tau peak, 03.VII.1931, Pavlov N.V.; Kara-Uzen gorge, in upper reaches of Boyaldyr river basin, 09.V.1977, Kamelin. R.V., Mikhailova M.A., Mishenkova A.P., Safronova I.N., Solov’ev V.I.

Southern Kazakhstan: Syr-Darya region, aul between Antonovka and Kornilovka, 07.III.1912; Prichuisky Moiynkum, eastern slope of Suluter gorge at the height of 200 m, meadow steppe belt, 03.VI.1930, Zapryagaeva F.L.

Depository of Living Systems «Noah’s Ark» (MW)

Karatau Mountains: grassy foothill slopes of Kaz-gurt mountain near Chimkent, 19.V.1939,

Pavlov N.V.; Turkestan district, north-west of Kurnash village, steep south-eastern stony slope, 24.IV.1935, G.V. Tekutyev; Turkestan district, behind Koch-ashik village, rubbly stony slope, 03.IV.1930, Lipschitz S.; Turkestan district, rocks near Baban-kurgan village, 21.IV.1930, Lipschitz S.; Turkestan district, rock near Baban-kurgan village, 21.IV.1930, Lipschitz S.; in shrubs on stony slope of mountains, in upstream of Kulan-su river, 18.V.1932, Pavlov N.V.; in a dry streambed on a meadow slope of Bukuy-tau peak, 03.VII.1931, Pavlov N.V.; under a snow spot on the top of Kazgurt mountains, 20.V.1939, Kuznetsov N.M.

South Kazakhstan region: Bostandyk, Ugamskiy ridge, Boguchal-say est. Boguchal-say, under canopy of walnut forest, 1200 m, 10.V.1954, Pavlov N.V.; stony upland steppe below Aksar-saya peak near Nanai village, 23.VI.1948, Pavlov N.V.; stony debris at the place of a snow spot at Aksar-saya peak near Nanai village, 23.VI.1948, Pavlov N.V.; Bostandyk, along the slope of a ravine above Sidkak village, 03.VI.1953, Pavlov N.V.; Sairam district, artificial forest plantation 3 km south of Karamurat village (28 km south of Belye vody), 22.III.1962, Vlasov M.

***Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach**

Ephemeroïd, herbaceous perennial plant with an almost globular tuber. Flowering in late March-early April. Grows on mountain slopes among shrubs, in apple and fir (Altai) forests. It occurs in Irtysh Land, Zaisan, Altai and Tabagatai Mountains, Dzungarian, Trans-Ili, Kungei and Terskey Alatau, Ketmen ridge, Chu-Ili Mountains [21]. In Russia, it is listed in the Red Book of Altai Krai as a rare and endemic plant with a limited area of distribution [39].

Herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA)

Trans-Ili Alatau: rock benches near the barracks, 01.IV.1930, Pavlov N.V.; north-eastern slope of the steep slope, upper part of the ridge, apple-tree forest, 1550 m, IV.1975, Rodionov B.S.; surroundings of Alma-Ata, upwards from the pioneer camp "Orlenok" on rock benches, 1100 m, 27.IV.1976, Kosenko V.N.; surroundings of Issyk village, 30.IV.1976, Kosenko V.N.; Almaty, rock benches in the area of Kensai 2 cemetery, elevation 960 m, 31.III.2017, Veselova, Mukhtubaeva, Kudabaeva (2 sheets).

East Kazakhstan region: Altai, Narym ridge, south-western spurs, in surroundings of Svinchatka village, shrubby piedmont steppe, 05.V.1985, Bidullaeva; Kalbinsky ridge, in surroundings of the upper post, 23.VI.1957, Stepanova E.F.

Herbarium of the V.L. Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences (LE)

Trans-Ili Alatau: Semirechensky region, surroundings of Verny city, 15.IV.1891, Killoman; Semirechensky region, surroundings of Verny city, 19.IV.1890, Killoman; surroundings of Verny city, 29.III.1892, Killoman; Semirechensky region, Verny district, 26.III.1905, Sokalskiy N.D.; Semirechensky region, Verny district, 1906, Sokalskiy N.D.; Prope urbem Alma-Ata in decliviis argilosis herbosis supra urbem, 06.V.1934, Popov M.G. (2 sheets); Semirechensky region, foothills surroundings of Verny city, zone of various grasses steppe, altitude 500 m, 1916, Abolin R.; Semirechensky region, foothills to the east of Verny city, 25.III.1911, Skorobogatov; Semirechensky region, basin of Malaya Almatinka river, 01.IV.1904, Ivanov P.; Semirechensky region, northern slopes of Alatau from Verny to Kastek pass, 16.III.1896, Ladygin V.O.; Semirechensky region, gorge to the east from Verny, 12.IV., Poyarkov A.; surroundings of Alma-Ata, about 2,5 km from pioneer camp "Orlyonok", 27.IV.1976, Kosenko V. (2 sheets); surroundings of Talgar village, among ephemeral motley grasses, 03.V.1976, Kosenko V. (3 sheets); surroundings of Issyk village, on the rock benches among ephemeral motley grasses, 30.IV.1976, Kosenko V. (2 sheets); surroundings of Turgeni village, near the brickyard on the rock benches, 08.V.1976, V. Kosenko (2 sheets); bottom of a gorge in loess foothills to the south-east of Verny in a belt of deciduous forest, 16.IV.1916, V.D. Gorodetsky; bottom of a gorge in loess foothills to the south-east of Verny, also on northern slopes in a belt of deciduous forest, 27.III.1916, V.D. Gorodetsky; Almatinka, 28.III.1877, Regel A. (2 sheets); Maloalmatinsky gorge, shrub thickets, 23.IV.1913, Shishkin B., Genina V.; Werny, 17.III.1877, Regel A. (3 sheets); Werny, Almatinka, 20.III.1877, Regel A.; Werny, Kleine Almatinka, 10.IV.1877, Regel A.; near Verny, gorge to the east, 18.III.1914. Poyarkov A.; Semirechensky region, surroundings of Verny, 04.V.1887, Killoman.

Tarbagatai: in ruperstribus montium Tarbagatai, praesertim ad torrentem Tscheharak-Assu frequens, 1840, Karelin et Kiriloff.

Eastern Kazakhstan: Ust-Kamenogorsk, Prigonnaya mountain, northern shrubby slope, 29.V.1931, Shishkin B., Steinberg E., Sumnevich G.; Kalbinsky ridge, Ulan district, Asybulak village, south-western ravine of the mountain, among grass, 24.V.1939, Grubov V.; Kaljirskaya valley, on the left side of Kaljira river, Alekseevskiy village, 13.IV.1908, Keller B.A.

Depository of Living Systems «Noah's Ark» (MW)

Trans-Ili Alatau: foothills, surroundings of Verny city, zone of various grasses steppe, altitude 500 m, 20.III.1916, Abolin R.; Alma-Ata, rock benches near military town, 12.IV.1939, Pavlov N.V.; rock benches in surroundings of Alma-Ata, northern slope with shrubs, 04.V.1936, Goloskokov V.P.

Altai: village Shemonaikha, on Mokhnataya hill, 26.IV.1901, Krylov P.;

Eastern Kazakhstan: 40 km to the south of Ust-Kamenogorsk city, surroundings of village Skalistoe, valley of steppe stream, 20.IV.1987, Smirin V.M.;

Tarbagatai: in ruperstribus montium Tarbagatai, praesertim ad torrentem Tscheharak-Assu frequens, 1840, Karelin et Kiriloff.

Scientific depository "Virtual Herbarium ALTB"

East Kazakhstan region: Kalbinsky ridge, surroundings of Samsonovka village, foothill of southern slope, in shrubs, 08.V.1970 (2 leaves); Kalbinsky ridge, 12 km to the north-west of village Panteleymonovka, 07.V.2009, Sherin I.A., Galkin A.V. (3 sheets); 5 km to the south of Ust-Kamenogorsk city, left bank of Ablaketka river, stony slope of southern exposure, 10.IV.1997, Shmakov A.I. (2 sheets); 4 km from Shemonaikha village, bridge over Uba river, eastern slope, 15.IV.1990; Kurchum district, western spurs of Narymsky ridge near Kaznakovskaya crossing on Bukhtarma reservoir, scrubby, turf slopes, N 48°44', E 83°28', 05.V.2001, S.A. Dyachenko; Kurchum district, spurs of Kurchum ridge, Kukumbai mountains, 42 km from Kurchum village, rubbly slopes of gorge, N 48°27', E 84°10', 06.V.2001, Diachenko S.A.; Kurchum district, southern spurs of Azutau ridge, Bulgar-Tabatty mountains, slopes of northern exposure with juniper, N 48°16', E 85°22', 08.V.2001, Diachenko S.A.; Kolba, Chechek Pass, 24.IV.1988, Tsyganov A.P.; Ulansky District, Kalba Range, eastern macro-slope of mount Medvedka, elevation 1200 m, N 49°34'50", E 82°37'12", 30.V.2006, Smirnov S.V., Kutsev M.G., Kurilo A.I., Skalozubov R.G.

Genus *Leontice* L.***Leontice ewersmanii* Bunge**

A strong perennial plant with an ovoid tuber. Blooms in March-April. It grows on clay and sandy soils in the desert plains and foothills, sometimes as a weed in crops, wastelands and roadsides. Distribution: in the Kzyl-Orda region, Muyun-kum,

Lake Balkhash Region, Kyzyl-kum, Turkestan, Dzungarian, Trans-Ili Alatau and Kungei Alatau, Ketmen-Terskey Alatau (Syugaty valley), Chu-Ili Mountains, Kyrgyz Alatau, Western Tien Shan [21].

Herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA)

Dzungarian Alatau: south-western spurs, Chulak, Moncha-sai mountains, along steppe fine-grained places in the middle part of the gorge, 28.V.1928, Goloskokov V.P.

Kyzyl-Kum: Syr-Darya district, northern slope of Balyk-tau mountain, 23.IV.1930, Golovanov; Central Nuratau, 800 m elevation, 27.IV.1975, Baitenov M.S.; Shubarbaital gorge, south-eastern stony slope, 05.VI.1980. Kudabaeva G.M. (2 sheets).

Trans-Ili Alatau: Kastek mountains, Kurdai pass, western slope, fine-grained lowlands, 18.V.1976, Nelina N.V.; Kastek mountains, Kurdai pass, in lowlands, 21.IV.1976, Eremina N.H.; Kastek mountains, Kurdai pass, 21.IV.1976, Karmysheva N.K.

Herbarium of the V.L. Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences (LE)

Dzungarian Alatau: south-western spurs, Chulak, Moncha-sai mountains, along steppe fine-grained places in the middle part of the gorge, 28.V.1955, Goloskokov V.P. (3 sheets)

Trans-Ili Alatau: Semirechensky region, Pishpek uyezd, Kurdai pass, plateau at the top of the pass, 19.IV.1913, Shishkin V., Genina V. (3 sheets); Kurdai pass, 20-21.III.1879, Fetissow A. (4 sheets); Kurdai pass, right in the mountains, 13.V.1976, Kosenko V.N.; Kurdai, 15.IV.1880, Fetissow; Semirechensky region, Pishpek uyezd, in foothills of Chu-Ili range, village Georgievskoe, Sovetkina M.; Kendyk Tas mountains, 07.V.1886, Krassnow (2 sheets); Semirechensky region, Pishpek uyezd, between Konstatinovskaya-Syugatinskaya stations, 28.V.1909, Mikhelson A.; Semirechensky region, Pishpek uyezd, Kamyshansk village, 23.VI.1916, Tsingerling Yu;

Southern Kazakhstan: in the surroundings of Kabud-say station of Arys-Tashkent railway, wormwood steppe, 26.III.1962, Gubash I.; Syr-Darya region, hilly foothills of Western Tien-Shan in the area of borders of Tashkent and Chimkent uyezds, surroundings of Suksuk-kuduk well on steppe escarpments, 28.IV.1926, Yarmolenko A. (2 sheets); Syr-Darya region, Arys station, steppe, 29.III.1911, Dimo N.A., Sprygin I.I., Shulga I.A.; Turkestan, Tashkent uyezd, Suksuk-kuduk,

02.V.1926; hilly foothills of the Western Tien-Shan near Tashkent (Syr-Darya region) between the village of Kazanskiy (Chigerino) and the railway station, 04.V.1926, Yarmolenko A.; slopes of flat loess hills near Kabul-say junction of Arys-Tashkent railway 25 km south of Arys station, thickets, 07.V.1961, Vlasov M.I. (2 sheets); in the surroundings of Kabul-sai junction, Arys-Tashkent railway, wormwood steppe, 26.III.1962, Vlasov M.; between Kabul-say station and 42nd junction of Arys-Tashkent railway, 22.V.1956, Soskov Yu.; Syr-Darya region, Tashkent uyezd, crops between Keles station and Darbazy, 17.IV.1916, Kultiasov M.; between 42-43 junctions of Tashkent railway, on the road from Arys station to Tashkent, 19.V.1958, Soskov Y.D. (2 sheets); Chingildy station, 21.V.1877, Fetissow (2 sheets);

Kyrgyz Alatau: northern slope, south-eastern slope of Sulutur river gorge, 1900 m high, 31.V.1930, Igolkin G.I.

Kyzyl-Kum: foothills between Sherekty and Kara-tau, in steppe, 13.V.1932, Rusanov F.; wormwood steppe 4 km west-southwest of Kurak-Bai village, 22.V.1932, Afanasyev K.

Semirechensky region: Pishpek uyezd, right bank of the Chu river, open grassy steppe on slightly elevated place near Ulan-Tumsuk mountain, 20.V.1916, Somatkina M., Chausova S.

Depository of Living Systems «Noah's Ark» (MW)

Western Tien-Shan: on clay hills of Kaplanbek, 06.IV.1923, Korovin V.

Karatau: Ak-tau mountain, steppe slope. Near Leontievka village, 16.V.1934, Chilikina L.

Trans-Ili Alatau: Kurday pass, dry steppe, 26.V.1939, Pavlov N.V.; dry steppe at Kurday pass, 16.V.1939, Pavlov N.V.

Southern Kazakhstan: South Kazakhstan region, near Arys station, between 42nd passing-track and Kobulsay, 07.V.1961, Gubanov I.A.; between Chimkent, Tashkent and Syr-Darya, 23.IV.1975, Pimenov M.G.; the steppe in 20 km to the south-east from Arys, 19.V.1958, Gubanov I.A.; Syr-Darya region: Kaplanbek tract, bogara, 28.III.1922, Vvedensky A.I.; Dzhambul region, surroundings of village Chernorechenskoe, Chu river valley, 06.VI.1969, Pimenov M.G.

Central Kazakhstan: Karsakpai district, on mountain slopes near Karsakpai plant, 01.V.1930, Smirnov E.

***Leontice inserta* Pall.**

Ephemeroïd. Perennial herbaceous plant with an ovoid or globular tuber. Flowering in April. It grows on rubble slopes of low mountains, on sandy, clay

and saline soils in deserts, and in saxaul thickets. It occurs in the Caspian Sea region, Mugodzhary, Emba, Turgai, Western Kazakh Uplands, Zaisan, northern Ustyurt, Aral Sea region, Kzyl-Orda region, Betpakdala, Muyunkum, Balkhash lake region, Dzungarian Alatau, Ketmen, Terskey Alatau [21]. In China, this species is regionally included in the List of Key Protected Wild Plants of Xinjiang Province [40].

Herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA)

Betpak-dala: eastern end of the desert, loamy, moist soil, 21.IV.1976, Orazova A.O.

Balkhash lake region: 9-12 km from Bakanas village eastwards to Birlik village, among wormwood-rhubarb-saxaul vegetation, altitude 403 m, N 44°48'37.7" and E 076°35'53.1", 29.IV.2015, Ramazanova M.

Herbarium of the V.L. Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences (LE)

Aral sea region: area of Aralsk, mounds of small gopher, spring 1958, Vartavsky; Aral Sea, Auzy Kum-aral, 09.V.1902, Berg L.

South Kazakhstan: Syr-Darya region, sands among saxaul forest between Bil-kora tract and old Chu river bed, 30.V.1916, Sowtypkina M.; Syr-Darya region, Kazalinsk, Ak-suat, 01.V.1903, Berg L.; Boktagaryk wormwood sand steppe, 14.V.1905, Abramov V.A.; Syr-Darya region, Perovskiy uyezd, sands of Taigakum station, 16.IV.1906, Nikolskiy V.V.; island of Asche-Kul lake, 09.V.1905, Abramov V.A.; near Baylakum station, 100 versts from Perovsk, 1908, Malyshev S.I.

Balkhash lake region: Eastern Betpak-dala, western shore of Balkhash lake, near Myn-Aral village on solonets, 07.VI.1949, Goloskokov V.P. (2 sheets).

Depository of Living Systems «Noah's Ark» (MW)

Atyrau region: clay desert on the shore of Lake Inder, N 48°30'50", E 51°52'30", 05.V.2011, Onipchenko V.G.

Karatau: north-eastern foothills of the eastern part of the ridge, Kur-Shabakty tract, wormwood semidesert, 17.V.1936, Chilikina L.; Transkaratau desert, wormwood-boyalish plain between river Uzen and Ak-sumbe, 12.V.1939, Pavlov N.V.; Pre-Karatau desert, in saxaul thickets near Chiyli station, 16.V.1939, Pavlov N.V.

Aktobe region: south of Zharkamys village, Chirkola ridge, chalk outlier Kaban-kulak, on a plume, 25.V.1967, Tscherkassova G.I.

Balkhash lake region: Uch-Tyube, Eskeldy, 28.VI.1929, Berezin V.A.; in desert steppe near Myn-aral, 20.V.1951, Pavlov N.V.; in saxaul forest between 5 and 6 pickets of Karaganda tract, 17.V.1951, Pavlov N.V.

Northern Aral Sea region: sandy steppe, 11.V.1931, Serova E.; clay steppe, 28.V.1931, Serova E.; clay steppe at the foothills of mountains, 10.V.1931, Serova E.

Mangyshlak region: Ustyurt plateau, 70 km south-east of Beineu village, 06.V.1983, Rusanovich I.I.

The maximum information on the distribution of *Leontice* and *Gymnospermium* species in Kazakhstan was obtained thanks to the herbarium of V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (116 sheets), followed by the digitized collection of Lomonosov Moscow State University (42 sheets). The least of data was obtained from the collections of the Institute of Botany and Phytointroduction and the scientific depository “Virtual Herbarium ALTB” (25 and 16 sheets, respectively). According to species, the data were distributed in the following order: the largest number of specimens of *Gymnospermium altaicum* (76 sheets), followed by *Leontice ewersmanii* (67 sheets), *Leontice inserta* (27 sheets), and *Gymnospermium alberti* (26 sheets). In terms of the time of collection, specimens collected 100 and more years ago predominate. Not too many specimens are dated 50-80 years from the last century, and only a few modern herbarium specimens, most of the latter are presented in the Scientific depository “Virtual Herbarium ALTB”.

Gymnospermium altaicum. Most of his finds are from the foothills of the Trans-Ili Alatau, especially in the surroundings of the former town of Verny (currently Almaty), and from the Altai mountain ranges in eastern Kazakhstan. Only 2 herbarium sheets were collected in the Tarbagatai Mountains and dated 1840. More recent finds of the species date from the late 1990s and early 2000s.

Leontice ewersmanii. Most of the herbarium specimens were gathered in South Kazakhstan in loess hilly foothills, in wormwood steppes. A significant herbarium was also collected in the area of the Kurdai Pass. Only a few herbarium sheets

refer to the Dzungarian Alatau (Chulak Mountains), Kyzyl-Kumam, Central Kazakhstan and Kyrgyz Alatau.

Leontice inserta. The herbarium was collected in desert areas of the Balkhash Lake region, the Aral Sea region, in South Kazakhstan, in the west of Kazakhstan (Mangyshlak, Atyrau and Aktobe regions). The most recent finds in 2015 were noted in the Balkhash Lake region.

Gymnospermium alberti. The main finds were found in the mountain ranges of the Western Tien Shan in South Kazakhstan, mainly the Karatau Mountains.

Conclusion

We critically analyzed more than 196 herbarium specimens from large herbarium collections of four scientific organizations in Russia and Kazakhstan. All of the botanical specimens were collected within the most typical natural environments of the species, which supports the data presented in the literature regarding the geographical distribution and ecology of the Kazakhstan species *Leontice* and *Gymnospermium*. The distribution of *Gymnospermium altaicum* in the mountains of Tarbagatai and Dzungarian Alatau is questionable, because the only evidence of its presence in Tarbagatai is the only two herbarium specimens collected in 1840 by Karelin et Kiriloff. The distribution of *Gymnospermium altaicum* in the mountains of Tarbagatai and Dzungarian Alatau is questionable, as the only evidence of the presence of this species in Tarbagatai is the only two herbarium specimens collected in 1840 by Karelin et Kiriloff. Also, in these four collections, we were unable to find any herbarium sheets with this species from Dzungarian Alatau. In our opinion, it is needed additional research to clarify the occurrence of rare species *Gymnospermium altaicum* in the mountains of Tarbagatai as well as Dzungarian Alatau. It is also necessary to monitor this species in the foothills of the Trans-Ili Alatau (surroundings of Almaty), where, according to herbarium data, it was often found in the late XIX–early XX centuries. The last herbarium specimens were collected in 2017 only in the surroundings of Kensai cemetery.

References

1. Abdulina S.A. Checklist of vascular plants of Kazakhstan. Almaty, 1999.
2. Abidkulova D.M., Ivashchenko A.A., Sramkó G., Kurbatova N.V., Abidkulova K.T. *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach (Berberidaceae), an early spring element of wild fruit forests of the Trans-Ili Alatau. *Exp. Biol.* 86 (2021): 14–26. doi: 10.26577/eb.2021.v86.i1.02
3. Baitenov M.S. Flora of Kazakhstan. Genus complex of flora. Almaty, 2001.
4. Bakker F.T., Bieker V.C., Martin M.D. Editorial: Herbarium Collection-Based Plant Evolutionary Genetics and Genomics. *Front. Ecol. Evol. Sec. Evolutionary and Population Genetics* 8, article 603948 (2020). <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.603948>
5. Barina Z., Caković D., Pifkó D., Schönschwetter P., Somogyi G., Frajman B. Phylogenetic relationships, biogeography and taxonomic revision of European taxa of *Gymnospermium* (Berberidaceae). *Bot. J. Linnean Soc.* 184, no. 3 (2017): 298–311. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/box028>
6. Bieker V.C., Martin M.D. Implications and future prospects for evolutionary analyses of DNA in historical herbarium collections, *Botany Letters* 165, no. 3-4 (2018): 409-418, DOI: 10.1080/23818107.2018.1458651
7. Carranza-Rojas J., Goeau H., Bonnet P., Mata-Montero E., Joly A. Going deeper in the automated identification of Herbarium specimens. *BMC Evol Biol* 17, no. 181 (2017). <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1014-z>
8. Fukuda I. The biosystematics of Achlys. *Taxon* 16, no. 4 (1967): 308–316. doi: 10.2307/1216381
9. Funk V.A., Hoch P.C., Prather L.A., Wagner W.L. The importance of vouchers. *Taxon*. 54. (2005): 127-129
10. Greve M., Lykke A.M., Fagg C.W., Gereau R.E., Lewis G.P., Marchant R., Ndayishimiye J., Bogaert J., Svenning, J.-C. Realising the potential of herbarium records for conservation biology. *South African Journal of Botany* 105 (2016): 317–323. doi: 10.1016/j.sajb.2016.03.017
11. Gross M. Herbaria source of new plant species. *Current Biology*, 21, no. 1 (2011): R6–R7. doi:10.1016/j.cub.2010.12.029
12. Harris T., Mulligan M., Brummitt N. (2021) Opportunities and challenges for herbaria in studying the spatial variation in plant functional diversity, *Systematics and Biodiversity*, 19:4, 322-332, DOI: 10.1080/14772000.2021.1887394
13. Heberling J.M. Herbaria as Big Data Sources of Plant Traits. *International Journal of Plant Sciences* 183, no. 2, (2022): 87-118.
14. Heberling J.M., Prather L.A., Tonsor S.J. The Changing Uses of Herbarium Data in an Era of Global Change: An Overview Using Automated Content Analysis. *BioScience* 69, no 10 (2019): 812–822. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz094>
15. Henderson A. The Methods of Herbarium Taxonomy. *Systematic Botany*, 30, no. 2 (2005): 456-459
16. Hutchinson J. Jeffersonia and Plagiorhegma. *Bull. Misc. Inform.* 7 (1920): 242–245. doi: 10.2307/4107483
17. Kosanic A, Anderson K, Harrison S, Turkington T, Bennie J. Changes in the geographical distribution of plant species and climatic variables on the West Cornwall peninsula (South West UK). *PLoS ONE* 13, no. 2 (2018): e0191021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191021>
18. Lang P.L.M., Willems F.M., Scheepens J.F, Burbano H.A., Bossdorf O. Using herbaria to study global environmental change. *New Phytol.* 221, no. 1 (2019):110-122. doi: 10.1111/nph.15401. Epub 2018 Aug 30. PMID: 30160314; PMCID: PMC6585664.
19. Lee S.H., Yeon M.H., Shim J.K. Conservation implications of the genetic diversity of *Gymnospermium microrrhynchum* in Korea. *Genet. Mol. Res.* 15, no.4 (2016). DOI: 10.4238/gmr15048843
20. Linnaeus C. *Species plantarum*. Stockholm, 1753.
21. Loconte H., Blackwell W.H. Intrageneric taxonomy of Caulophyllum (Berberidaceae). *Rhodora* 87 (1985): 463–469.
22. Loconte H., Estes J. R. Generic relationships within Leonticeae (Berberidaceae). *Can. J. Bot.* 67 (1989): 2310–2316. doi: 10.1139/b89-295
23. Meineke E.K., Davis, C.C., Davies T.J. The unrealized potential of herbaria for global change biology. *Ecological Monographs* 88, no. 4 (2018): 505-525. doi:10.1002/ecm.1307
24. Nualart N., Ibáñez N., Soriano I., López-Pujol J. (2017). Assessing the Relevance of Herbarium Collections as Tools for Conservation Biology. *The Botanical Review* 83, no. 3 (2017): 303–325. doi:10.1007/s12229-017-9188-z
25. Rosati L., Coppi A., Farris E., Fascetti S., Becca G., Peregrym M., Tan K., Selvi F. The genus *Gymnospermium* (Berberidaceae) in Italy: identity and relationships of the populations at the western limit of the genus range. *Plant Biosyst.* 153 (2018): 796–808. doi: 10.1080/11263504.2018.1549613
26. Shirai M., Takano A., Kurosawa T. Inoue M., Tagane Sh., Tanimoto T., Koganeyama T., Sato H., Terasawa T., Horie T., Mandai I., Akihiro T. Development of a system for the automated identification of herbarium specimens with high accuracy. *Sci Rep* 12, 8066 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11450-y>
27. Song S. Zubov D., Comes H.P., Li H., Liu X., Zhong X., Lee J., Yang Zh., Li H. Plastid Phylogenomics and Plastome Evolution of Nandinoideae (Berberidaceae). *Front Plant Sci.* 13 (2022): 913011. doi: 10.3389/fpls.2022.913011.
28. Stearn W.T. *Epimedium* and *Vancouveria* (Berberidaceae), a monograph. *Bot. J. Linn. Soc.* 51 (1938): 409–535. doi: 10.1111/j.1095-8339.1937.tb01914.x
29. Stearn W.T., Webb D.A. *Gymnospermium* Spach. In: Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Valentine D.H., Walters S.M., and Webb D.A., editors, *Flora Europaea: Lycopodiaceae to Platanaceae*. Cambridge: Cambridge University Press, 1964.
30. Takhtajan A.L. On the genus *Gymnospermium* Spach. *Bot. Zhurn. SSSR.* 55 (1970): 1191–1193.
31. Wang W., Chen Zh., Liu Y., Li R.-Q., Li J. Phylogenetic and biogeographic diversification of Berberidaceae in the Northern Hemisphere. *Syst. Bot.* 32 (2007): 731–742.

32. Xiang Q.-Y., Soltis D.E., Soltis P.S., Manchester S.R., Crawford D.J. Timing the eastern Asian–eastern North American floristic disjunction: molecular clock corroborates paleontological estimates. *Mol. Phylogenet. Evol.* 15 (2000): 462–472. doi: 10.1006/mpev.2000.0766
33. Ying T.S. On *Dysosma* Woodson and *Sinopodophyllum* Ying, gen. nov. of the Berberidaceae. *Acta Phytotax. Sin.* 17 (1979): 15–23.
34. Ying T.S., Terabayashi S., Boufford D.E. A monograph of *Diphylleia* (Berberidaceae). *J. Arnold Arbor.* 65 (1984): 57–94.
35. Zhang M.L., Ulink C.H., Kadereit J.W. Phylogeny and biogeography of *Epimedium*/ *Vancouveria* (Berberidaceae): Western North American – East Asian disjunctions, the origin of European mountain plant taxa, and East Asian species diversity. *Syst. Bot.* 32 (2007): 81–92. doi: 10.1600/036364407780360265
36. Flora Kazahstana. T. 1 [Flora of Kazakhstan. V.4], Alma-Ata: Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1961. (in Russian)
37. The Red Data Book of Kazakhstan. Volume 2. Part I. Plants. Astana: LTD «Art-Print XXI», 2014.
38. Laz'kov G.A., Sultanova B.A. Kadastr flory Kyrgyzstana. Sosudistye rastenija [Cadastre of the flora of Kyrgyzstan. Vascular plants]. Bishkek, 2014. (in Russian)
39. Krasnaja kniga Altajskogo kraja. Redkie i nahodjashhiesja pod ugrozj ischeznovenija vidy rastenij [Red Book of Altai Krai. Rare and endangered plant species]. Barnaul: OJSC “IPP “Altai”, 2006. (in Russian)
40. World Heritage Nomination Natural Heritage. China. Xinjiang Tianshan. 2012.

Авторлар туралы мәлімет:

Абидкулова Каримә Тулегеновна – (автор корреспондент) әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биология және биотехнология факультетінің биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, email: karime_58@mail.ru)

Алмабек Даяна Муратқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биология және биотехнология факультетінің биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, email: mizzadm@gmail.com)

Иващенко Анна Андреевна – биология ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Зоология институтының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: ivashchenkoanna64@gmail.com)

Мухитдинов Наштай Мухитдинович – биология ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биология және биотехнология факультетінің биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының профессоры (Алматы, Қазақстан, email: nashtay41@gmail.com)

Курбатова Наталья Владимировна – биология ғылымдарының кандидаты әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті биология және биотехнология факультетінің биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, email: kurbatova_nv77@mail.ru)

Туралин Бауыржан Алпысбайұлы – Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті биология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, email: bauke_1982@mail.ru)

Карашолокова Лаззат Наушабаевна – Ph.D, I.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті техникалық ғылымдар жоғары мектебінің қауымдастырылған профессоры (доцент), (Алматы, Қазақстан, email: karasholakova.lazzat@mail.ru)

Information about authors:

Abidkulova Karime – (corresponding author), PhD Student of the Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: karime_58@mail.ru)

Almabek Dayana – Lecturer of the Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: mizzadm@gmail.com)

Ivashchenko Anna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Institute of Zoology of the Ministry of Science and Education of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, email: ivashchenkoanna64@gmail.com)

Mukhitdinov Nashtay – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: nashtay41@gmail.com)

Kurbatova Natalia – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Biodiversity and Bioresources, Faculty of Biology and Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: kurbatova_nv77@mail.ru)

Bauyrzhan Turalin – Senior Lecturer of Department of Biology Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan, email: bauke_1982@mail.ru)

Karasholakova Lazzat – Ph.D, Associate Professor of Higher School of Technical Sciences of Zhetysu University named after I. Zhansugurov (Taldykorgan, Kazakhstan, email: karasholakova.lazzat@mail.ru)

Received November 14, 2023

Accepted March 25, 2024

B.T. Berdikulov^{1*}, **A.E. Gavrilov¹**,
Song Gang², **E.V. Akentyeva¹**

¹Institute of Zoology, Ministry of Science and Higher Education
of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, China, Beijing
*e-mail: bertalbek@gmail.com

ANALYSIS OF ENVIRONMENT USE AND BEHAVIOR OF *BUBO BUBO* IN THE WESTERN TIEN SHAN, ШАҚПАҚ ПАССЫ АСУЫНДА ҮКІНІҢ *BUBO BUBO* ҚОРШАҒАН ОРТАСЫН ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН GPS/GSM ТЕЛЕМЕТРИЯ АРҚЫЛЫ ТАЛДАУ

The study focuses on the habitat use and behavioral characteristics of the Eurasian eagle-owl (*Bubo bubo*) at Shakpak Pass, located in the Western Tien Shan. This work is the first detailed research on the spatial behavior and habitat use of this species in this vital migratory corridor. The goal was to map the tagged Eurasian eagle-owl's range, identify habitat preferences, and analyze behavioral adaptations using a mixed-methods approach that combines quantitative GPS tracking with qualitative behavioral observations.

The findings show the eagle owl's significant localization of movements, demonstrating its attachment to specific nesting and hunting territories. The analysis reveals the eagle owl's capacity to adapt to various hunting and roosting habitats, indicating a high degree of ecological plasticity. Distinct diurnal and nocturnal activity patterns were identified, highlighting the owl's specific hunting times and preferred habitats, ranging from open areas to rugged terrains.

The temperature analysis and daily activity tracking over nine days show that the eagle owl is more active at lower temperatures, particularly at sunset and dawn, with peak activity periods from 7 pm to 11 pm and during dawn hours from 4 am to 7 am. This research provides valuable insights into the behavioral ecology of the Eurasian eagle-owl. The findings hold practical significance for avian ecology and conservation science and can be useful for future research in the Tien Shan and analogous ecosystems.

Key words: *Bubo bubo*, bird behavior, nocturnal birds, GPS telemetry, GSM transmitter, habitat use, bird conservation.

Б.Т. Бердіқұлов^{1*}, А.Э. Гаврилов¹, Сонг Ганг², Е.В. Акентьева¹

¹Зоология институты, Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары білім министрлігі,
Қазақстан, Алматы қ.

²Зоология институты, Қытай Ғылым Академиясы, Қытай, Бейжің қ.
*e-mail: bertalbek@gmail.com

Батыс Тянь-Шань, Шақпақ асуында кездесетін үкінің *Bubo Bubo* қоршаған ортасын пайдалану ерекшеліктерін GPS/GSM телеметрия арқылы талдау

Бұл зерттеу жұмысы Батыс Тянь-Шаньда (Тәңіртауда) орналасқан Шақпақ асуындағы үкінің (*Bubo bubo*) тіршілік ету ортасы мен мінез-құлық ерекшеліктерін түсінуге арналған. Бұл жұмыста алғаш рет GPS/GSM трекиң қолданылып, үкінің маңызды көші-қон дәлізі саналатын Шақпақ асуында тіршілік етуі туралы егжей-тегжейлі ақпарат берілді. Жұмыстың мақсаты – үкінің таралу аймағын картаға түсіру, тіршілік ету ортасына талаптарын анықтау, сандық және сапалық әдістерді біріктіретін аралас әдістерді қолдану арқылы мінез-құлық бейімделуін талдау болды.

Алынған нәтижелер үкі қозғалысының маңызды маршруттарын, оның ұя салатын және аң аулайтын аумақтарға бағыныштылығын көрсетеді. Үкінің аңшылық және түрлі мекендеу ортасына бейімделу қабілетіне қарап, олардың экологиялық икемді түр екенін білуге болады. Үкінің аң аулау уақыты мен ашық жерлерден ойлы-қырлы ландшафтарға дейін мекендейтін жерлері анықталды. Күнделікті белсенділігін және температураға тәуелділігін талдау барысында, үкінің төменгі температурада көбірек аңға шығатыны, ымырт пен таң атқанда белсенді болатыны нақтыланды.

Үкіні GPS трекер арқылы бақылау 9 күн бойы жүргізілді, және тәуліктегі ең белсенді кезеңі 19.00-ден 23.00-ге дейін және таңғы сағат 4-тен таңғы 7-ге дейін болды. Бұл зерттеу үкінің

мінез-құлық ерекшеліктері туралы құнды ақпарат береді. Нәтижелер құстардың биологиясы мен табиғатты қорғау ғылымын зерттеуге практикалық маңызы бар, бұл Тянь-Шань мен ұқсас экожүйелерде болашақ зерттеулерге негіз болады.

Түйін сөздер: үкі, құс экологиясы, түнгі құстар, GPS телеметрия, GSM таратқышы, тіршілік ету ортасын пайдалану, құстарды қорғау.

Б.Т. Бердикулов^{1*}, А.Э. Гаврилов¹, Сонг Ганг², Е.В. Акентьева¹

¹Институт Зоологии Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, Казахстан, г. Алматы

²Институт зоологии Академии наук Китая, Китай, г. Пекин
e-mail: bertalbek@gmail.com

Анализ использования среды и поведения филина *Bubo Bubo* в Западном Тянь-Шане, на перевале Шакпак с помощью GPS/GSM телеметрии

Исследование посвящено использованию среды обитания и поведенческим особенностям филина (*Bubo bubo*) на перевале Шакпак, расположенном в Западном Тянь-Шане. Это первое детальное исследование пространственного поведения вида и использования среды обитания в этом важном миграционном коридоре. Целью было составить карту ареала помеченного филина, определить предпочтительные места обитания и проанализировать поведенческую адаптацию, используя смешанный подход, который сочетает в себе количественное GPS-отслеживание с качественными наблюдениями за поведением.

Результаты подчеркивают значительную локализованность перемещения филина, показывая его привязанность к гнездовой и охотничьей территории. Анализ показывает способность филина адаптироваться к разнообразным средам обитания для охоты и ночевки, что указывает на экологическую пластичность. Были выявлены отчетливые модели дневной и ночной активности, демонстрирующие конкретное время охоты этого вида и предпочтительные места обитания: от открытых территорий до пересеченной местности.

Анализ суточной активности и зависимости от температурного режима показывает, что филин активен при более низких температурах, на закате и на рассвете. Отслеживание суточной активности проводилось в течение 9 дней, в результате был выявлен наиболее активные часы – с 7 вечера до 11 ночи, а в рассветные часы – с 4 до 7. Это исследование дает ценную информацию о поведенческих особенностях филина. Результаты имеют практическое значение для изучения биологии данного вида птиц и природоохранной науки, предлагая основу для будущих исследований на Тянь-Шане и подобных экосистемах.

Ключевые слова: филин, поведение птиц, ночные птицы, GPS телеметрия, GSM передатчик, использование среды обитания, охрана птиц.

Introduction

The Eurasian Eagle-Owl (*Bubo bubo*), is a species of notable conservation interest, yet its behavioral patterns and habitat utilization in the Western Tien Shan region remain insufficiently understood. The choice of topic is driven by both a theoretical interest in the ecological adaptations of *Bubo Bubo* and a practical concern for its conservation status, especially given its classification as rare and red-listed in Kazakhstan.

The object of this study is the ecology, particularly habitat utilization and behavioral dynamics of *Bubo bubo* within the Shakpak Pass where located in Western Tien Shan. This area, known for its unique topographical and ecological characteristics, serves as a crucial corridor for migrating birds, offering a rare opportunity to study the species in a migratory bottleneck.

Our research aims to fill the existing knowledge gap by providing detailed insights into the spatial movements, habitat preferences, and behavioral patterns of *Bubo Bubo*, utilizing first time cutting-edge GPS/GSM telemetry technology. The objectives include mapping the home range, identifying key habitat components, and analyzing behavioral adaptations to the environment and human disturbances.

This study employs a mixed-methods approach, integrating quantitative GPS tracking data with qualitative observations of behavioral patterns.

The significance of this study is to enhance our understanding of the Eurasian eagle owl's ecology and behavior. By exploring these areas, we aim to gain insights into the species' survival strategies and habitat requirements. This knowledge is for developing effective conservation measures to protect the owl and its environment.

The Eurasian Eagle-Owl (*Bubo bubo*) is a large owl species found in various habitats across Europe and Asia. It is a rare and red listed bird [1] nests and is found in wintering grounds throughout almost all of Kazakhstan [2, 3]. They are found in a wide variety of areas, including flat and hilly areas with rocks and cliffs, in river valleys, in dense deciduous, coniferous or mixed forests, in the Tien Shan at an altitude of up to 3000 meters above sea level. It nests in separate pairs, very far from each other. Nesting territories are stable and, in the absence of external disturbance, are used by birds year after year [4]. Within the administrative borders of Kazakhstan in the Aral-Caspian region, at least 1200-1500 pairs of eagle owls are known to nest [5]. In southern Kazakhstan in 1985-1988, 6 cases of nesting of the eagle owl *Bubo Bubo* were recorded [6]. In Eastern Kazakhstan, the population of the eagle owl has been declining; once common two decades ago, it is now one of the rarest species in the region [7].

Research by Heggoy et al. (2021) utilized GPS satellite telemetry to investigate space use and movements of Eurasian Eagle-owls in Norway. The study found that adult breeding eagle owls had a mean home range size of 42.9 km² and exhibited long excursive movements away from their breeding territories during the post-breeding season, highlighting the species' wide-ranging behavior [8]. Van Nieuland et al. (2019) also conducted a habitat suitability assessment for Eurasian Eagle-Owls in Limburg, the Netherlands, using GPS tracking data to validate the model. The assessment identified quarries and vegetation structures as primary attractors for the species, emphasizing the importance of these features for conservation efforts [9].

A study explored the behavior of Eagle Owls in an operating quarry in Hungary, discovering that the tracked female owl was not disturbed by regular human activities, but unexpected and non-regular disturbances proved to be more disruptive. This finding highlights the adaptability of Eagle Owls to human-modified environments while also pointing out potential stressors [10]. Another investigation delved into the potential of bioacoustic methods for monitoring individual Eagle Owls, demonstrating that individuals could be identified by their calls. This has significant implications for understanding population dynamics and informing conservation strategies [11].

The adaptability of the Eurasian Eagle-Owl to human-altered landscapes has been studied, showing that breeding pairs prefer territories at lower elevations and closer to human activities, despite the associated risks such as electrocution, indicating a complex balance between benefits and costs in these environments [12].

Materials and methods

Study Area

The study was conducted at Shakpak Pass, located at longitude E70.60549° and latitude N42.53038°, at an altitude of 1161 meters. This location is a well-known geographical bottleneck for migrating birds between Karatau and Talas Alatau in the Western Tien Shan region (Fig 1). The area is significant as a habitat for both migrating and non-migrating birds, offering a diverse landscape that encompasses open areas, agricultural lands, and rocky terrains.

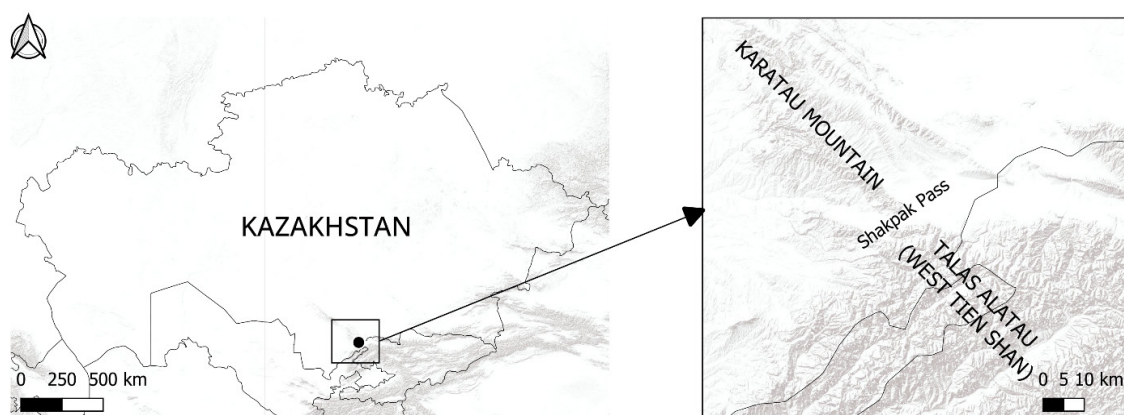


Figure 1 – Map of study area

Trapping and Tracking

During the annual migration monitoring on September 7, 2022, an adult Eurasian Eagle-Owl, weighing 2300 g, was captured at the Shakpak ornithology station using a stationary Heligoland-type trap [13]. This marked the sixth capture of this species at the station in 58 years, with the last capture occurring in 1995 [14].

The Eurasian Eagle-Owl was equipped with the GPS satellite transmitter model Global Tracking HQBG1815S to monitor its movements, habitat use, and activity patterns. This transmitter is designed as a backpack unit, weighing between 15-18 grams, and measures 63 by 23 by 18 millimeters in length, width, and height, respectively. It boasts a substantial storage capacity of 2,600,000 fixes and utilizes multiple positioning modes including GPS, BDS, and GLONASS, ensuring a positioning accuracy of 5 meters. The transmitter is solar-powered, and is designed to have a lifespan of more than 5 years. Additionally, it is waterproof up to 10 ATM, making it resilient in various environmental conditions. The transmitters were designed to record geographical location, altitude, flight speed, exercise, validity, and temperature at 1-hour intervals [15].

Data Collection

The tracking device was attached to an adult Eurasian Eagle-Owl at Shakpak Pass, initiating data collection on September 7, 2022. Over 8.3 days, until September 15, 2022, 193 GPS data points were recorded. Key quality indicators assessed for each data point included the number of satellites connected, Horizontal Dilution of Precision (HDOP), Vertical Dilution of Precision (VDOP), and the validity status of the data.

Data Analyses

For the movement analysis, the total distance traveled, average speed, and home range area were calculated using the GPS tracking data. The collected data were then imported into QGIS v.3.26.2. for detailed spatial analysis and mapping [16]. To understand the home range and occurrence patterns, motion models from the ctmweb v. 0.2.10 online application were employed [17, 18]. The selection of the best model was based on several factors including the delta Akaike Information Criterion corrected (dAICc) value, degrees of freedom (DOF) metrics, and the performance characteristics of each model, such as area, speed, and diffusion. The dAICc value is important for comparing models to minimize

information loss and identify the model that most closely represents the true mechanism.

Further analysis of the data was conducted to identify diurnal behavior patterns, hunting times, and preferred habitats. This step involved noting periods of high speed and rapid altitude changes, which served as indicators of hunting activity. Altitude data were meticulously analyzed to deduce vertical habitat use, differentiating between flying, perching, and ground-level activities.

Temperature Correlation: The relationship between the owl's activity levels and environmental temperature was examined to assess how temperature influences behavior, especially in terms of mobility and hunting strategies.

Results and discussion

Tracking Data Quality

The starting point of GPS tracking for *Bubo bubo* at Shakpak Pass was recorded on September 7, 2022, at 10:17 AM. Key quality indicators assessed included the number of satellites connected at each data point, Horizontal Dilution of Precision (HDOP), Vertical Dilution of Precision (VDOP), and the data validity status. The majority of the data points (approximately 85%) were collected with a satellite count of 6 or more, ensuring a high level of positional accuracy. The distribution of GPS data quality grades, ranging from 'A' for excellent to 'D' for satisfactory. The HDOP values, predominantly ranging between 1.1 and 2.2, and VDOP values, generally around 0.8 to 0.9, further corroborated the precision of the location data. The validity status of the data was also examined, with all of the points marked as 'Valid'. This 100% validity rate indicates a robust and reliable dataset.

Migration Patterns

The Eurasian Eagle-Owl traveled a total distance of 106.786 km at an average speed of 12.8 km/day during 8.3 days (Fig 1). The OUF anisotropic model, with a perfect dAICc score of 0, accurately captures the movement of *Bubo bubo*. According to the model, the bird covered an area of 20.26 km². Tau metrics reveal that the owl's location remained consistent for approximately 28.47 hours, with speed changes occurring roughly every 12.77 minutes. There was no evidence of long-distance migration; instead, the owl's movements were localized, staying within approximately 0.05 degrees from the tagging point, indicating a stable utilization of the area during the study.

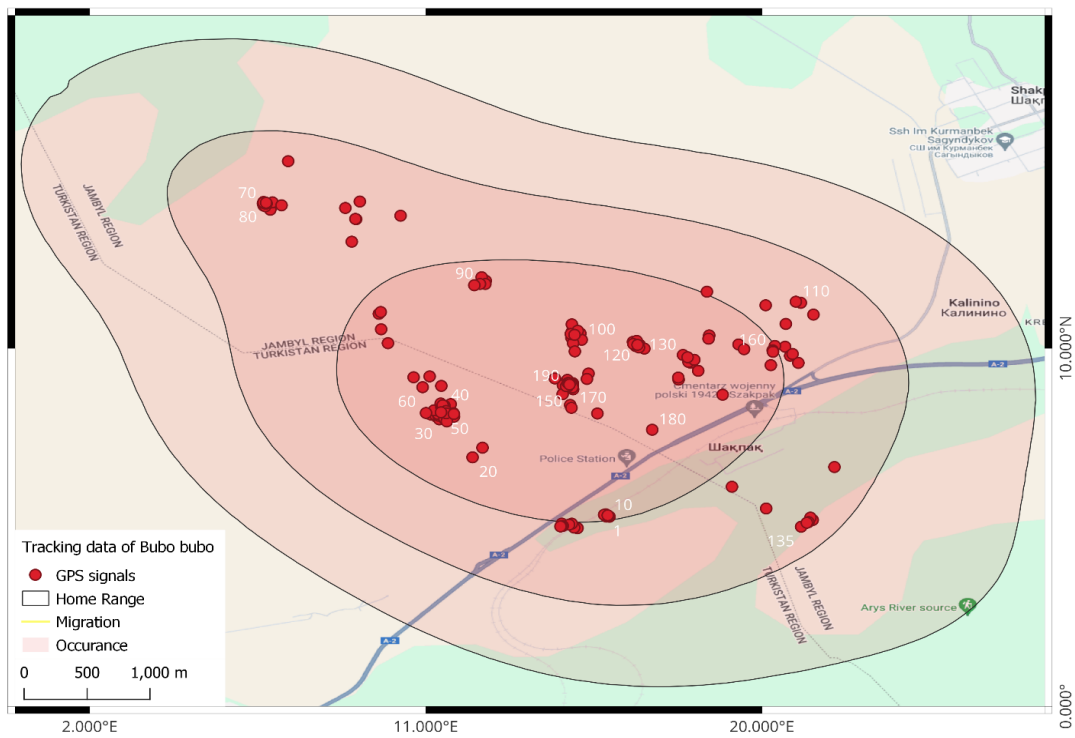


Figure 2 – GPS tracking map of *Bubo bubo* at Shakpak Pass. The numbers indicate sequential tracking signals. Point 1 marks the starting location of the tracking. 70.61° E, 42.53° N

During the tracking period, the Eurasian Eagle-Owl prefers Shakpak Pass, exhibiting localized, non-migratory movement patterns within a

1100-1300 m sea level altitudinal range, which corresponds to the topographic characteristics of the area (Fig 2).

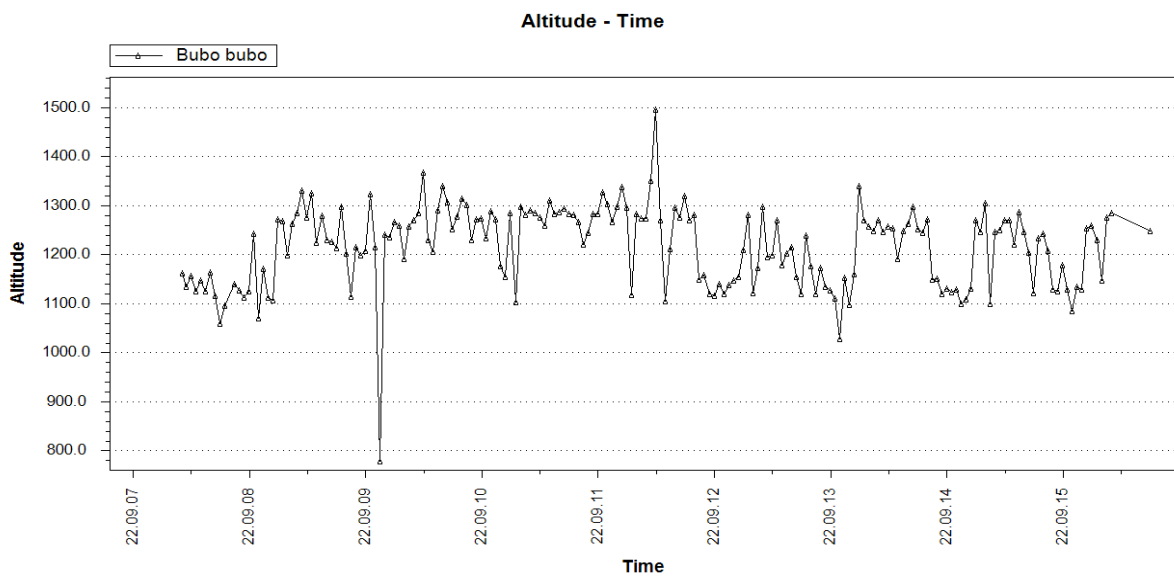


Figure 3 – Flight altitude of *Bubo bubo* at Shakpak Pass recorded by GPS transmitter (Sea level)

Habitat Use and Activity Patterns

The data on the Eurasian Eagle-Owl at Shakpak Pass revealed distinct diurnal behavior patterns, highlighting its ecological and physiological adaptations. Active primarily from early evening until morning, the owl

engaged in hunting across diverse habitats such as open areas near railways, agricultural lands, rocky terrains, and areas close to water utilities (Table 1). Hunting times, identified by the owl’s peak nocturnal speeds, reflect its adaptability to different environments.

Table 1 – Daily Activity Patterns of a Eurasian Eagle-Owl at Shakpak Pass.

Day	Activity time	Inactivity time	Hunting time and habitat*	Roosting site
September 7	9 pm – 7 am	10 am – 8 pm	11pm, open area near railway	Forest belt near highway
September 8	7 pm – 3 am	8 am – 6 pm	9 pm, open area near tree	Trees in the ravine
September 9	7 pm – 7 am	4 am – 6 pm	11 pm, agricultural land	Trees in the ravine
September 10	8 pm – 7 am	8 am – 7 pm	7 am, rocky open space	Shrubs near the forest belt
September 11	9 pm – 7 am	8 am – 8 pm	9 pm, open space near water utility	Shrubs near the forest belt
September 12	8 pm – 7 am	8 am – 7 pm		Forest belt near highway
September 13	9 pm – 7 am	8 am – 8 pm	10 pm, agricultural land near highway	Forest belt near highway
September 14	9 pm – 7 am	8 am – 8 pm	6 pm, rocky open space	Forest belt in the ravine
September 15	7 pm – 7 am	8 am – 6 pm		Forest belt in the ravine

*Hunting times were identified based on periods of the owl’s highest recorded speeds during nighttime

Hunting Behavior

Speed bursts, coupled with rapid altitude changes, were key indicators of hunting activity.

The data showed these bursts were most frequent in the hours just after sunset and before sunrise, suggesting crepuscular hunting habits.

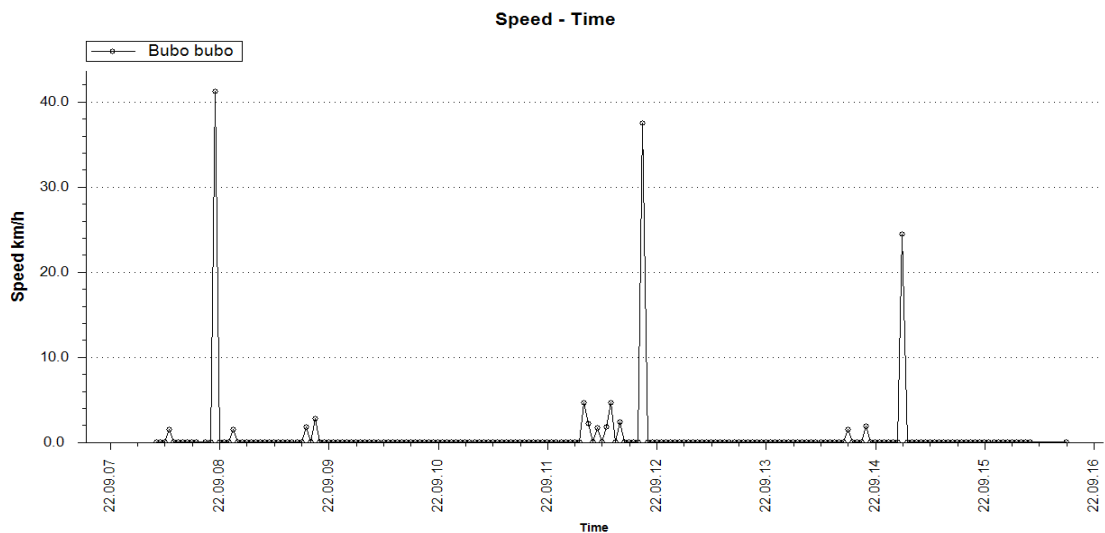


Figure 4 – The flight speed of Bubo bubo recorded by GPS transmitter

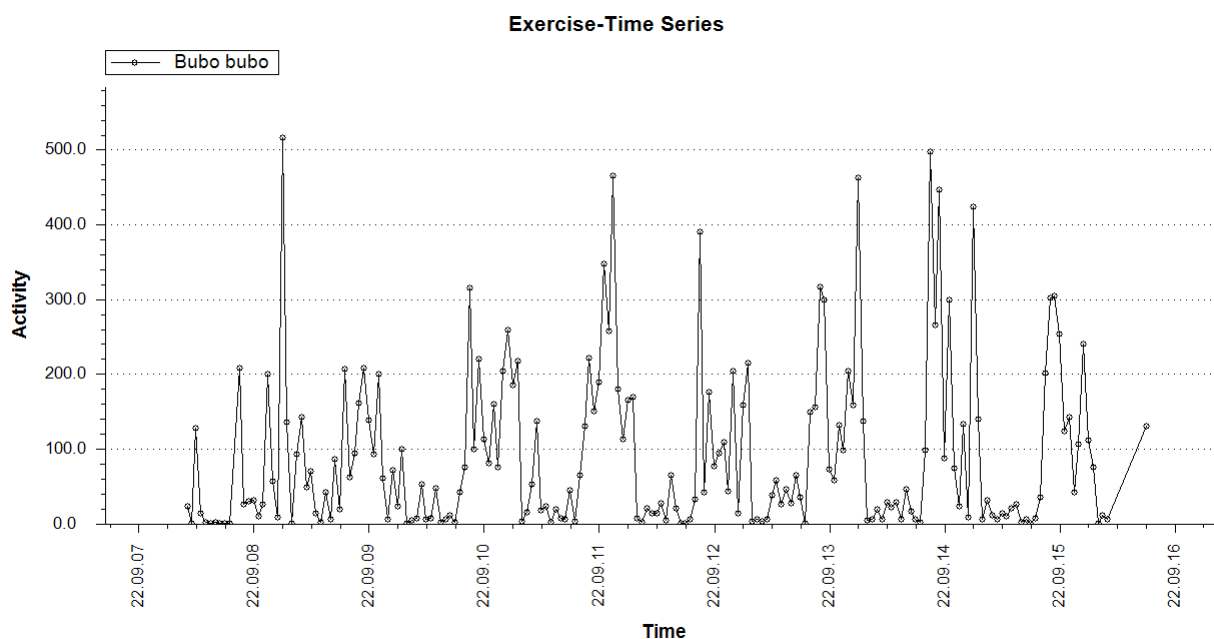


Figure 5 – The daily activity of *Bubo bubo* recorded by GPS transmitter

Roosting sites

Locations where the owl remained stationary for prolonged periods, during daylight, were pinpointed as likely roosting sites. Observations indicated a preference for natural shelters such as forest belts near highways, trees in ravines, and shrubs close to forested regions for these rest periods. These chosen sites imply a deliberate selection for areas that provide safety from predators and disturbances, while being close to hunting territories.

Temperature Effects on the Behavior

The temperature's impact on the activity of *Bubo bubo* was analyzed by correlating the owl's movements with temperature readings from the GPS tracker. The owl was more active at cooler temperatures, showing increased movement at dawn and dusk. Higher temperatures were associated with reduced movement, suggesting the owl was resting or avoiding heat. Hunting was more dynamic at comfortable temperatures, with the owl utilizing a variety of altitudes. Extreme temperatures, however, seemed to restrict hunting to specific altitudes where conditions were likely more tolerable. Temperature fluctuations had a limited effect on roosting.

Discussion

To calculate ground level information, we compared a digital elevation model (DEM) with

GPS data. The middle ground level altitude was 22 m.

The altitudinal data from the GPS tracking of *Bubo bubo* at Shakpak Pass offer insights into the owl's vertical use of its environment. The recorded altitudes range from 0 to 468.6 meters above ground level, with numerous readings indicating ground level (0 meters), which can be associated with roosting or hunting behaviors.

Significant altitudinal changes were noted, with the owl reaching a maximum of 468.6 meters, which likely corresponds to flight behavior. Periods of sustained high altitudes, notably readings such as 169.3, 193.9, 204, and 150.6 meters, suggest active flying, potentially for hunting or territory exploration. Conversely, numerous instances of low altitude readings, especially the consistent 0 meters, suggest ground-level activities. These could be indicative of the owl's interaction with the terrain, such as hunting or roosting at ground level or near it. Intermediate altitude readings, such as 11.3, 17.8, 43, 52.4, and similar, may represent perching behavior, where the owl is likely resting or observing the area, possibly in preparation for hunting. Fluctuations between these intermediate altitudes and higher values may indicate the owl's take-off and landing patterns, which are essential for understanding its hunting strategies and energy expenditure. Furthermore, the frequency of 0-meter

readings at night could suggest preferred roosting sites. In contrast, the daytime readings with greater altitude variation could reflect the owl's active period, engaging in hunting and territorial defense. The sporadic high values, such as the singular peak at 468.6 meters, might signify exceptional events, perhaps disturbances that prompted an unusually high flight, or could be anomalies in the data requiring further verification.

Acknowledgments

This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, the Scientific Program «BR21882199 – Cadastre of wild animals of arid territories of the Balkhash-Alakol basin with an assessment of threats for their conservation and sustainable use»

References

1. Red Book of Kazakhstan., Ed. 2nd, revised and expanded. Volume, 2, 335-337 p. 2010.
2. Gavrillov, E., & Gavrillov, A. *The Birds of Kazakhstan* (Vol. 2). Tethys ornithological research, 2005.
3. Kovshar, V. A., & Karpov, F. F. O zimovke nekotorykh ptits iz Krasnoy knigi Kazakhstana na vostochnom poberezhye Kaspiyskogo morya v 2008-2019 godakh [About the wintering of some birds from the Red Book of Kazakhstan on the eastern coast of the Caspian Sea in 2008-2019]. *Russian Ornithological Journal*, 29(1927), 2343–2349 (in Russian), 2020.
4. Dolgushin, I. (1962). *Birds of Kazakhstan. Volume 2*. Academy of Sciences of Kazakhstan SSR. <https://www.twirpx.com/file/1684931/>
5. Karyakin, I. V., Kovalenko, A. V., Levin, A. S., & Pazhenkov, A. S. Filin v Aralo-Kaspiyskom regione, Kazakhstan. [Eurasian eagle-owl in the Aral-Caspian region, Kazakhstan.] *Raptors and Their Conservation*, 17, 53–86, (in Russian), 2009.
6. Kolbintsev, V. G. Filin *Bubo bubo* v Malom Karatau (Yuzhnyy Kazakhstan). [Eurasian eagle-owl *Bubo bubo* in Kishi Karatau (Southern Kazakhstan). *Russian Ornithological Journal*, 23(1044), 2775–2776, (in Russian), 2014.
7. Shcherbakov, B. V. (2014). Filin *Bubo bubo* na vostoche Kazakhstana. [Eurasian eagle-owl *Bubo bubo* in eastern Kazakhstan.] *Russian Ornithological Journal*, 23(982), 981, (in Russian), 2014.
8. Heggøy, O., Aarvak, T., Ranke, P. S., Solheim, R., & Øien, I. J. Home Range and Excursive Post-Breeding Movements of Eurasian Eagle-Owls Revealed by GPS Satellite Transmitters. *Journal of Raptor Research*, 55(4), 619–626. <https://doi.org/10.3356/JRR-19-95>, 2021.
9. Van Nieuland, S., Baetens, J. M., Janssen, R., & De Baets, B. A validated expert-based habitat suitability assessment for eagle owls in Limburg, the Netherlands. *European Journal of Wildlife Research*, 65(3), 48. <https://doi.org/10.1007/s10344-019-1269-3>, 2019.
10. Prommer, M., Molnár, I. L., Tarján, B., & Kertész, B. Preliminary study on the tolerance to human disturbance of Eagle Owl (*Bubo bubo*) in an active quarry in NW Hungary. *Ornis Hungarica*, 26(1), 54–64. <https://doi.org/10.1515/orhu-2018-0004>, 2018.
11. Grava, T., Mathevon, N., Place, E., & Balluet, P. Individual acoustic monitoring of the European Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis*, 150(2), 279–287. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2007.00776.x>, 2008.
12. Marchesi, L., Sergio, F., & Pedrini, P. Costs and benefits of breeding in human-altered landscapes for the Eagle Owl *Bubo bubo*. *Ibis*, 144(4), E164–E177. https://doi.org/10.1046/j.1474-919x.2002.t01-2-00094_2.x, 2002.
13. Woodford, J., & Hussell, D. J. T. Construction and Use of Heligoland Traps. *Bird-Banding*, 32(3), 125–141. <https://doi.org/10.2307/4510880>, 1961.
14. Gavrillov E.I. & Gavrillov A.E. Main results of bird ringing in Kazakhstan (1951-2012). *Ornithol. Bull. Kazakhstan Central Asia* 3: 10–25, 2014.
15. Global Messenger. High Quality Global Tracking HQBG1815S. [<https://www.gm-tracking.com/global-tracking-hqbg1815s-product/>] Available: <https://www.gm-tracking.com/>, 2024
16. QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*. Available: <https://qgis.org/>, 2024.
17. Dong, X., Fleming, C. H., Noonan, M. J., & Calabrese, J. M. ctmweb: A Shiny web app for the ctm movement analysis package. See <https://github.com/ctmm-initiative/ctmweb>, 2018
18. Fleming, C. H., Fagan, W. F., Mueller, T., Olson, K. A., Leimgruber, P., & Calabrese, J. M. Estimating where and how animals travel: an optimal framework for path reconstruction from autocorrelated tracking data. In *S statistical Reports Ecology* (Vol. 97, Issue 3), 2016.

Авторлар туралы мәлімет:

Бердіқұлов Бекжан Талғатұлы (корреспондент-автор) – Қазақстан Республикасы Ғылым Және Жоғары Білім Министрлігі Зоология Институтының PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, e-mail: bertalbek@gmail.com)

Гаврилов Андрей Эдуардович – биология ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы Ғылым Және Жоғары Білім Министрлігі Зоология Институты (Алматы, Қазақстан, e-mail: aegavrilov@bk.ru)

Сонг Ганг – PhD, Зоология Институты, Қытай Ғылым Академиясы (Пекин, Қытай, e-mail: songgang@ioz.cn)

Акентьева Екатерина Валерьевна – Зоология Институтының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: yekaterina.akentyeva@mail.ru)

Information about authors:

Berdikulov Bekzhan Talgatovich (corresponding author) – PhD student at Institute of Zoology, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, e-mail: bertalbek@gmail.com)








Gavrilov Andrey Yeduardovich – Candidate of Biological Sciences, Institute of Zoology, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aegavrilov@bk.ru)

Song Gang – PhD, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences (Beijing, China, e-mail: songgang@ioz.cn)

Akentyeva Ekaterina Valerievna – researcher at Institute of Zoology, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan, e-mail: yekaterina.akentyeva@mail.ru)

Received December 08, 2023

Accepted March 25, 2024

S.N. Seilbek , A. Konisbai , N.R. Akmukhanova* ,
B.K. Zayadan , A.B. Yelamanova , I.B. Abibullayeva ,
N.E. Bidagulova 

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

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

ALGOFLORA BIODIVERSITY OF THE SORBULAK SEDIMENTATION LAKE AND THE RELEASE OF TOXIN-PRODUCING CYANOBACTERIA

The vast diversity of microorganisms offers an immense and untapped source for uncovering potentially valuable new species. The purpose of this article is to study the abundance of algoflora and the isolation of potential toxin producers from the Sorbulak reservoir. 153 species of microalgae have been identified in the Sorbulak reservoir. The greatest diversity is observed among green algae (44%), which is typical for polluted aquatic ecosystems. In terms of quantitative composition, diatoms occupy the second place (24%). Of the certain species in the ecosystem of the Sorbulak reservoir, 20% are cyanobacteria and 11% are eugenic algae. Among certain cyanobacteria, 15 are potentially toxigenic organisms. 4 pure cyanobacteria cultures have been isolated from the Sorbulak reservoir. Out of the various strains of cyanobacteria that were isolated, it was found that the *Microcystis aeruginosa* strain exhibited the highest toxicity towards the *A.salina* test organism. In the biomass extract of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*, three structural variants of toxins—microcystins with specific molecular weights: microcystine-LA – 910.61 m/z, microcystine-RR – 1038.52 m/z, microcystine-YR – 1045.47 m/z were detected.

Key words: biodiversity, cyanobacteria, algae, algoflora, toxin-producing cyanobacteria.

С.Н. Сейілбек, А. Қонысбай, Н.Р. Акмуханова*, Б.К. Заядан,
А.Б. Еламанова, И.Б. Абибуллаева, Н.Е. Бидағұлова

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.
*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

Сорбұлақ көлінің альгофлорасының биоалуантүрлілігі және токсин түзетін цианобактерияларды бөліп алу

Микроорганизмдердің биоалуантүрлілігі жаңа перспективті микроорганизмдердің түрлерін анықтау үшін пайдаланылмаған ең үлкен резервуар болып саналады. Мақаланың мақсаты Сорбұлақ көлінің альгофлорасын зерттеу және токсин түзуге қабілетті цианобактерияларды бөліп алу. Сорбұлақ көлінен микробалдырлардың 153 түрі анықталды. Ластанған су экожүйелеріне тән жоғары алуантүрлілік (44%) жасыл балдырларда анықталды. Сандық құрамы бойынша екінші орынды диатомды балдырлар (24 %) алады. Сорбұлақ су қоймасының экожүйесінен анықталған түрлердің 20% цианобактериялар және 11% эвгленалы балдырлар. Анықталған цианобактериялардың ішінен 15 түрі потенциалды токсигенді организмдер болып саналады. Сорбұлақ көлінен 4 таза цианобактерия дақылдары бөлініп алынды. Цианобактериялардың оқшауланған штамдарының ішінде *A. salina* сынақ объектісіне қатысты ең улы цианобактерия *Microcystis aeruginosa* штаммы болды. *Microcystis aeruginosa* цианобактериясының биомасса сығындысынан токсиндердің 3 құрылымдық нұсқасы анықталды. Олардың молекулалық салмағы: микроцистин-LA – 910,61 m/z, микроцистин-RR – 1038,52 m/z, микроцистин-YR – 1045,47 m/z.

Түйін сөздер: биоалуантүрлілік, цианобактериялар, балдырлар, альгофлора, токсин түзетін цианобактериялар.

С.Н. Сейілбек, А. Қонысбай, Н.Р. Акмуханова*, Б.К. Заядан,
А.Б. Еламанова, И.Б. Абибуллаева, Н.Е. Бидағұлова

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

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

Биоразнообразие альгофлоры озера-отстойника Сорбулак и выделение токсинообразующих цианобактерий

Биоразнообразие микроорганизмов представляет собой огромный и неиспользованный источник для возможного обнаружения новых перспективных видов микроорганизмов. Цель данной статьи изучение численности альгофлоры и выделение потенциальных продуцентов токсина из водохранилища Сорбулак. В водохранилище Сорбулак определено 153 видов микроводорослей. Наибольшее разнообразие отмечается среди зеленых водорослей (44 %), что характерно для загрязненных водных экосистем. По количественному составу второе место занимают диатомовые водоросли (24 %). Из определенных видов в экосистеме водоема Сорбулак 20 % цианобактерий и 11 % эвгленовые водоросли. Среди определенных цианобактерий 15 являются потенциально токсигенными организмами. Из водохранилища Сорбулак выделены 4 чистых культур цианобактерий. Среди изолированных штаммов цианобактерий выявлено, что штамм *Microcystis aeruginosa* является наиболее токсичным для тест-организма *A. salina*. В экстракте биомассы цианобактерии *Microcystis aeruginosa* идентифицированы 3 структурных варианта токсинов-микроцистинов с молекулярной массой: микроцистина-LA – 910,61 m/z, микроцистина-RR – 1038,52 m/z, микроцистин-YR – 1045,47 m/z.

Ключевые слова: биоразнообразие, цианобактерии, водоросли, альгофлора, токсинообразующие цианобактерий.

Introduction

Wastewater is the result of most human activities that require the use of water. According to the data from the UN World Report, the amount of produced wastewater and its total pollution is continuously increasing worldwide. The problems of wastewater disposal fully apply to Kazakhstan with a climate-related shortage of water resources. One of the largest artificial reservoirs for technical purposes not only in the Republic, but also in the world are wastewater storage facilities in Almaty and the region (Sorbulak and ponds of the Right-Bank Sorbulak Canal – Pskov). They store large reserves of fresh, but insufficiently clean water, which can potentially be used for economic purposes. However, wastewater storage facilities may contain nutrients of natural and anthropogenic origin, creating conditions for eutrophication and exponential growth of microalgae.

Blooming occurs when the ecological balance is disturbed, as in uncontaminated natural reservoirs and also in reservoirs under the influence of anthropogenic eutrophication. One of the primary and perilous agents in the occurrence of water “blooms” is cyanobacteria. Usually, the proliferation of cyanobacteria in water is associated with the emission and buildup of various bioactive substances and toxins. [1]. These toxins can be categorized into two groups based on their activity: biotoxins and cytotoxins. In terms of chemical structure and

mode of action, biotoxins are further classified into hepatotoxic cyclic peptides (hepatotoxins) and neurotoxic alkaloids (neurotoxins) [2]. Hepatotoxins exert their influence on hepatocytes and exhibit carcinogenic properties. Neurotoxins interfere with the functions of the nervous system, housing market to experience rapid death within minutes due to respiratory muscle paralysis. Cytotoxins affect individual cell functions, primarily by inhibiting enzymes, without lethally affecting multicellular organisms. Cyanobacterial toxins are categorized structurally into three main groups: peptides, alkaloids, and lipopolysaccharides. The mechanisms of action of cyanobacteria toxins encompass a spectrum of effects, ranging from hepatotoxic and neurotoxic consequences to genotoxicity [3].

However, despite the fact that these secondary metabolites of cyanobacteria pose a danger to humans and animals, some of them at the same time may be interesting for agrobiotechnology as a source of various agrochemical preparations. For example, *Microcystis* strains are known to produce cyclic heptapeptides that have algicidal, larvicidal and herbicidal activity [4]. Anatoxin-a(c) is a potent acetylcholinesterase inhibitor belonging to the organophosphate class, and it is produced by strains of *Anabaena flos-aquae* and *A. lemmermannii*. This particular form of endotoxin induces hypersalivation and bloody tearing in vertebrates [5]. This is the only natural organophosphate with an insecticidal effect and a new generation of pesticides can be

created on its basis. It is noteworthy that synthetic organophosphates, employed over an extended period, exhibit a propensity to dissolve in lipids and accumulate within cell membranes across diverse organs in both humans and animals. In contrast, anatoxin-a(c) demonstrates solubility in water, rendering it more amenable to biodegradation.

The use of these compounds as biocides (such as algicides, herbicides and insecticides) is predicted to be more beneficial compared to synthetic biocides from an environmental point of view. Due to the numerous problems caused by synthetic pesticides, the development of biogenic pesticides with a reduced risk potential is desirable [6]. Drugs with biological origin have one undeniable advantage over “artificial” ones. It consists in the fact that natural compounds are “honed” by evolution in terms of the qualitative and quantitative correspondence of their components to each other and are easily biodegradable and safe for the environment [7].

The biodiversity of the algaeflora of the Sorbulak Lakes and ponds of the Right-Bank Sorbulak Canal was studied in detail in the laboratory of Photobiotechnology of the Department of Biotechnology of the Al-Farabi Kazakh National University. But little is known about toxic cyanobacteria, as cases of cyanobacteria blooming in Lake Sorbulak have been repeatedly recorded in the summer, leading to the appearance of toxins. In this regard, the purpose of this article is to study the abundance of cyanobacteria and the isolation of toxin producers from the Sorbulak reservoir.

Materials and methods

The object of the study – the Sorbulak settling lake (43.675830, 76.576168) located in the Ili district Almaty region (Figure 1).

Water samples were taken in the summer months of 2022. A total of 40 algological samples were collected, including samples of plankton, benthos, and periphyton. Samples were collected at shallow depths, in places with pronounced vegetation of algae. All collected samples were carefully labelled. The labels indicated the sample number, the time and place of collection, and the name of the collector. In the course of the study, field collections and laboratory analyses were carried out using methods generally accepted in algological practice, quantitative samples were taken using a frame ($S = 0.01 \text{ m}^2$). The fouling was scraped off the substrate with a brush, fixed with Lugol's solution modified by G.V. Kuzmin [1]. Cyanobacteria were studied using Premere and MicrosAustria light

microscopes with magnification from x40 to x100. About 30-40 fields of view were viewed from each water sample on at least 5 preparations. The results obtained were expressed in the number of cells per 1 ml of water. Cyanobacteria species were determined in the native and fixed cell states. At the same time, formaldehyde and iodine solutions were used as a fixative. Cyanobacteria species were determined using determinants x 8-9]. The number of organisms was estimated on a frequency scale after enumeration into 100 visual fields. The frequency of occurrence was taken into account according to a nine-point six-step frequency scale with the following designations: 1 – very rare; 2 – rare; 3 – often; 5 – often; 7 – very often; 9 – mass. The types of microalgae indicators were determined according to the determinants indicated in the list of references. The saprobity index of the reservoir was calculated using the Pantle and Bucca method [10].

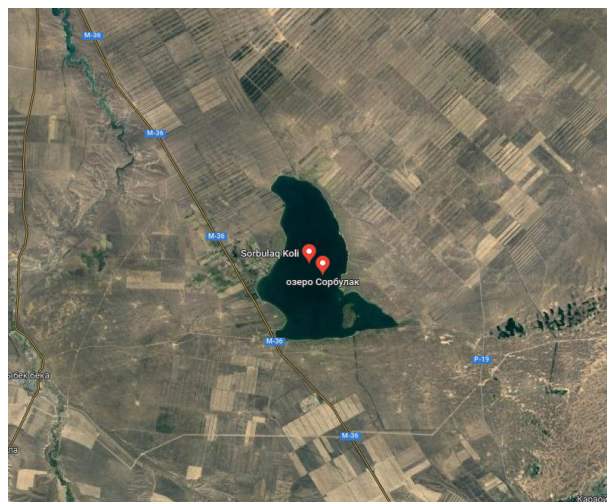


Figure 1 – Map of Sorbulak lake (43.675830, 76.576168)

The accumulation culture of cyanobacteria was obtained according to the traditional method. Standard microbiological methods were used to isolate an algologically pure culture from accumulation cultures [11]. Algologically pure crops were obtained from the obtained accumulative crops by the method of repeated successive replanting into appropriate nutrient media. Cyanobacteria monocultures were obtained by inoculation with a stroke and using a micropipette. The algological purity of the isolated cultures was checked by microscopy [11]. Cyanobacteria were grown in 500 ml flasks under sterile conditions. The mineral media of Gromov and Zarruka were used.

To determine the toxicity of cyanobacteria biomass, lyophilic drying was performed in a Telstar lyophilizer. The toxicity of cyanobacteria was studied by short-term experimentation with a test object on an *Artemia salina* test object [12]. For the experiment, three-day mature female crustaceans of medium size without parthenogenetic embryos were selected and the experiment was carried out according to the following scheme: a series of concentrations (10.0 mg/ml, 1.0 and 0.1 mg/ml) of lyophilized cyanobacteria biomass in glass glasses (100 ml) with a medium volume of 20 ml were compiled. The control was the option without adding biomass [13]. The degree of toxicity (percentage of death of test organisms A%) was determined according to the method [14], where $A \leq 10$ is non-toxic, $10 < A \leq 25$ is slightly toxic, $25 < A \leq 35$ is low toxic, $35 < A \leq 50$ is medium toxic, and $A < 50$ is highly toxic;

Cyanobacteria extracts underwent separation and analysis employing a high-performance liquid chromatograph, specifically the HP 1100 Mass Spectrometer MSDSL-IonTrap [15]. The separation of cyclic peptides occurred on a Zorbax XDB C8 analytical column (4.6 x 150 mm). The mobile phase comprised a methanol-water mixture, with a linear gradient ranging from 30% to 100% methanol over a 30-minute period, and a flow rate set at 0.6 ml/min-1, maintained at 30°C. An aliquot of 20 µl from the analyzed extract was utilized. The peaks at the column outlet were recorded using two detectors: an ion-trap type mass spectrometer and an ultraviolet polychromatic detector (PDA). Detection of cyclic peptides transpired at 230 nm with a retention time falling between 10 and 25 minutes. The mass charges (m/z) of ionized molecules (MSI) were ascertained through tandem mass spectrometry. Toxin identification was achieved by comparing the molecular weights (mass charges) of compounds and aligning them with their retention times on the chromatogram.

Results and discussion

Algoflora of the Sorbulak settling lake and isolation of pure cyanobacteria cultures

The Sorbulak settling lake is a natural closed basin northwest of the city of Almaty, used for collecting, post-treatment and storage of the city's wastewater. The deterioration of water quality and the ecological state of Lake Sorbulak settler has been repeatedly noted. A disaster for water users are situations that arise in the summer period of the year associated with intense "blooming" of water, which causes an increase in the color, tastes and smells of

water, as well as the incidence and death of fish in the reservoir.

The analysis of the dynamics of algoflora development did not differ significantly from the data obtained in 2001–2005, the biodiversity of algoflora was within the range of average values over a long period. 153 species of microalgae have been identified in the Sorbulak storage lake. The greatest diversity is observed among green algae (45%), which is typical for polluted aquatic ecosystems (Fig. 2). Diatoms occupy the second place in terms of quantitative composition (Fig. 2). Of these, the leading role is played by species of the *Pennatophyceae* class, in addition, it should be noted the great species diversity of the genera *Navicula*, *Nitzschia*. Species of the order *Discooidalis* developed in large numbers: *Cyclotella Kuetzingiana Thm.*, *Stephanodiscus Hantzschii*, *Pennatae: Stauroinies anceps Ehr.*, *Synedra ulna (Nitzsch) Ehr.* 20% are cyanobacteria from all the certain species in the ecosystem of the Sorbulak reservoir. In addition to them, euglenic algae (17 species) were noted in the waters of the Sorbulak, which played a secondary role in the formation of algocenosis of water.

Of the certain species of cyanobacteria in the ecosystem of the Sorbulak accumulator, there are species of *Chroococcales*: *Gloeopcapsa minor (Kutz) Hollerb.*, *Microcystis aeruginosa f pseudofilamentosa*, *Microcystis aeruginosa f sphaerodictyoides Elenk.*, *Microcystis aeruginosa f flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa f aeruginosa*, *Merismopedia glauca (Ehr)Naeg* (Table 1). *Anabaena variabilis Kutz*, *Anabaena flos-aquae f minor (Lyngh) Breb.*, *Anabaena constricta*, as well as species of *Oscillatoriales* developed from *Nostocales*: *Oscillatoria irrigua (Kutz)*, *Oscillatoria brevis (Kutz) Gom.*, *Oscillatoria planctonica Wolosz.*, *Oscillatoria angustissima W. et. G.S. West.*, *Oscillatoria Villa Garden.*, *Spirulina major Kutz.*, *Spirulina meneghiniana*, *Spirulina maxima A. Wurtz.* According to the results of our study, 31 species of cyanobacteria were identified in the Sorbulak storage lake (Table 1).

As is known, the determination of the biodiversity of microalgae of various reservoirs allows us to assess the degree of contamination of each reservoir with a high degree of reliability. Along with the numerous functions of algoflora, algae, due to the stenotopy of many species, their high sensitivity to environmental conditions, significantly contribute to the biological analysis of water. Thus, the change in their state from highly polluted to moderately polluted is accompanied by quantitative shifts in the species composition of algae, i.e. The development

of various types of microalgae largely depends on changes in environmental conditions. Therefore, investigating the microalgae biodiversity within the reservoir and assessing the saprobity index enables the determination of its ecological condition. Representatives of β – mesosaprobic microalgae species such as *Ankistrodesmus minutissimus*, *Oocystis*

crassa, *Nitzschia Hantzschiana*, *Microcystis aeruginosa*, indicator microalgae of oligosaprobic zones are found in smaller numbers – *Synedra pulchella*, *Achnantes minutissima*, *Cyclotella Kuetzingiana*, *Scourfilla complanata*, the saprobity index is 2.5, i.e. the reservoir is characterized by the type of organic pollution as β -mesosaprobic.

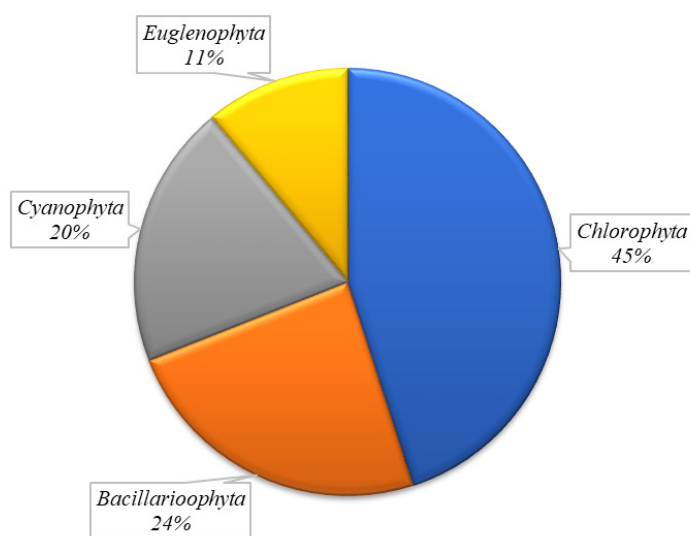


Figure 2 – Quantitative ratio of microalgae species in the Sorbulak storage lake

Table 1 – Species composition of cyanobacteria of the Sorbulak storage lake

№	Composition of cyanobacteria	Occurrence				Saprobity	Toxicity
		january	april	july	october		
	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	1	3	5	2	-	+
	<i>Anabaena variabilis</i> Kutz	2	2	9	2	-	+
	<i>Anabaena flos-aquae f minor</i> (Lyngh) Breb	2	7	9	3	β	+
	<i>Anabaena constricta</i>	1	3	3	3	-	+
	<i>Dolichospermum sp.</i>	1	1	2	1		-
	<i>Gloeopcapsa cohaerens</i> (Breb) Hollerb	1	1	3	1	-	-
	<i>Gloeopcapsa minor</i> (Kutz) Hollerb.	1	1	1	1	-	-
	<i>Nostoc commune</i>	2	5	9	5	-	+
	<i>Nostoc muscorum</i>	2	3	5	3	-	-
	<i>Nostoc calcicola</i>	2	7	9	5	-	+
	<i>Microcystis aeruginosa f sphaerodictyoides</i> Elenk	1	5	9	3	β	+
	<i>Microcystis aeruginosa f flos-aquae</i> (Wittz)Elenk.	1	7	5	5	β	+
	<i>Microcystis aeruginosa f aeruginosa</i> Kutz Elenk	1	5	9	5	β	+
	<i>Microcystis aeruginosa f pseudofilamentosa</i> (Crow. Elenk),	1	5	9	5	β	+
	<i>Merismopedia glauca</i> (Ehr)Naeg.	3	5	5	2	β	-
	<i>Merismopedia punctata</i>	2	2	3	2	β	-

Table continuation

№	Composition of cyanobacteria	Occurrence				Saprobity	Toxicogenicity
		january	april	july	october		
	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.	2	2	3	2	$\alpha - \beta$	-
	<i>Phormidium foveolarum</i> (Mont) Gom.	2	2	5	3	α	-
	<i>Phormidium ambiguum</i>	1	5	5	3	-	-
	<i>Phormidium tenue</i> (Menegh) Gom	1	5	7	3	-	+
	<i>Pseudanabaena</i> sp.	2	5	3	5	-	-
	<i>Oscillatoria irrigua</i> (Kutz)	2	2	5	2	-	-
	<i>Oscillatoria brevis</i> (Kutz)	3	2	2	3	α	+
	<i>Oscillatoria planctonica</i> Wolosz	2	2	3	2	-	-
	<i>Oscillatoria tenuis</i> Ag	3	2	7	5	$p - \alpha$	+
	<i>Oscillatoria willei</i> Garen	3	3	2	3	-	-
	<i>Spirulina major</i> Kutz	2	2	2	3	-	-
	<i>Spirulina meneghiniana</i>	1	2	2	1	$\alpha - \beta$	-
	<i>Spirulina minima</i> A. Wurtz	3	2	5	2	-	-
	<i>Synechocystis</i> sp	2	5	7	5	-	+
	<i>Synechococcus</i> sp	2	5	7	5	-	+

In comparison with the spring period, the species composition and frequency of cyanobacteria increased in summer (Table 1). The frequency of occurrence of all certain cyanobacteria in the summer period was higher. If in the spring, representatives of the genus *Microcystis* in the algoflora were very rare, then in the summer, representatives of this genus dominate the frequency of occurrence over the rest of the species. Cyanobacteria stand out as pivotal producers of allelochemical substances and toxins in freshwater environments [16]. As a result, they have the potential to shape the dynamics of competition and the prevalence of algal communities in aquatic environments by selectively inhibiting the growth of other algae [17]. The phytoplankton composition in freshwater ecosystems, particularly in eutrophic waters, exhibits variability and commonly encompasses cyanobacteria and green microalgae as predominant constituents [17]. In eutrophic lakes such as Lake Taihu, cyanobacteria and green algae exhibit seasonal succession [18]. Our study also showed that seasonal dynamics is observed between cyanobacteria and green algae in the Sorbulak reservoir, and *Microcystis aeruginosa* actively develops during the summer season [19].

Presently, approximately 50 cyanobacterial species are recognized for their capability to produce toxins [20]. However, toxigenicity is a characteristic specific to individual strains rather than the entire species [21]. Field observations and laboratory investigations of cultures have revealed that certain cyanobacterial types

may encompass both toxigenic and non-toxigenic strains [22]. Within the cyanobacteria of the Sorbulak accumulator, 15 organisms are identified as potentially toxigenic (Table 1). 4 algologically pure cyanobacteria cultures were obtained from the Sorbulak accumulator (Figure 2).

Cyanobacteria toxicity assessment at the Artemia salina test facility

To assess the toxicity of cyanobacteria, an experiment to determine acute toxicity was conducted at the *Artemia salina* test facility. Acute toxicity testing is the main method that can provide information about the effects of cyanobacteria on test subjects. This method does not provide information about the mechanism of inhibition, but the death of the tested organisms is quantified. Unlike other invertebrates used in toxicity tests, *Artemia salina* larvae do not require feeding during the first 72 hours, so any change in their growth during testing can be attributed to exposure to a toxic substance. By testing for acute toxicity with the *Artemia salina* test strain, we can determine the concentration of the toxin at which 50% of the test strains die (LC_{50}).

According to the experiment to assess the biotoxicity of isolated cyanobacteria, in the case of *Phormidium foveolarum* and *Spirulina minima* at biomass concentrations of 0.1 mg/ml, 1 mg/ml, 10 mg/ml, no changes in the appearance of the test object and mortality were recorded within 12-24 hours (Table 2).

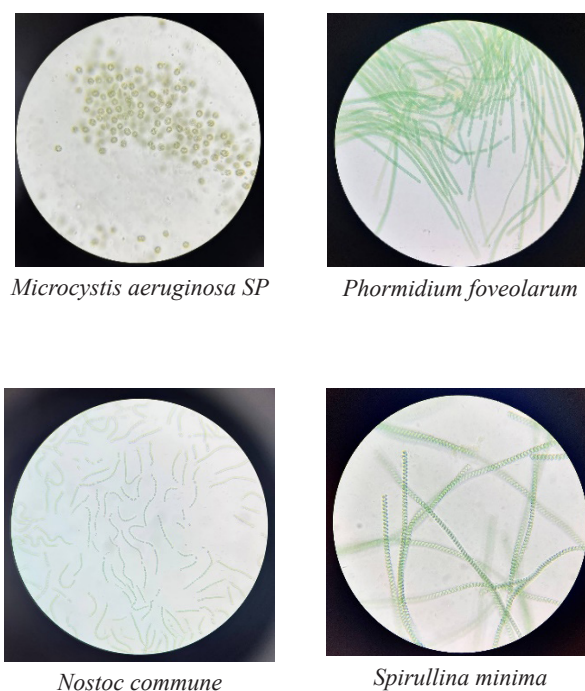


Figure 2 – Algological pure cyanobacteria cultures

Table 2 – *Artemia salina* survival test at various concentrations (mg/ml) of dry cyanobacteria biomass, %

№	Culture	Test time, h					
		12	24	12	24	12	24
		Concentrations of dry cyanobacteria biomass (mg/ml)					
		0,1		1		10	
1	<i>Phormidium foveolarum</i>	0	0	0	0	0	0
2	<i>Spirulina minima</i>	0	0	0	0	10	0
3	<i>Microcystis aeruginosa</i>	10	20	30	60	80	100
4	<i>Nostoc commune</i>	0	10	10	20	30	40

At a concentration of 10 mg/ml of dry cells in *Nostoc commune* cultures, 40% *A. salina* was observed to die within 24 hours. At a biomass concentration of 1 mg/ml for 24 hours, more than 50% of *A. salina* mortality was detected in *Microcystis aeruginosa* variants (Table 2). *Microcystis aeruginosa* culture showed high toxicity, causing 100% mortality of *A. salina* at a biomass concentration of 10 mg/ml for 24 hours. Morphological changes were also observed in the test object (Figure 3).

Cyanobacteria cultures subjected to biotesting using *A. salina* were classified according to the degree of toxicity [14] as follows:

Class I – refers to crops with high toxicity. This includes a dedicated culture of *Microcystis aeruginosa*, which caused the death of 100% of test objects within 24 hours at a biomass concentration of 10 mg/ml.

Class IV – represents cultures with moderate toxicity. This class includes *Nostoc commune* with moderate toxicity, where $35 < A \leq 50$ during biotesting.

Class V – refers to non-toxic crops. This includes cultures of *Phormidium foveolarum* and *Spirulina maxima*, during biotesting of which no changes in the concentration of these cultures in the vital activity of the test object were detected.

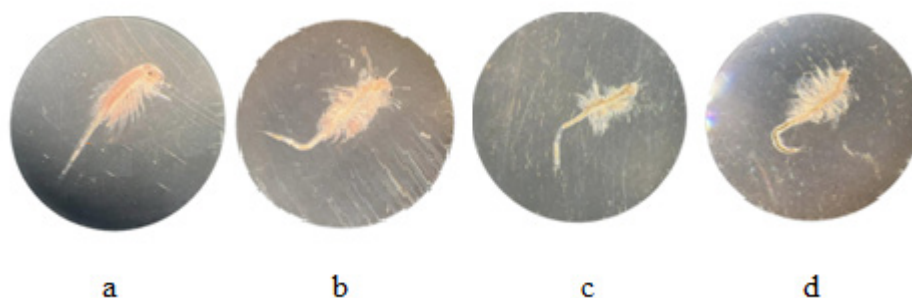


Figure 3 – Morphological changes in crustaceans *Artemia salina* after testing the dry biomass of *Microcystis aeruginosa*, a – control, b, c, d – at a concentration of *Microcystis aeruginosa* biomass of 10 mg/ml. Optical microscope with x10 magnification

Thus, among the cyanobacteria strains isolated by us, the *Microcystis aeruginosa* strain turned out to be the most toxic in relation to the *A. salina* test object.

The composition of toxins produced by the cyanobacterium Microcystis aeruginosa

Extracts from the biomass of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* contained three clearly recognized compounds, microcystin-LA – molecular formula – $C_{46}H_{67}N_7O_{12}$ molecular mass – 910,61 m/z., microcystin -RR – molecular formula – $C_{49}H_{75}N_{13}O_{12}$ molecular mass – 1038,52 m/z.

microcystin -YR – molecular formula – $C_{52}H_{72}N_{10}O_{13}$ molecular mass – 1045,47 m/z (Figure 4).

Microcystins are the most common cyanotoxins in freshwater. More than 65 microcystin derivatives have been identified. Structurally, these molecules are cyclic heptapeptides with a special amino acid characteristic of this group of molecules, as well as nodularin. Microcystins are powerful inhibitors of protein phosphatases, this inhibition causes a violation of the cellular architecture, the main target of which is hepatocytes due to the active transport of this compound by bile acid transporters [23].

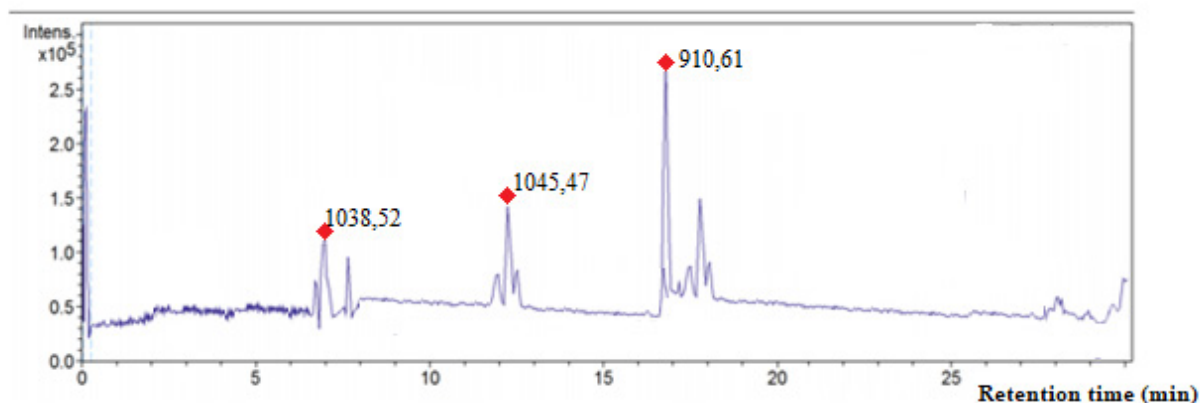


Figure 4 – HPLC chromatogram of extracts of lyophilized biomass of *Microcystis aeruginosa*. The numbers indicate the molecular weights of toxins (m/z): microcystin -LA – 910,61 m/z, microcystin -RR – 1038,52 m/z, microcystin -YR – 1045,47 m/z

These compounds are pervasive in the natural environment and play a crucial role in maintaining ecological equilibrium through interspecific interactions, and their symbiotic relationships, spanning across different trophic levels [24, 25].

Exhibiting a diverse array of biological properties [26], these metabolites actively engage in numerous processes within aquatic reservoirs [27].

According to the results of the study, 153 species of microalgae were identified in the Sorbulak storage

lake. The greatest diversity is observed among green algae (44%), which is typical for polluted aquatic ecosystems. In terms of quantitative composition, diatoms occupy the second place (24%). Of the certain species in the ecosystem of the Sorbulak reservoir, 20% are cyanobacteria and 11% are eugenic algae. In the spring, representatives of cyanobacteria in the algoflora were very rare, but in the summer, cyanobacteria dominate the frequency of occurrence over the rest of the microalgae, especially *Microcystis aeruginosa* actively develops in the summer season. Among certain cyanobacteria, 15 are potentially toxigenic organisms. 4 pure strains of cyanobacteria have been isolated from the Sorbulak reservoir. Among the isolated strains of cyanobacteria, the *Microcystis aeruginosa* strain turned out to be the most toxic in relation to the *A. salina* test object. Within the biomass extract of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*, three structural variants of

toxins, specifically microcystins with discernible molecular weights, were successfully identified: microcystin-LA with a molecular weight of 910.61 m/z, microcystin-RR with a molecular weight of 1038.52 m/z, and microcystin-YR with a molecular weight of 1045.47 m/z. The exploration of cyanotoxins as potential reservoirs of biocidal agents is of interest in the context of advancing novel and effective methodologies for pest and pathogen control in agricultural, aquatic, medical, and industrial domains.

Acknowledgments

This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under these projects: AP14870201 “Search and study of new secondary metabolites of cyanobacteria promising for use in agricultural biotechnology”.

References

1. Voloshko L.N., Pljushh A.V., Titova N.N. (2008). Toksiny cianobakterij Cyanophyta, Cyanobacteria [Cyanobacteria toxins Cyanophyta, Cyanobacteria] // Al'gologija. Vol. 18. – №1. P. -3-20. (In Russian)
2. Carmichael, W.W. The cyanotoxins // Adv. Bot. Res. – 1997. – Vol. 27. – P. 211–256. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(08\)60282-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(08)60282-7)
3. Voloshko L.N., Pinevich A.V., Kopeckij I., Titova N. N., Hrouzek P., Zelik P. (2010). Produciruemye cianobakterijami toksiny v period «cvetenija» vody v nizhnem Suzdal'skom ozere (Sankt-Peterburg, Rossiya) [Toxins produced by cyanobacteria during the “flowering” of water in the lower Suzdal Lake (St. Petersburg, Russia)]// Al'gologija. – Vol. 20. – №2. – P. 210–233. (In Russian)
4. Ramos D.F., Matthiensen A., Colvara W., Votto A.P.S., Trindade G.S., da Silva P.E.A., Yunes J.E.S. Antimycobacterial and cytotoxicity activity of microcystins // J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis. – 2015. – Vol.21. – № 9. <https://doi.org/10.1186/s40409-015-0009-8>
5. Mahmood N.A., Carmichael W.W. The pharmacology of anatoxin-a(s), a neurotoxin produced by the freshwater cyanobacterium *Anabaena flos-aquae* NRC 525–17 // Toxicon. – 1986. – Vol. 24. – №5. – P. 425–34. [https://doi.org/10.1016/0041-0101\(86\)90074-7](https://doi.org/10.1016/0041-0101(86)90074-7)
6. Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., Mishra, V., 2021. An Overview of Some Biopesticides and Their Importance in Plant Protection for Commercial Acceptance // Plants. – 2021. – Vol. 10. – № 6. – P. 1185. <https://doi.org/10.3390/plants10061185>
7. Olson, S. An Analysis of the Biopesticide Market Now and Where it is Going // Outlooks on Pest Management. –2015. –Vol. 26. – P. 203–206. https://doi.org/10.1564/v26_oct_04
8. Gollerbah M. M., Polyanckij V. N. (2001) Precnovodnye vodorosli ih izuchenie. [Freshwater algae their study]. Sovetskaya nauka, pp. 200. (In Russian)
9. Muzafarov A. M. (1987). Opredelitel' sinezelenyh vodoroslei Srednej Azii:/ A. M. Muzafarov, A. E. Ergashev, S. Halilov [The determinant of blue – green algae of Central Asia].pp. 406-89210. Sirenko L. A., Kozickaja V. N. Biologicheski aktivnye veshhestva vodoroslej i kachestvo vody [Biologically active substances of algae and water quality]. Izd. Nauk. dumka. – 1988. – S. 312. (In Russian)
11. 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. <https://doi.org/10.1134/S0026261716040159>.
12. Kiviranta J., Sivonen K., Niemelä S.I., Huovinen K., Detection of toxicity of cyanobacteria by *Artemia salina* bioassay // Environ Toxicol Chem. – 1991. – Vol. 6. – P. 363–369. <https://doi.org/10.1002/tox.2530060407>
13. Beatie, K. A., Ressler, J., Wiegand, C., Krause, E., Codd, G. A., Steinberg, Ch. E. Wand Pflugmacher, S. Comparative effects and metabolism of two microcystins and nodularin in the brine shrimp *Artemia salina* // Aqua Toxicol. –2003. – Vol. 62. – P. 219–226. [https://doi.org/10.1016/s0166-445x\(02\)00091-7](https://doi.org/10.1016/s0166-445x(02)00091-7)

14. Metcalf J.S., Lindsay J., Beattie K.A., Birmingham S., Saker M.L., Törökne A.K., Codd G.A. Toxicity of cylindrospermopsin to the brine shrimp *Artemia salina*: comparisons with protein synthesis inhibitors and microcystins // *Toxicon*. –2002. –Vol. 40. №8. – P. 1115–20. [https://doi.org/10.1016/s0041-0101\(02\)00105-8](https://doi.org/10.1016/s0041-0101(02)00105-8)
15. Dittman E., Fewer D.P., Neilan B.A. Cyanobacterial toxins: biosynthetic routes and evolutionary routes // *FEMS Microbiol Rev.* – 2013. Vol. –37. P. 23–43. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2012.12000.x>
16. Singh R., Parihar P., Singh M., Bajguz A., Kumar J., Singh S., Prasad S.M. Uncovering potential applications of cyanobacteria and algal metabolites in biology, agriculture and medicine: Current status and future prospects // *Front Microbiol.* – 2017. – Vol. 8. – P. 1–37. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00515>
17. Dong J., Li C., Chang M., Dai D., Liu S., Quan B., Zhang Y., Gao Y. Effects of toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on the morphology of green alga *Chlorella vulgaris* // *Ann. Limnol. Int. J. Lim.* – 2019. – Vol. 55. – P. 7. <https://doi.org/10.1051/limn/2019006>
18. Cai L., Zhu G., Zhu M., Yang G., Zhao L. Succession of phytoplankton structure and its relationship with algae bloom in littoral zone of Meiliang Bay, Taihu Lake // *Eco Sci.* – 2012. – Vol. 31. – P. 345–351 (in Chinese with English abstract). <http://www.ecolsci.com/EN/Y2012/V31/I4/345>
19. Dong J., Gao Y.N., Chang M.Y., Ma H.H., Han K., Tao X., Li Y. Colony formation by the green alga *Chlorella vulgaris* in response to the competitor *Ceratophyllum demersum* // *Hydrobiologia.* – 2018. – Vol. 805. – P. 177–187. <https://doi.org/10.1051/limn/2018003>
20. Żymańczyk-Duda E., Samson S. O., Brzezińska-Rodak M. and Klimek-Ochab M. Versatile Applications of Cyanobacteria in Biotechnology // *Microorganisms.* – 2022. – Vol. 10. – № 12. – P. 2318. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122318>
21. Sivonen K. Cyanobacterial toxins and toxin production // *Phycologia.* — 1996. – Vol. 35. — P. 12–24. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-35-6s-12.1>
22. Rastogi R.P., Sinha R.P. Biotechnological and industrial significance of cyanobacterial secondary metabolites // *Biotechnology Advances.* – 2009. – Vol. 27. – P. 521–539. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.04.009>
23. Chih Yu Chen. Biosynthesis DEHP и DBP from red algae // *Water Res.* – 2004. – V. 38, № 4. – P. 1014–1018.
24. Babu B., Wu J.T. Production of phthalate esters by nuisance freshwater algae and cyanobacteria // *Science of The Total Environment.* – 2010. – V. 408, № 21. – P. 4969–4975. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.032>
25. Lotfy M.M., Hassan H.M., Hetta M.H., El-Gendy A.O., Mohammed R. Phthalate, a major bioactive metabolite with antimicrobial and cytotoxic activity isolated from River Nile derived fungus *Aspergillus awamori* // *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.* – 2018. – Vol. 7. – P. 263–269. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2018.02.002>
26. Philip D., Kaleena P.K., Valivittan K. GC-MS analysis and antibacterial activity of chromatographically separated pure fractions of leaves of *Sansevieria roxburghiana* // *Asian J. Pharm. Clin. Res.* – 2011. – V. 4, № 4. – P. 130–133.
27. Rajamanikyam M., Vadlapudi V., Parvathaneni S.P. Isolation and characterization of phthalates from *Brevibacterium mcbrellneri* that cause cytotoxicity and cell cycle arrest. // *Excli J.* – 2017. – V. 16. – P. 375–387. <https://doi.org/10.17179/excli2017-145>

Авторлар туралы мәлімет:

Сейілбек Сандугаш Нұрланқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығының 2 курс PhD докторанты (Алматы, Қазақстан, sseilbek1@gmail.com)

Қонысбай Айгерім Мәлікқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығы бойынша жаратылыстану ғылымдарының магистрі, (Алматы, Қазақстан, aigerimkonysbay@gmail.com)

Акмуханова Нұрзия Рахмедиевна (корреспонденттік автор) – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының ассоциирленген профессоры (доцент) (Алматы, Қазақстан, aktukhanova.nurziya@gmail.com)

Заядан Болатхан Қазыханұлы- биология ғылымдарының докторы, , әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының профессоры, ҰҒА-ң Академигі (Алматы, Қазақстан, zbolatkhan@gmail.com)

Еламанова Аделя Байқадамовна – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығының 2 курс магистранты (Алматы, Қазақстан, elamanovaadelya@mail.com)

Абибуллаева Индира – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығының 2 курс магистранты (Алматы, Қазақстан, indira_26.07.1994@mail.com)

Бидағұлова Назым Ерболқызы әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының «Биотехнология» мамандығының 2 курс магистранты (Алматы, Қазақстан, nbidagulova@mail.com)

Information about authors:

Seilbek Sandugash – 2nd year PhD student at the Department of Biotechnology of al-Farabi Kazakh National University of Biotechnology major (Almaty, Kazakhstan, sseilbek1@gmail.com)

Konysbay Aigerim – Master in Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, aigerimkonysbay@gmail.com)

Akmukhanova Nurziya (corresponding author) – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Biotechnology Department of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: akmukhanova.nurziya@gmail.com)

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

Adelya Yelamanova – Biotechnology major Master's student at Biotechnology Department of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: elamanovaadelya@mail.com)

Abibullayeva Indira – Biotechnology major Master's student at Biotechnology Department of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, indira_26.07.1994@mail.com)








Bidagulova Nazym – Biotechnology major Master's student at Biotechnology Department of al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, nbidagulova@mail.com)

Received December 01, 2024

Accepted March 25, 2024

МРНТИ 34.27.19

<https://doi.org/10.26577/EJE.2024.v78.i1.012>

Л.В. Игнатова , Е.В. Бражникова , А.А. Омирбекова ,
С.Н. Омарова , Н.К. Туланова , Р.Ч. Шамсутдинов* ,
Ж.К. Уразова 

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
*e-mail: ruslanshamsutdinov13@gmail.com

ПОДБОР ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИГИДРОКСИАЛКАНОАТА

В связи с наблюдаемой тенденцией роста производства пластиковой продукции остро стоит вопрос о замене пластика на нефтехимической основе на биоразлагаемые полимеры микробного происхождения. Наиболее распространенными биополимерами микробного происхождения являются полигидроксиалканоаты. При проведении скрининга природных штаммов почвенных бактерий по способности синтезировать полигидроксибутират (ПГБ) в качестве наиболее продуктивного отобран штамм *Pseudomonas flavescens* Д5, обеспечивающий выход биомассы и полиэфира $9,15 \pm 0,37$ г/л и $1,61 \pm 0,06$ г/л, соответственно. Проведен сравнительный анализ способности отобранного штамма накапливать ПГБ на различных по составу питательных средах: MSM, глюкозо-пептонной, синтетической, модифицированной MSM, ацетатной, минимальной, лизин-ацетатной, среды Тарана и MSM с мочевиной. Максимальное количество ПГБ наблюдалось на среде MSM. Наиболее благоприятными источниками углерода и азота для увеличения выхода ПГБ являются глюкоза в концентрации 5% и нитрат аммония. Проведена адаптация штамма *Ps. flavescens* Д5 к побочному продукту пищевого производства – глицерину. Показано, что ферментация штамма-продуцента ПГБ на среде с использованием глицерина в течение 5 циклов культивирования увеличивает выход продукта в 1,3 раза, одновременно снижая затраты на источник углерода.

Ключевые слова: микробные полимеры, источники углерода, источники азота, оптимизация питательной среды, полигидроксиалканоат.

L.V. Ignatova, E.V. Brazhnikova, A.A. Omirbekova,
S.N. Omarova, N.K. Tulanova, R.Ch. Shamsutdinov*, Zh.K. Urazova
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
*e-mail: ruslanshamsutdinov13@gmail.com

Selection of nutrient medium and conditions for cultivating microorganisms for the synthesis of polyhydroxyalkanoate

In connection with the observed growth trend in the production of plastic products, the issue of replacing petrochemical-based plastic with biodegradable polymers of microbial origin is urgent. The most common biopolymers of microbial origin are polyhydroxyalkanoates. When screening natural strains of soil bacteria for their ability to synthesize polyhydroxybutyrate (PHB), the strain *Pseudomonas flavescens* D5 was selected as the most productive, providing biomass and polyester yields of 9.15 ± 0.37 g/l and 1.61 ± 0.06 g/l, respectively. A comparative analysis of the ability of the selected strain to accumulate PHB on nutrient media of various compositions was carried out: MSM, glucose-peptone, synthetic, modified MSM, acetate, minimal, lysine-acetate, Taran's medium and MSM with urea. The maximum amount of PHB was observed in MSM medium. The most favorable sources of carbon and nitrogen for increasing the yield of PHB are glucose at a concentration of 5% and ammonium nitrate. Adaptation of the *Ps. flavescens* D5 strain was carried out to a by-product of food production – glycerol. It has been shown that fermentation of the PHB producer strain on a medium using glycerol for 5 cultivation cycles increases the product yield by 1.3 times, while simultaneously reducing the cost of the carbon source.

Key words: microbial polymers, carbon sources, nitrogen sources, optimization of nutrient medium, polyhydroxyalkanoate.

Л.В. Игнатова, Е.В. Бражникова, А.А. Омирбекова,
С.Н. Омарова, Н.К. Туланова, Р.Ч. Шамсутдинов*, Ж.К. Уразова
Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Қазақстан, Алматы қ.
*e-mail: ruslanshamsutdinov13@gmail.com

Қоректік ортаны таңдау және полигидроксиалканоат синтезі үшін микроорганизмдерді өсіру жағдайлары

Пластмасса бұйымдарын өндіруде байқалған өсу тенденциясына байланысты мұнай-химия негізіндегі пластмассаны микробтық текті биологиялық ыдырайтын полимерлермен ауыстыру мәселесі өзекті болып табылады. Микробтық текті ең көп таралған биополимерлер полигидроксиалканоаттар болып табылады. Топырақ бактерияларының табиғи штамдарын олардың полигидроксибутират (ПГБ) синтездеу қабілетіне скрининг кезінде *Pseudomonas flavescens* D5 штаммы сәйкесінше $9,15 \pm 0,37$ г/л және $1,61 \pm 0,06$ г/л биомасса және полиэфир шығымдылығын қамтамасыз ететін ең өнімді болып таңдалды. Таңдалған штаммның әртүрлі құрамды қоректік орталарда: МСМ, глюкоза-пептон, синтетикалық, модификацияланған МСМ, ацетат, минималды, лизин-ацетат, Таран ортасы және несепнәрмен МСМ қоректік ортада жинақтау қабілетіне салыстырмалы талдау жүргізілді. ПГБ максималды мөлшері MSM ортасында байқалды. ПГБ шығымдылығын арттыру үшін көміртегі мен азоттың ең қолайлы көздері 5% концентрациядағы глюкоза және аммоний нитраты болып табылады. Ps штаммының бейімделуі жүргізілді. *flavescens* D5 тағам өндірісінің жанама өнімі – глицеринге дейін. ПГБ продуцентінің штаммының глицеринді пайдаланатын ортада 5 культивация циклі үшін ашытуы бір мезгілде көміртегі көзінің құнын төмендеті отырып, өнім шығымын 1,3 есеге арттыратыны көрсетілген.

Түйін сөздер: микробтық полимерлер, көміртегі көздері, азот көздері, қоректік ортаны оңтайландыру, полигидроксиалканоат.

Введение

Повышение численности населения и массовая интенсификация производства продуктов потребления, а также увеличение производственных отходов привели к накоплению большого объема загрязнителей в окружающей среде. На сегодняшний день особенно проблематичными в контексте загрязнения экологии являются неразлагающиеся и слабо разлагающиеся пластиковые отходы. В 2021 году мировое производство пластиковой продукции достигло 390,7 млн тонн. Для сравнения, в 1976 году мировое производство пластика насчитывало около 50 млн тонн. Пластиковое загрязнение признается серьезной антропогенной проблемой. Постоянное увеличение производства пластиковой продукции ведет к ухудшению экологического состояния. Одним из очевидных негативных последствий является нарушение структуры и функций экосистем. Давно доказано, что избыток пластика обуславливает серьезные экологические катастрофы с растущей угрозой биоразнообразию и экономике [1].

В связи с наблюдаемой тенденцией роста производства пластиковой продукции остро стоит вопрос о замене пластика на нефтехимической основе на биоразлагаемые полимеры микробного происхождения [2]. Наиболее распространенными биополимерами микробного

происхождения являются полигидроксиалканоаты. Полигидроксиалканоаты (ПГА) – класс полиэфиров, синтезирующийся различными микроорганизмами в качестве запасного источника углерода в клетках в условиях с повышенным содержанием углерода и пониженным содержанием питательных веществ. Мономерные звенья ПГА классифицируются на две группы в зависимости от количества атомов углерода в цепи: с короткой и средней длиной цепи. Основным представителем данного класса биополимеров является поли-3-гидроксибутират (ПГБ), широко используемый для производства биоразлагающегося пластика. ПГБ имеет ряд преимуществ в сравнении с полимерами на нефтехимической основе. Барьерная проницаемость ПГБ превосходит полимеры на основе полиэтилена и полипропилена, в сравнении с полиэтилентерефталатом и поливинилхлоридом [3]. В естественной среде процесс биодеградации происходит в результате ферментации многими видами бактерий, грибов и других редуцентов и биодеструкторов [4]. Дегидрогеназы данных микроорганизмов способны разлагать ПГБ до олигомерных, димерных и мономерных остатков с последующим разложением до 3-гидроксимасляной кислоты [5].

Однако, на сегодняшний день биополимерные материалы на основе ПГБ не получили широкого распространения. Основным лимитирующим фактором промышленного синтеза

биополимеров микробного происхождения является дороговизна их производства. Активно разрабатываются стратегии применения новых доступных источников углерода. Для производства ПГБ используется глюкоза и другие сахара. Некоторые виды бактерий способны использовать отходы различных производств в качестве источника углерода [6]. Это позволяет сократить затраты на производство ПГБ, делая процесс производства биополимера более доступным, что в свою очередь способствует снижению степени загрязнения окружающей среды.

Материалы и методы

Объектами исследований были 3 штамма почвенных бактерий *Stenotrophomonas maltophilia* A1, *Bacillus megaterium* A2 и *Pseudomonas flavescens* Д5, ранее выделенные из темно-каштановой почвы города Алматы.

Методы исследований. Изучение влияния состава питательной среды на продукцию ПГБ

На этапе подбора питательных сред для культивирования бактерий-продуцентов ПГБ, использовали среды следующего состава (г/л) [8-13]:

1. минерально-солевая среда (MSM) (глюкоза 10,0; NH_4NO_3 1,0; K_2HPO_4 1,73; KH_2PO_4 0,68; MgSO_4 0,1; NaCl 4,0; FeSO_4 0,03; CaCl_2 0,02);

2. глюкозо-пептонная (глюкоза 1,0; пептон 0,25; дрожжевой экстракт 0,25; KH_2PO_4 0,05; NaCl 0,01; MgSO_4 0,02);

3. синтетическая среда (KH_2PO_4 – 0,0085, K_2HPO_4 – 0,0218, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,0221, NH_4Cl – 0,19, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,0364, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,0225, FeCl_3 – 0,0025, в качестве источника углерода добавлялась сахароза – 1,0);

4. модифицированная минерально-солевая среда (сахароза – 15, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2,0, KH_2PO_4 – 2,0, Na_2HPO_4 – 1,8, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5, FeSO_4 – 2,0, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 2,0, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1);

5. ацетатная среда (CH_3COONa – 13,6, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2,2, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,45, KH_2PO_4 – 1,31, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 1,68, FeSO_4 – 2,0, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 2,0, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1);

6. минимальная среда (глюкоза – 30,0, NH_4Cl – 0,5, KH_2PO_4 – 2,8, Na_2HPO_4 – 3,32, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,025, ZnSO_4 – 1,3, FeSO_4 – 0,2, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,2);

7. лизин-ацетатная среда (лизин – 3,8, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,02, CH_3COONa – 4,0, дрожжевой экстракт – 2,0, KH_2PO_4 – 0,5, K_2HPO_4 – 0,5, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,053, $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,0012);

8. среда Тарана (глюкоза – 2,0, NH_4Cl – 0,2, K_2HPO_4 – 0,004);

9. MSM с мочевиной в качестве источника азота и дополнительного источника углерода. Среда содержала (г/л): мочевины – 1,0, дрожжевой экстракт – 0,16, глюкозу – 40,0, KH_2PO_4 – 1,52, Na_2HPO_4 – 4,0, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,52, CaCl_2 – 0,02, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,02, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,13.

Культуры выращивали в течение 2-х суток при 150 об/мин и 28°C.

Выделение полигидроксибутирата

Полиэфир выделяли из клеток бактерий с использованием гипохлорита натрия. Клетки микроорганизмов отделяли от культуральной жидкости центрифугированием в течение 15 минут при 6000 ×g. Экстракцию ПГБ из бактериальных клеток проводили путем обработки биомассы смесью горячего хлороформа и гипохлорита в соотношении 1:1. Затем биомассу, смешанную с детергентом, помещали в термостат на 60 минут при 30°C. Полученную смесь снова центрифугировали в течение 10 минут при 6000 ×g с получением трех фаз. Верхнюю и среднюю фазы аккуратно удаляли дозатором. ПГБ осаждали смесью ацетона и этанола в соотношении 1:1 при 40°C в течение 24 часов.

Вес биомассы определяли по формуле (1):

$$M = \frac{(A-B) \times 100}{V}, \quad (1)$$

где M – вес биомассы в г/л, A – вес бумажного фильтра с осадком в г, B – вес бумажного фильтра без осадка в г, V – объём культуральной жидкости, взятый для центрифугирования в л.

Подбор оптимальных источников углерода и азота

В качестве фоновой среды была взята среда MSM. В целях оценки влияния источников углерода и азота на накопление полиэфира в клетках бактерий изменяли компоненты среды и подбирали их оптимальные значения, при которых количество накопленного штаммом-продуцентом ПГБ было наибольшим:

1. для оценки влияния углерода на производство ПГБ использовали 3 источника углерода в концентрации 1, 3 и 5%: глюкозу, сахарозу, ацетат натрия;

2. для оценки влияния источника азота на накопление ПГБ подбирали 6 источников азота: пептон, дрожжевой экстракт, мочевины, NH_4NO_3 , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;

Исследование способности природных штаммов почвенных микроорганизмов синтезировать ПГБ на среде с глицерином. Культуру выращивали в ферментационных колбах объемом 250 мл на солевой среде Шлегеля следующего состава (г/л): $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 9,1; KH_2PO_4 – 1,5; $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0,2; $\text{Fe}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,025; NH_4Cl – 1,0. Микроэлементы добавляли в среду по прописи Хоагланда из расчета 3 мл стандартного раствора на 1 л среды. Стандартный раствор микроэлементов содержит (г/л): $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,008; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,176; H_3BO_3 – 0,228; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – 0,03; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 0,008; NiCl – 0,008. В качестве единственного источника углерода использовали глицерин в концентрации 15 г/л. В качестве основного источника азота добавляли мочевины в концентрации 0,7 г/л [14].

Для адаптации штамма к глицерину делали его пересев в течение 5 циклов. Бактерии культивировали в течение 48 часов. Наличие бактериального роста определяли измерением оптической плотности культуральной жидкости при длине волны 460 нм и высевом на МПА с последующим подсчетом колоний.

Сбор и статистическая обработка данных

Достоверность полученных результатов проверяли с помощью статистических математических методов и расчетных формул. Рассчитывали средние арифметические значения и средние квадратичные отклонения

Результаты и их обсуждение

Продукция ПГБ в зависимости от состава питательной среды

ПГБ может быть синтезирован в качестве запасного питательного вещества многими микроорганизмами, в том числе почвенными бактериями. Молекулы ПГБ накапливаются внутри клеток бактерий в условиях избытка углеродного субстрата и ограничения питания по азоту [9]. Следовательно, условия роста играют первостепенную роль в достижении высокой продукции ПГБ.

Для изучения влияния состава питательной среды на выход ПГБ определяли накопление биомассы, количество образуемого полиэфира, количество утилизированного субстрата и рассчитывали биотехнологический показатель эффективности процесса – экономический коэффициент. Ферментацию проводили в течение 48 часов при температуре 28°C и начальном значении pH среды 7,5.

На первом этапе была проанализирована способность к продукции внутриклеточного полиэфира тремя штаммами почвенных бактерий *Stenotrophomonas maltophilia* A1, *Bacillus megaterium* A2 и *Pseudomonas flavescens* Д5. По результатам, приведенным в таблице 1, все испытываемые штаммы проявили способность к продукции ПГБ на среде с глюкозой в качестве источника углерода

Таблица 1 – Продукция ПГБ штаммами почвенных бактерий на среде с глюкозой

Штамм	Сухой вес клеток, г/л (X)	Сухой вес ПГБ, г/л (P)	Экономический коэффициент P/X, %
<i>S. maltophilia</i> A1	8,74±0,35	1,27±0,05	14,53
<i>B. megaterium</i> A2	9,42±0,38	1,55±0,06	16,45
<i>Ps. flavescens</i> Д5	9,15±0,37	1,61±0,06	17,60

Наибольшей продуктивностью обладал штамм *Ps. flavescens* Д5, синтезирующий за 2 суток ферментации 1,61±0,06 г/л внутриклеточного полиэфира. Наименее продуктивным штаммом оказался *S. maltophilia* A1, накапливающий 1,27±0,05 г/л ПГБ. В результате проведенных исследований был отобран штамм *Ps. flavescens* Д5 как активный продуцент ПГБ.

Следующим этапом работы являлся подбор оптимальной питательной среды для мак-

симального накопления ПГБ. Проводили сравнительную оценку традиционных питательных сред для культивирования почвенных бактерий-продуцентов ПГБ: MSM, глюкозо-пептонной, синтетической, модифицированной MSM, ацетатной, минимальной, лизин-ацетатной, среды Тарана и MSM с мочевиной.

Питательные среды являются одним из главных факторов, влияющих на рост бактериальных клеток и биосинтез в них молекул ПГБ.

Зависимость продукции полиэфира от состава питательной среды обусловлена тем, что селективными условиями запуска данного процесса являются избыточное количество в среде источника углерода и ограничение концентрации источников азота и фосфора. Поэтому изучение влияния компонентов питательной среды на производство ПГБ становится одним из первых этапов при увеличении его выхода.

Наибольшее количество накопленного внутриклеточного полиэфира штаммом *Ps. flavescens* Д5 наблюдалось на среде MSM с глюкозой в качестве источника углерода. Выход ПГБ составил $1,60 \pm 0,06$ г/л, при этом накопленная биомасса достигла $9,14 \pm 0,37$ г/л, а экономический коэффициент $17,51\%$ показал эффективность использования данной среды для накопления биопластика (Таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность продукции ПГБ штаммом *Ps. flavescens* Д5 на различных питательных средах

№	Питательная среда	Сухой вес клеток, г/л (X)	Сухой вес ПГБ, г/л (P)	Экономический коэффициент, (%)
1.	MSM	$9,14 \pm 0,37$	$1,60 \pm 0,06$	17,51
2.	Глюкозо-пептонная	$14,69 \pm 0,79$	$1,48 \pm 0,06$	7,52
3.	Синтетическая	$7,51 \pm 0,31$	$0,46 \pm 0,02$	6,13
4.	Модифицированная MSM	$8,05 \pm 0,32$	$0,93 \pm 0,04$	11,55
5.	Ацетатная	$8,34 \pm 0,33$	$0,75 \pm 0,03$	8,99
6.	Минимальная	$7,92 \pm 0,32$	$0,64 \pm 0,03$	8,08
7.	Лизин-ацетатная	$9,87 \pm 0,39$	$0,57 \pm 0,02$	5,78
8.	Среда Тарана	$12,56 \pm 0,51$	$0,21 \pm 0,01$	1,67
9.	MSM с мочевиной	$8,96 \pm 0,36$	$0,97 \pm 0,04$	10,83

Можно отметить высокие значения накопленной биомассы ($14,69 \pm 0,79$ г/л) и выхода ПГБ ($1,48 \pm 0,06$ г/л) на глюкозо-пептонной среде, однако при вычислении экономического коэффициента был получен низкий показатель, что говорит о неэффективности биосинтеза на данной среде. Наименьшей эффективностью процесса получения полигидроксибутирата характеризовалась среда Тарана, на которой было выделено $0,21 \pm 0,01$ г/л полиэфира, при низком экономическом коэффициенте $1,67\%$. Такие результаты показывают, что максимальное накопление биомассы в процессе культивирования не всегда соответствует максимальному выходу ПГБ относительно экономичности и эффективности производства.

Аналогично полученным результатам, в ранее проведенных исследованиях показано влияние состава среды на накопление ПГБ. Так, Nygaard D. с соавторами получили максимальное количество ПГБ при культивировании штаммов-продуцентов на модифицированной MSM – $4,6$ г/л, что в $2,5$ раза выше по сравнению с ферментацией на MSM. В качестве источника углерода использовали техническую фруктозу,

а в качестве источника азота сульфат аммония [8]. В исследовании Getachew A. и Woldeesenbet F. выход ПГБ составлял $6,1-6,8$ г/л при ферментации на среде MSM с глюкозой в качестве источника углерода [13].

Влияние источника углерода и азота на продукцию полигидроксибутирата

Поскольку углерод и азот являются жизненно важными питательными элементами в метаболизме бактерий, на следующем этапе проводили подбор оптимальных источников углерода и азота для максимального накопления ПГБ.

В качестве источника углерода рассматривали глюкозу, сахарозу и натриевую соль уксусной кислоты. Глюкоза и ацетат являются более доступным субстратом для бактериальных клеток, они способны быстро и легко включаться в метаболические пути [15]. Сахароза является дисахаридом и при ее гидролизе под действием бактериальных клеток она разлагается на глюкозу и фруктозу, включаясь также в клеточный метаболизм [16].

Результаты показали, что наибольшее накопление биомассы и выход ПГБ можно получить

при использовании глюкозы в качестве источника углерода. На среде MSM с глюкозой 5% было выделено $1,64 \pm 0,07$ г/л ПГБ, при этом достига-

лись максимальные показатели биомассы клеток ($10,01 \pm 0,40$ г/л) и экономического коэффициента (16,38%) (Таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность продукции ПГБ штаммом *Ps. flavescens* Д5 на среде с различными источниками углерода

Источник углерода	Сухой вес клеток, г/л (X)	Сухой вес ПГБ, г/л (P)	Экономический коэффициент, (%)
Глюкоза 1%	$9,22 \pm 0,37$	$1,29 \pm 0,05$	13,99
Глюкоза 3%	$9,76 \pm 0,39$	$1,55 \pm 0,06$	15,88
Глюкоза 5%	$10,01 \pm 0,40$	$1,64 \pm 0,07$	16,38
Сахароза 1%	$7,35 \pm 0,29$	$0,83 \pm 0,03$	11,29
Сахароза 3%	$7,72 \pm 0,31$	$0,94 \pm 0,04$	12,18
Сахароза 5%	$7,94 \pm 0,32$	$1,02 \pm 0,04$	12,85
Ацетат 1%	$6,12 \pm 0,24$	$0,55 \pm 0,02$	8,97
Ацетат 3%	$6,49 \pm 0,26$	$0,64 \pm 0,03$	9,86
Ацетат 5%	$6,88 \pm 0,28$	$0,71 \pm 0,03$	10,32

Полученные данные согласуются с результатами других исследователей. Sriyaraи Т. с соавторами изучали влияние источников углерода на биосинтез ПГБ. По представленным данным было установлено, что концентрация ПГБ была максимальной ($2,63 \pm 0,06$ г/л) при использовании ими глюкозы в качестве источника углерода [14]. Согласно Laseti с соавторами, продукция ПГБ была максимальной при концентрации глюкозы 50 г/л, однако при увеличении ее до 60 г/л скорость потребления субстрата и рост клеток снизились. [17].

Наименьшая эффективность биосинтеза ПГБ штаммом *Ps. flavescens* Д5 отмечена на среде MSM с ацетатом натрия, взятого в количестве 1% от объема среды в качестве единственного источника углерода. Выход ПГБ составил $0,55 \pm 0,02$ г/л, при минимальном накоплении биомассы ($6,12 \pm 0,24$ г/л). Экономический коэффициент также имел наименьшее значение – 8,97% (Таблица 3). Согласно Zhou W. для некоторых штаммов-продуцентов ПГБ уксусная кислота или ее соли (например, ацетат натрия) являются оптимальными источниками углерода для максимального выхода ПГБ. Приведенные им результаты показали, что при концентрациях 0,5-1% ацетата в среде выход ПГБ достигал $4,50 \pm 0,09$ г/л, что не исключает возможность использования уксусной кислоты в качестве ис-

точника углерода для производства ПГБ другими штаммами [9].

Источник азота считается ограничивающим фактором в синтезе ПГБ. В условиях недостатка азота почвенные бактерии начинают преобразовывать различные источники углерода, включая их в синтез ПГБ. Также качество и количество получаемого ПГБ напрямую связано с доступностью азота (свободная форма или комплексная). [18]. Для поиска подходящего источника азота в среду поочередно добавляли пептон, дрожжевой экстракт, мочевины, NH_4NO_3 , NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

По результатам, указанным в таблице 4, видно, что наилучшим источником азота для получения максимального количества ПГБ стал нитрат аммония. На среде с данным источником азота штамм продуцировал ПГБ в концентрации $1,55 \pm 0,06$ г/л при наивысшем экономическом показателе 16,09%.

Наименьшей эффективностью биосинтеза ПГБ штамм обладал на среде с дрожжевым экстрактом в качестве источника азота. При этом было выделено всего $0,56 \pm 0,02$ г/л полиэфира (Таблица 4).

Как показывают результаты опытов, наиболее благоприятными источниками углерода и азота для увеличения выхода ПГБ являются глюкоза в концентрации 5% и нитрат аммония. На среде с глюкозой и NH_4NO_3 было накоплено и выделено 1,62 г/л ПГБ.

Таблица 4 – Продукции ПГБ штаммом *Ps. flavescens* Д5 на среде с различными источниками азота

Источник азота	Сухой вес клеток, г/л (X)	Сухой вес ПГБ, г/л (P)	Экономический коэффициент, %
Пептон	16,54±0,66	1,48±0,06	8,95
Дрожжевой экстракт	10,33±0,41	0,56±0,02	5,42
Мочевина	8,97±0,36	0,85±0,03	9,48
NH ₄ NO ₃	9,63±0,39	1,55±0,06	16,09
NH ₄ Cl	7,31±0,29	0,60±0,02	8,21
(NH ₄) ₂ SO ₄	8,82±0,35	0,73±0,03	8,28

Продукция ПГБ на среде с глицерином

Глицерин — один из основных компонентов органических отходов при производстве биотоплива, пищевой и косметической продукции. Для проверки гипотезы о возможности использования глицерина в качестве основного С-субстрата была проведена адаптация штамма *Ps. flavescens* Д5 к глицерину в течение 5 циклов культивирования. По окончании каждого цикла определяли показатели оптической плотности и количество жизнеспособных клеток на плотной питательной среде.

По данным таблицы 5 можно сделать вывод, что изначально культивируемый на среде с глюкозой штамм *Ps. flavescens* Д5 постепенно адаптировался к росту и синтезу ПГБ на среде с глицерином.

Таблица 5 – Адаптация штамма *Ps. flavescens* Д5 к глицерину

Пассаж	Количество жизнеспособных клеток, КОЕ/л
№ 1	24·10 ⁷
№ 2	26·10 ⁹
№ 3	42·10 ¹¹
№ 4	48·10 ¹²
№ 5	60·10 ¹²

Сравнивая характеристики культуральной жидкости первого пассажа и пятого видно, что спустя 5 пересевов, количество жизнеспособных клеток возросло с 24·10⁷ до 60·10¹² КОЕ/л.



Рисунок 1 – Рост бактерий, адаптированных к глицерину

Как видно из данных представленных в таблице 6, на среде с глицерином штаммом *Ps. flavescens* Д5 было накоплено 12,25±0,49 г/л биомассы и 2,15 г/л ПГБ, при этом экономический коэффициент имел значение 17,55 %, что превышает значения, полученные на среде MSM.

Таблица 6 – Эффективность продукции ПГБ штаммом *Ps. flavescens* Д5, адаптированным к глицерину

Сухой вес клеток, г/л	Сухой вес ПГБ, г/л	Экономический коэффициент, %
12,25±0,49	2,15±0,09	17,55

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что ферментацию штамма-продуцента ПГБ возможно проводить с использованием гли-

церина, тем самым увеличивая выход продукта и снижая затраты на источники углерода.

Заключение

Проведенные исследования по подбору компонентов питательной среды для увеличения продукции ПГБ почвенными бактериями позволяют выработать новые подходы, способствующие снижению затрат на его производство. Подобрана оптимальная среда MSM для продукции ПГБ. Показана эффективность адаптации штамма *Ps. flavescens* Д5 к среде с глицерином.

Работа выполнена в рамках проекта ГФ АР19679444 «Разработка биопрепарата пролонгированного действия на основе полимерной матрицы с эффективными микроорганизмами для стимулирования роста агрокультур».

Литература

1. Thushari GGN, Senevirathna JDM. Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*. 2020 Aug;6(8): e04709
2. Kunle Babaremu, Oluseyi P. Oladijo, Esther Akinlabi, *Biopolymers: A suitable replacement for plastics in product packaging, Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, Volume 6, Issue 4, 2023, Pages 333-340*
3. McAdam B, Brennan Fournet M, McDonald P, Mojicevic M. Production of Polyhydroxybutyrate (PHB) and Factors Impacting Its Chemical and Mechanical Characteristics. *Polymers (Basel)*. 2020;12(12):2908. Published 2020 Dec 4.
4. Al-Khattaf, Fatimah S., Mysoon M. Al-Ansari, Murali Kannan Maruthamuthu, L. Dyona, and Paul Agastian. 2022. "Polyhydroxybutyrate Degradation by Biocatalyst of Municipal Sludge Water and Degradation Efficacy in Sequencing Batch Biofilm Reactor." *Environmental Research* 204 (March): 112336
5. Jendrossek, Dieter, and René Handrick. 2002. "Microbial Degradation of Polyhydroxyalkanoates." *Annual Review of Microbiology* 56 (1): 403–32
6. Jung, Hee Ju, Sang Hyun Kim, Nara Shin, Seong-Hwan Oh, Jin Ho Hwang, Hyun Jin Kim, Yoon Jae Kim, et al. 2023. "Polyhydroxybutyrate (PHB) Production from Sugar Cane Molasses and Tap Water without Sterilization Using Novel Strain, Priestia Sp. YH4." *International Journal of Biological Macromolecules* 250 (October): 126152.
7. Akhlaq, S., Singh, D., Mittal, N. et al. Polyhydroxybutyrate biosynthesis from different waste materials, degradation, and analytic methods: a short review. *Polym. Bull.* 80, 5965–5997 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00289-022-04406-9>
8. Nygaard, Daiana, Oxana Yashchuk, and Élide B. Hermida. 2019. "Evaluation of Culture Medium on Poly(3-Hydroxybutyrate) Production by Cupriavidus Necator ATCC 17697: Application of the Response Surface Methodology." *Heliyon* 5 (3): e01374.
9. Zhou, Wen, Dana I. Colpa, Bert Geurkink, Gert-Jan Euverink, and Janneke Krooneman. 2022. "The Impact of Carbon to Nitrogen Ratios and pH on the Microbial Prevalence and Polyhydroxybutyrate Production Levels Using a Mixed Microbial Starter Culture." *Science of the Total Environment* 811 (March): 152341.
10. Trakunjae, Chanaporn, Antika Boondaeng, Waraporn Apiwatanapiwat, Akihiko Kosugi, T. Arai, Kumar Sudesh, and Pilanee Vaithanomsat. 2021. "Enhanced Polyhydroxybutyrate (PHB) Production by Newly Isolated Rare Actinomycetes Rhodococcus Sp. Strain BSRT1-1 Using Response Surface Methodology." *Scientific Reports* 11 (1)
11. K. Sangkharak, P. Prasertsan. Nutrient optimization for production of polyhydroxybutyrate from halotolerant photosynthetic bacteria cultivated under aerobic-dark condition // *Electronic Journal of Biotechnology*. – 2008. – 11(3). – P. 1-12.
12. Mojtaba Taran, Homeira Amirkhani. Strategies of poly(3-hydroxybutyrate) synthesis by Haloarcula sp. IRU1 utilizing glucose as carbon source: Optimization of culture conditions by Taguchi methodology // *Int J Biol Macromol*. – 2010. – 47(5). – P. 632-63.
13. Anteneh Getachew, Fantahun Woldesenbet. Production of biodegradable plastic by polyhydroxybutyrate (PHB) accumulating bacteria using low-cost agricultural waste material // *BMC Research Notes*. – 2016. – 9. – P. 1-9. |
14. Демиденко А. В. Технология биосинтеза полигидроксикалканоев на глицерине и реализация опытного производства: дис. канд. биол. наук. – Красноярск, 2018. – 142 с.
15. Khatami, Kasra, Mariel Pérez-Zabaleta, Isaac Owusu-Agyeman, and Zeynep Cetecioglu. 2021. "Waste to Bioplastics: How Close Are We to Sustainable Polyhydroxyalkanoates Production?" *Waste Management* 119 (January): 374–88. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.008>.

16. Jiang, Guozhan, David J. Hill, Marek Kowalczyk, Brian Johnston, Grażyna Adamus, Victor U. Irorere, and Iza Radecka. 2016. "Carbon Sources for Polyhydroxyalkanoates and an Integrated Biorefinery." *International Journal of Molecular Sciences* 17 (7): 1157.
17. Lasemi, Zahra, Ghasem Najafpour Darzi, and Mazyar Sharifzadeh Baei. 2013. "Media Optimization for Poly(β -Hydroxybutyrate) Production Using *Azotobacter Beijerinckii*." *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials* 62 (5): 265–69.
18. Xu, Zhangyang, Xiaolu Li, Naijia Hao, Chuang Pan, Luis De La Torre, Aftab Ahamed, John H. Miller, Arthur J. Ragauskas, Joshua S. Yuan, and Bin Yang. 2019. "Kinetic Understanding of Nitrogen Supply Condition on Biosynthesis of Polyhydroxyalkanoate from Benzoate by *Pseudomonas Putida* KT2440." *Bioresource Technology* 273 (February): 538–44

Авторлар туралы мәлімет:

Игнатова Людмила Викторовна – биология ғылымдарының кандидаты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының доценті (Алматы, Қазақстан, email: lyudmila.ignatova@kaznu.edu.kz)

Бражникова Елена Валерьевна – PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: pol_b@mail.ru)

Омирбекова Анель Адилевна – PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің биотехнология кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, email: anel.omirbekova@kaznu.edu.kz)

Омарова Сабина Нурахунқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің, биотехнология кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: sabina.omarova.01@bk.ru)

Шамсутдинов Руслан Чингизұлы (корреспондент автор) – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің, биотехнология кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: ruslanshamsutdinov13@gmail.com)

Туланова Нигара Құдратжанқызы – биотехнология кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: tulanova_nigara@mail.ru)

Уразова Жанат Канатқызы – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің, биотехнология кафедрасының магистранты (Алматы, Қазақстан, email: kanatkyzhan7@gmail.com)

Information about authors:

Ignatova Lyudmila Viktorovna – candidate of biological sciences, associate professor at the Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: lyudmila.ignatova@kaznu.edu.kz)

Brazhnikova Elena Valerievna – PhD, researcher of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: pol_b@mail.ru)

Omirebekova Anel Adilevna – PhD, assistant professor at the Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: anel.omirebekova@kaznu.edu.kz)

Omarova Sabina – master student at the Department of Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: sabina.omarova.01@bk.ru)

Shamsutdinov Ruslan Chingizovich (corresponding author) – master student at the Department of Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ruslanshamsutdinov13@gmail.com)

Tulanova Nigara Kudratzhanovna (corresponding author) – master student at the Department of Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: tulanova_nigara@mail.ru)

Urazova Zhanat master student at the Department of Biotechnology, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: kanatkyzhan7@gmail.com)

Получена 07 ноября 2023 года

Принята 25 марта 2024 года

Ү.Ә. Нарша^{1*}, Н.Н. Алибаев¹,
Ю.А. Юлдашбаев², О. Бекетауов¹

¹М. Әуезов Атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

²Ресей Мемлекеттік Аграрлық Университет – К.А. Тимирязев атындағы

Мәскеу ауылшаруашылық академиясы, Ресей, Мәскеу қ.

*e-mail: dana-94n@mail.ru

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨҢІРІНДЕ ӨСІРЕЛЕТІН ЖЕРГІЛІКТІ ЕШКІ ТҰҚЫМЫНЫҢ СҮТ ӨНІМДІЛІГІН ПРОБИОТИКТАР ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АРТТЫРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Қазіргі кезде ешкі сүтіне ішкі және сыртқы нарықта сұраныс өте жоғары. Қазақстанда ешкі сүтін өндіру өте төмен деңгейде және ешкі сүтінің негізін жергілікті ешкі тұқымдарын өсіру арқылы, өндірілген сүт өнімдері нарықта стихиялық жүзеге асырылуда.

Осыған орай, Оңтүстік Қазақстан өңірінде өсірілетін жергілікті ешкі тұқымның сүт өнімділігін пробиотиктер қолдану арқылы арттыру өте өзекті мәселесі зерттелді.

Түркістан облысы, Түлкібас ауданының Машат ауылында орналасқан жергілікті ешкі тұқымын өсіретін «МАШАТ» шаруашылығында 108 бас сауын ешкілерге 1 кг тірідей салмағына әр түрлі пробиотиктер «Ветомм 1,1», «Бентобак» және «Молочный мастер» 0,25 мг, 0,5 мг, 0,75 мг және 1,0 мг мөлшерде беріліп, олардың тәуліктік және 4 ай сауында сүт мөлшерін, сүт майлылығын және ақуыз құрамы анықталды. Бақылау тобы ретінде пробиотик қолданбаған 12 бас сауын ешкілер алынды.

Зерттеу нәтижесінде қолданылған пробиотиктердің тегіне және дозасына байланысты ешкі сүтінің сапасына оң әсер ететін пробиотик «Молочный мастер» 0,75 мг 1 кг тірідей салмаққа дозасы тиімді болды.

«Молочный мастер» препаратының сауын ешкілердің 1 кг тірідей салмағына 0,75 мг мөлшері тәуліктік сүтті I лактацияда $2,49 \pm 0,024$ кг, II лактацияда $2,68 \pm 0,031$ кг және III лактацияда $2,55 \pm 0,052$ кг жеткізіп, 4 ай сауында I лактацияда $298,8 \pm 0,017$ кг, II лактацияда $321,6 \pm 0,016$ кг және III лактацияда $306 \pm 0,018$ кг жеткізетіндігі дәлелденді.

Пробиотиктардың тегіне байланысты сүттің майлылығы мен ақуызының ең жоғарғы көрсеткіші «Молочный мастер» препаратын қолданғанда сүттің майлылығы I лактацияда 5,57-5,74%, II лактацияда 5,54-5,77% және III лактацияда 5,65-5,80% болса, ал ақуыз құрамы I лактацияда 3,62-3,71%, II лактацияда 3,70-3,80% және III лактацияда 3,61-3,72% болды.

«Молочный мастер» препаратын өндіріске енгізу сауын кезеңдерінде ешкілерден – I лактацияда 298,8 мың теңге, II лактацияда 321,6 мың теңге және III лактацияда 306 мың теңге бақылау тобына қарағанда (пробиотиксіз) артық табыс алуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: ешкі шаруашылығы, жергілікті ешкі, сауын ешкі, пробиотиктер, сүт өнімділігі.

U.A. Narsha^{1*}, N.N. Alibaev¹, Yu.A. Yuldashbaev², O. Beketauov¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan, Shymkent

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russian Federation, Moscow

*e-mail: dana-94n@mail.ru

Technology of increasing milk production of local breed goats grown in the South-Kazakhstan region using probiotics

At present, the demand for goat milk in the domestic and foreign markets is very high. The production of goat milk in Kazakhstan is at a very low level, and the basis of goat milk is the breeding of local goat breeds, and the dairy products produced are sold spontaneously on the market.

In this regard, a very urgent problem of increasing the milk productivity of goats of local breeds grown in the South Kazakhstan region through the use of probiotics has been studied.

At the MASHAT farm, which breeds goats of local breeds, located in the village of Mashat, Tulkibas district, Turkestan region, 108 dairy goats were given various probiotics Vetomm 1.1, Bentobak and Dairy Master 0.25 mg, 0.5 mg per 1 kg of live weight, 0.75 mg and 1.0 mg and determined the amount of milk, the content of milk fat and protein during their daily and 4-month milking. As a control group, 12 dairy goats were taken, which did not receive probiotics.

As a result of the study, the probiotic «Dairy Master», which has a positive effect on the quality of goat's milk, depending on the type and dosage of probiotics used, was effective at a dose of 0.75 mg per 1 kg of live weight. In the amount of 0.75 mg per 1 kg of live-weight dairy goats «Dairy Master» gave 2.49 ± 0.024 kg of daily milk for the first lactation, 2.68 ± 0.031 kg for the second lactation, and 2.55 ± 0.052 kg for the third lactation. It has been proven that for lactation it gives 298.8 ± 0.017 kg, for II lactation – 321.6 ± 0.016 kg, for III lactation – 306 ± 0.018 kg.

Due to the origin of probiotics, the highest rate of milk fat and protein when using the Milk Master preparation is 5.57-5.74% for the first lactation, 5.54-5.77% for the second lactation and 5.65-5.80% for the third. lactation and the protein content in the first lactation was 3.62-3.71%, in the second – 3.70-3.80%, and in the third lactation – 3.61-3.72%.

The introduction of the drug «Dairy Master» into the production of goats in the dairy period – 298.8 thousand tenges for the first lactation, 321.6 thousand tenges for the second lactation, and 306 thousand tenges for the third lactation – compared with the control group (without probiotics).

Key words: goat breeding, local goats, dairy goats, probiotics, milk production.

Ұ.Ә. Нарша^{1*}, Н.Н. Алибаев¹, Ю.А. Юлдашбаев², О. Бекетауов¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва

*e-mail: dana-94n@mail.ru

Технология повышения молочности коз местной породы, выращиваемых в Южно-Казахстанской области, с использованием пробиотиков

В настоящее время спрос на козье молоко на внутреннем и внешнем рынках очень высок. Производство козьего молока в Казахстане находится на очень низком уровне, а основу козьего молока составляет разведение местных пород коз, а произведенная молочная продукция реализуется на рынке стихийно.

В связи с этим изучена весьма актуальная проблема повышения молочной продуктивности коз местных пород, выращиваемых в Южно-Казахстанской области, путем применения пробиотиков.

На ферме «МАШАТ», занимающейся разведением коз местных пород, расположенной в селе Машат, Тулкибасского района, Туркестанской области, 108 дойным козам давали различные пробиотики «Ветомм 1,1», «Бентобак» и «Молочный мастер» 0,25 мг, давали по 0,5 мг на 1 кг живой массы, 0,75 мг и 1,0 мг и определяли количество молока, содержание молочного жира и белка при их суточном и 4-месячном доении. В качестве контрольной группы были взяты 12 молочных коз, которым не применяли пробиотики.

В результате исследования пробиотик «Молочный мастер», оказывающий положительное влияние на качество козьего молока в зависимости от вида и дозировки используемых пробиотиков, оказался эффективным в дозе 0,75 мг на 1 кг живого веса масса.

В количестве 0,75 мг на 1 кг живой массы молочных коз «Молочный Мастер» давали $2,49 \pm 0,024$ кг суточного молока по первой лактации, $2,68 \pm 0,031$ кг по второй лактации и $2,55 \pm 0,052$ кг по третьей лактации. Доказано, что за лактацию она дает $298,8 \pm 0,017$ кг, за II лактацию – $321,6 \pm 0,016$ кг, за III лактацию – $306 \pm 0,018$ кг.

Благодаря происхождению пробиотиков наивысший показатель молочного жира и белка при применении препарата «Милк Мастер» составляет 5,57-5,74% по первой лактации, 5,54-5,77% по второй лактации и 5,65-5,80% по третьей. лактации, а содержание протеина в первую лактацию составило 3,62-3,71%, во вторую – 3,70-3,80% и в третью лактацию – 3,61-3,72%.

Внедрение препарата «Молочный мастер» в производство коз в молочный период – 298,8 тыс. тенге по первой лактации, 321,6 тыс. тенге по второй лактации и 306 тыс. тенге по третьей лактации – по сравнению с контрольной группой (без пробиотиков).

Ключевые слова: козоводство, местные козы, молочные козы, пробиотики, производство молока.

Кіріспе

Қазақстанда мал шаруашылығының дәстүрлі саласының бірі – ешкі шаруашылығы. Елімізде кейінгі жылдары ешкі санының көлемі 3 млн-дай бас, нақтылап айтқанда 2915мың бас және оның таралуы әр түрлі аймақтарды қамти отырып, негізін жергілікті ешкілер құрайды [1].

Қазіргі кезде ешкі шаруашылығының негізі – ұсақ тауарлық өндіріс. Шаруа қожалықтарының санаттары бойынша ешкі популяциясының құрылымында ең көп үлесі үй шаруашылығында – 69,8%, ауыл шаруашылығы ұйымдары – 30,16% тиесілі.

Қазақстанның оңтүстік өңірі табиғи-климаттық және жайылымдық жағдайларына

байланысты ешкі өсіруге қолайлы аймақтардың бірі болып табылады. Аталған өңірде ешкі өсірумен негізінен ірі емес, орта, ұсақ шаруашылықтар және жеке үй шаруашылықтар айналысады.

Қазіргі кезде нарықта ешкі өнімдерінің арасында жоғары сұранысқа ие – сүт өнімдері [2-5]. Осыған орай, мал шаруашылық өнімдерін өндірушілер ешкі шаруашылығын сүт бағытында дамытуға жоғары ынталы.

Қазақстанда ешкі сүтін өндіру өте төмен деңгейде және ешкі сүтін тұтыну жылына есеп граммға дейін барады, негізінен оның ба-сым көпшілігін жергілікті ешкі тұқымдарын өсіру арқылы, өндірілген сүт өнімдері нарықта стихиялық жүзеге асырылуда.

Сүтті бағыттағы ешкілерді өсіру және ұстау процесіне заманауи техникалық жаңалықтарды енгізудің тиімділігін әлемнің көптеген елдері бағалап үлгерді. Атап айтқанда, сүт бағытындағы ешкі шаруашылығын дамытудың нәтижесінде Голландияда ешкі сүтін тұтыну жылына 20 литрге жеткен [6].

Қазақстанның оңтүстік өңірінде өсірілетін жергілікті ешкілер өңірдегі табиғи-климаттық, жайып-бағу, азықтандыру және өз төлінен көбею жағдайларға өте бейім, және олардың осы биологиялық ерекше қасиеттері ешкі шаруашылығындағы сүт бағытын дамытудың тиімді генетикалық қорлары болып есептелінеді [7-8].

Осыған орай, осы өңірде жергілікті ешкі тұқымдарының сүт өнімділігін дамытуды зерттеу өте маңызды өзекті мәселесі [9].

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, біздің зерттеулеріміздің мақсаты Оңтүстік Қазақстан өңірінде өсірілетін жергілікті ешкі тұқымдарының сүт өнімділігін пробиотиктар қолдану арқылы арттыру.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны

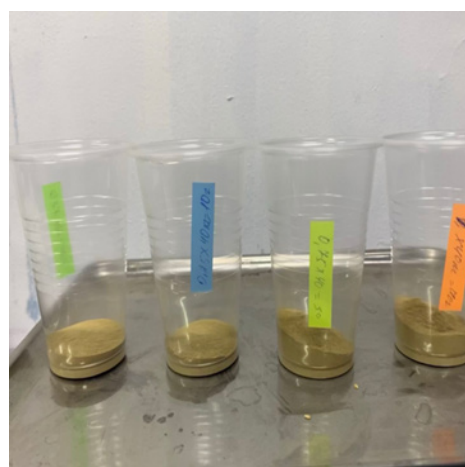
Ғылыми зерттеу жұмысының зерттеу нысаны ретінде Түркістан облысы, Түлкібас ауданының Машат ауылында орналасқан ешкі өсіретін «МАШАТ» шаруашылығының жергілікті ешкі тұқымы алынды.

Зерттеу материалдары ешкі сүті және пробиотиктер.

Ешкі өсіретін «Машат» шаруашылығы орналасқан жер таулы аймақпен сипатталып, Талас Алатауы Тянь-Шаньның солтүстік доғасының жоталар жүйесіне жатады және ешкі малын өсіруге өте қолайлы өңір.

Ғылыми-зерттеу жұмысы кезінде пробиотиктерді қолдану келесідей сызбамен жүргізілді (Сурет 1).

Ғылыми-зерттеу жұмыста 120 бас жергілікті сауын ешкі тұқымы, оның ішінде 40 бас 2 жасар (I лактация), 40 бас 3 жасар (II лактация) және 40 бас 4 жасар (III лактация) алынды. Тәжірбие жүргізу үшін «Ветом 1.1», «Бентобак», «Молочный мастер» пробиотиктері таңдап алынды. Пробиотиктарды сауын ешкілердің 1 кг тірі салмағына байланысты 0,25; 0,5; 0,75 және 1 мг дозада жемге араластырып сауын лактацияның 10 күнінен бастап 5 күн 1 рет берілді (Сурет 2).



1-сурет – Пробиотиктерді қолдануға негіздеу

Бақылау тобы ретінде пробиотиксіз дәстүрлі сүт өндіру технологиясымен 12 бас сауын ешкі алынды, 1-ші бақылау тобы- I лактация сауын ешкілер 4 бас, 2-ші бақылау тобы – II лактация сауын ешкілер 4 бас, 3-ші бақылау тобы – III лактация сауын ешкілер 4 бас.

Сауын сүттің мөлшерін анықтау үшін тәулігіне 2 рет ешкілер сауылып, 10 күн сайын олардың сүтінің мөлшерін, майлылығын, ақуызын, көрсеткіштерін ЛАКТАН 1-4 құрылғысымен анықталды [10].

Зерттеуге алынған үлгілердің тығыздығы Лактан 1-4 (Ресей) сүт анализаторында өлшенді. Тәжірибие кем дегенде 5 қайталама жасалып, орташа арифметикалық мәні алынды. Барлық нәтижелер ареометр градустарымен берілді.

Сүт майлылығы Лактан 1-4 (Ресей) сүт анализаторында өлшенді. Тәжірибие кемінде 5 қайталама жасалынып, орташа арифметикалық мәні алынды. Барлық нәтижелер массалық пайыздармен көрсетілді.

Алынған сандық мәліметтерді биометриялық әдіспен өңделді.

Зеттеу нәтижелері және оларды талқылау

Пробиотиктердің түріне байланысты әр лактациядағы сауын ешкілерге тірідей 1кг салмағына байланысты 0,25 мг, 0,5 мг, 0,75 мг және 1,0 мг мөлшерде беру нәтижесін бақылау тобындағы әр түрлі лактациядағы сауын ешкілермен тәуліктік сүт өнімділігін және 4 ай сауын сүт өнімділігін салыстырғанда (1 кесте), олардың тиімді түрі «Молочный мастер» және қолдану мөлшері 0,75 мг/кг анықталып, тәуліктік сүт өнімділік бақылау тобына қарағанда I лактацияда – 1,22 кг, II лактацияда -1,34 кг, III лактацияда -1,32 кг артып, 4 ай сауында I лактацияда – 298,8 кг, II лактацияда -321,6 кг, III лактацияда -306,0 кг жоғары құрады.

Қолданылған пробиотиктердің арасында «Молочный мастер» препаратының тиімді беру мөлшері сүттің тәуліктік және 4 ай сауын бойынша «Ветом1,1» препаратының жоғары көрсеткіштерінен I лактацияда тәуліктік сүт – 0,63 г және 4 ай сауын сүті – 80,4 кг жоғары, II лактацияда тәуліктік сүт – 0,56 г және 4 ай сауын сүті – 67,2 кг жоғары және III лактацияда тәуліктік сүт – 0,53 г және 4 ай сауын сүті – 63,6 кг жоғары.

Тәжірибие нәтижесінде сауын ешкілерде ең төменгі көрсеткіш «Бентобак» пробиотигінде болды. Атап айтқанда 0,25мг ешкілер тобында I лактацияда тәуліктік сүт – 1,37±0,027 кг және 4 ай сауын сүті – 164,4±0,021 кг, II лактацияда тәуліктік сүт – 1,54±0,032 кг және 4 ай сауын сүті – 184,8±0,018 кг, III лактацияда тәуліктік сүт – 1,48±0,016 кг және 4 ай сауын сүті – 177,6±0,017 кг. Бұл көрсеткіштер 0,75 мг ешкілер тобында едәуір көтеріліп I лактацияда тәуліктік сүт – 1,45±0,025 кг және 4 ай сауын сүті – 174,0±0,019 кг, II лактацияда тәуліктік сүт – 1,58±0,029 кг және 4 ай сауын сүті – 189,6±0,016 кг, III лактацияда тәуліктік сүт – 1,55±0,026 кг және 4 ай сауын сүті – 186,0±0,024 кг.

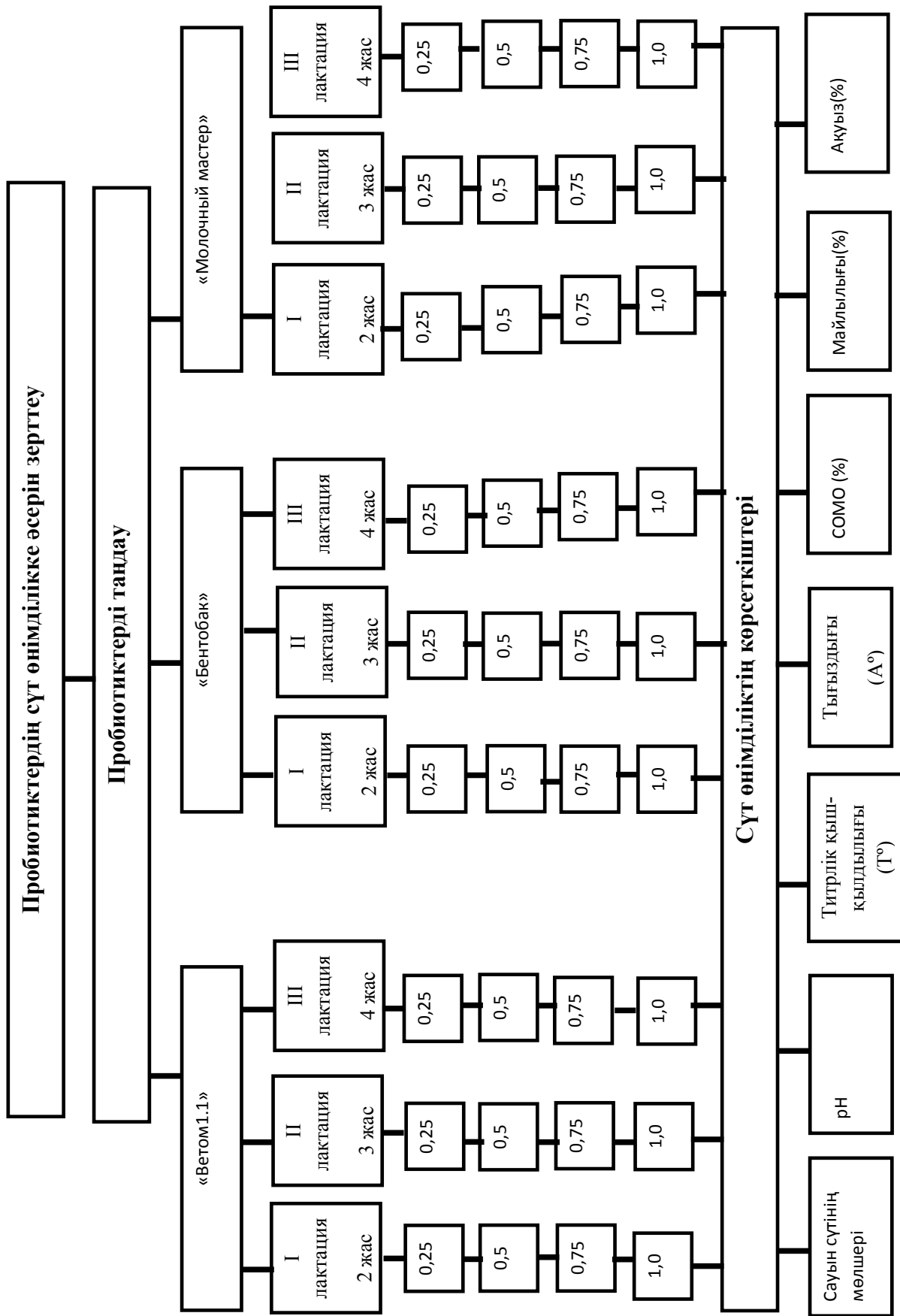
Оңтүстік Қазақстан өңірінде жергілікті ешкілердің сүт өнімділігін арттыруда «Молочный мастер» препаратының сауын ешкілердің 1 кг тірідей салмағына 0,75 мг мөлшері тәуліктік сүтті I лактацияда 2,49±0,024 кг, II лактацияда 2,68±0,031 кг және III лактацияда 2,55±0,052 кг жеткізіп, 4 ай сауында I лактацияда 298,8±0,017 кг, II лактацияда 321,6±0,016 кг және III лактацияда 306±0,018 кг жеткізетіндігі дәлелденді.

Оңтүстік Қазақстандағы жергілікті ешкілердің популяциясының сауын ешкілерінің сүт құрамының майлылығын және ақуызын тәжірибие топтарында (пробиотиктар қолданылған) және бақылау тобында (пробиотиксіз) зерттегенде (кесте 2), сүттің майлылығы тәжірибие топтарында 4,69-5,80% аралығында болса, ақуыз құрамы 3,42-3,80% аралығын құрады

Пробиотиктардың тегіне байланысты сүттің майлылығы мен ақуызының ең жоғарғы көрсеткіші «Молочный мастер» препаратын қолданғанда сүттің майлылығы I лактацияда 5,57-5,74%, II лактацияда 5,54-5,77% және III лактацияда 5,65-5,80% болса, ал ақуыз құрамы I лактацияда 3,62-3,71%, II лактацияда 3,70-3,80% және III лактацияда 3,61-3,72% болды.

Бақылау тобында сауын ешкілер сүтінің майлылығы 4,05-4,30% аралығында, ал ақуыз мөлшері 3,51-3,56% деңгейін құрап, «Молочный мастер» препаратының 1кг тірідей салмағына 0,75мг алған сауын ешкілерден 1,5% майлылығы және 0,24% ақуыз төмен дәрежеде болды.

Қорыта айтқанда, Оңтүстік Қазақстан өңірінде өсірілетін жергілікті ешкілердің сүт өнімділігін арттыруда «Молочный мастер» препаратын сауын ешкілерге 1кг тірідей салмағына 0,75 мг мөлшерде қолдану өте тиімді.



2-сурет – Пробиотиктерді қолдану сызба нұсқасы

1-кесте – Жергілікті сауын ешкілердің сүт өніміне пробиотиктерді қолданудың нәтижесі.

Атаулары		лактация	Сүт мөлшері, кг	Пробиотик мөлшері				Пробиотиксіз
				0,25 мг	0,5 мг	0,75 мг	1,0 мг	
Тәжірибе топтары	Ветом 1.1	I	Тәуліктік	1,43±0,025	1,67±0,030	1,82±0,035	1,90±0,034	-
			4 ай	171,6±0,015	200,4±0,018	218,4±0,014	228±0,02	-
		II	Тәуліктік	1,58±0,021	1,74±0,025	2,12±0,051	2,15±0,043	-
			4 ай	189,6±0,021	208,8±0,17	254,4±0,018	258±0,021	-
		III	Тәуліктік	1,60±0,035	1,78±0,031	2,02±0,028	2,08±0,030	-
			4 ай	192,6±0,019	213,6±0,018	242,4±0,017	249,6±0,016	-
	Бентобак	I	Тәуліктік	1,37±0,027	1,40±0,026	1,45±0,025	1,40±0,017	-
			4 ай	164,4±0,021	168,0±0,020	174,0±0,019	168±0,018	-
		II	Тәуліктік	1,54±0,032	1,56±0,026	1,58±0,029	1,61±0,047	-
			4 ай	184,8±0,018	187,2±0,015	189,6±0,016	193,2±0,017	-
		III	Тәуліктік	1,48±0,016	1,53±0,012	1,55±0,026	1,67±0,030	-
			4 ай	177,6±0,017	183,6±0,016	186,0±0,024	200,4±0,017	-
	Молочный мастер	I	Тәуліктік	1,82±0,036	2,15±0,061	2,49±0,024	2,35±0,070	-
			4 ай	218,4±0,015	258±0,017	298,8±0,017	282±0,017	-
		II	Тәуліктік	1,94±0,048	2,24±0,072	2,68±0,031	2,54±0,064	-
			4 ай	232,8±0,018	268,8±0,018	321,6±0,016	304,80,019	-
		III	Тәуліктік	1,83±0,092	2,08±0,059	2,55±0,052	2,52±0,079	-
			4 ай	219,6±0,021	249,6±0,020	306±0,018	302,40,019	-
	Бақылау тобы, пробиотиксіз	I	Тәуліктік	-	-	-	-	1,13±0,051
			4 ай	-	-	-	-	135,6±0,015
		II	Тәуліктік	-	-	-	-	1,34±0,022
			4 ай	-	-	-	-	160,8±0,017
		III	Тәуліктік	-	-	-	-	1,23±0,074
			4 ай	-	-	-	-	147,6±0,018

2-кесте – Жергілікті сауын ешкілердің сүт өнімінің майлылығы мен ақуыз мөлшері, %.

Атаулары		лактация	Көрсеткіштері, %	Пробиотик мөлшері				Пробиотиксіз
				0,25 мг	0,5 мг	0,75 мг	1,0 мг	
Тәжірибе топтары	Ветом 1.1	I	Майлығы	4,71	4,68	4,69	4,72	-
			Ақуыз	3,48	3,62	3,57	3,68	-
		II	Майлығы	4,73	4,78	4,79	4,80	-
			Ақуыз	3,52	3,59	3,69	3,57	-
		III	Майлығы	4,69	4,70	4,98	4,87	-
			Ақуыз	3,58	3,60	3,70	3,65	-
	Бентобак	I	Майлығы	5,32	5,33	5,41	5,47	-
			Ақуыз	3,54	3,48	3,65	3,61	-
		II	Майлығы	5,43	5,31	5,49	5,42	-
			Ақуыз	3,42	3,48	3,52	3,57	-
		III	Майлығы	5,44	5,47	5,43	5,48	-
			Ақуыз	3,48	3,59	3,64	3,70	-
	Молочный мастер	I	Майлығы	5,58	5,64	5,74	5,57	-
			Ақуыз	3,64	3,67	3,71	3,62	-
		II	Майлығы	5,69	5,65	5,77	5,55	-
			Ақуыз	3,70	3,70	3,80	3,70	-
		III	Майлығы	5,73	5,65	5,80	5,74	-
			Ақуыз	3,72	3,69	3,64	3,61	-
Бақылау тобы, пробиотиксіз	I	Майлығы	-	-	-	-	4,21	
		Ақуыз	-	-	-	-	3,56	
	II	Майлығы	-	-	-	-	4,05	
		Ақуыз	-	-	-	-	3,51	
	III	Майлығы	-	-	-	-	4,30	
		Ақуыз	-	-	-	-	3,52	

Пробиотиктерді қолдану технологиясын ешкі сүтін өндіруде оның өндірістік дамуына және экономикалық тиімділігіне әсері жоғары. Атап айтқанда, сауын кезеңдерінде ешкілерден – I лактацияда 298,8мың теңге, II лактацияда 321,6мың теңге және III лактацияда 306мың теңге бақылау тобына қарағанда (пробиотиксіз) артық табыс алынды.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде қолданылған пробиотиктердің тегіне және дозасына байланысты ешкі сүтінің сапасына оң әсер ететін пробиотик «Молочный мастер» 0,75 мг 1кг тірідей салмаққа дозасы тиімді болды.

«Молочный мастер» препаратының сауын ешкілердің 1 кг тірідей салмағына 0,75 мг мөлшері тәуліктік сүтті I лактацияда 2,49±0,024 кг, II лактацияда 2,68±0,031 кг және III лактацияда 2,55±0,052 кг жеткізіп, 4 ай сауында I лактацияда 298,8±0,017 кг, II лактацияда 321,6±0,016 кг және III лактацияда 306±0,018 кг жеткізетіндігі дәлелденді.

Пробиотиктардың тегіне байланысты сүттің майлылығы мен ақуызының ең жоғарғы көрсеткіші «Молочный мастер» препаратын

қолданғанда сүттің майлылығы I лактацияда 5,57-5,74%, II лактацияда 5,54-5,77% және III лактацияда 5,65-5,80% болса, ал ақуыз құрамы I лактацияда 3,62-3,71%, II лактацияда 3,70-3,80% және III лактацияда 3,61-3,72% болды.

«Молочный мастер» препаратын өндіріске енгізу сауын кезеңдерінде ешкілерден – I лактацияда 298,8мың теңге, II лактацияда 321,6мың теңге және III лактацияда 306мың теңге бақылау тобына қарағанда (пробиотиксіз) артық табыс алуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

1. Даулетбаев Б.С., Арынгазиев С., Саудабаев С.Б. Селекционно-технологические аспекты развития козоводства в Республике Казахстан // Проблемы стабилизации и развития сельского хозяйства Казахстана, Сибири и Монголии: Тезисы докл., Первая книга-Алматы, РНИ «Бастау», 2000, – С. 50с
2. Ерохин А.И. Разведение овец и коз. – М.:Астрель,2004.- 116с.
3. Содержание овец и коз. – Донецк: Сталкер,2002. – 87с.
4. Чикалёв А.И. Козоводство / А.И. Чикалёв, Ю.А Юлдашбаев / М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012-70ст
5. Учебное пособие / Л.П. Москаленко, О.В. Филинская. Ярославль: ФГОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2011.- 197 с
6. Aryngaziev S. Downy goats in Kazakhstan // Newsletter of the European fine fibre Network. – 1998.-n3, P. 13-15.
7. ҚР СТ 1 Племяников А.Г., Арынгазиев С. Рост скелетной мускулатуры у грубошерстных и советских шерстных коз // Вестник с.-х. науки Казахстана. – Алматы, 2000. – № 9, С. 38-
8. Саудабаев С.Б., Арынгазиев С., Нурмаханбетов Д.М. Шерстные козы юга и юго-востока Казахстана // Вестник с.-х. науки Казахстана.-Алматы, 1995. -№2, С. 144-149.
9. Юлдашбаев, Колосов, Салаев: Современные технологии содержания овец и коз. Учебное пособие для вузов. Лань, 2021. С. 45-49
10. 39.733-2007 Сүт және сүт өнімдері. Жалпы техникалық шарттары.

References

1. Dauletbaev B.S., Aryngaziev S., Saudabaev S.B. Breeding and technological aspects of the development of goat breeding in the Republic of Kazakhstan // Problems of stabilization and development of agriculture in Kazakhstan, Siberia and Mongolia: Abstracts of reports, Pervaya kniga-Almaty, RNI «Bastau», 2000, – P. 50s
2. Erokhin A.I. Breeding sheep and goats. – M.: Astrel, 2004.- 116s.
3. Keeping sheep and goats. – Donetsk: Stalker, 2002. – 87s.
4. Chikalev A.I. Goat breeding / A.I. Chikalev, Yu.A. Yuldashbaev / M.: GEOTAR-Media, 2012-70st
5. Study guide / L.P. Moskalenko, O.V. Filinsky. Yaroslavl: FGOU VPO «Yaroslavl State Agricultural Academy», 2011.- 197 p.
6. Aryngaziev S. Downy goats in Kazakhstan // Newsletter of the European fine fiber Network. – 1998.-n3, P. 13-15.
7. KR ST 1 Plemyanikov A.G., Aryngaziev S. Growth of skeletal muscles in coarse-haired and Soviet woolly goats // Vestnik s.-kh. science of Kazakhstan. – Almaty, 2000. – No. 9, S. 38-
8. Saudabaev S.B., Aryngaziev S., Nurmakhanbetov D.M. Woolly goats of the south and southeast of Kazakhstan // Vestnik s.-kh. Sciences of Kazakhstan.-Almaty, 1995. – No. 2, S. 144-149.
9. Yuldashbaev, Kolosov, Salaev: Modern technologies for keeping sheep and goats. Textbook for universities. Lan, 2021. S. 45-49
10. 39.733-2007 Milk and dairy products. General specifications.

Авторлар туралы мәлімет:

Нарша Ұлдана Әбдісатарқызы (корреспондент-автор) – М. Әуезов Атындағы Оңтүстік Қазақстан Университетінің биотехнология кафедрасының PhD докторанты (Шымкент, Қазақстан, email: dana-94n@mail.ru)
Алибаев Нурадин – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, М. Әуезов Атындағы Оңтүстік Қазақстан Университетінің биотехнология кафедрасының профессоры (Шымкент, Қазақстан, email: nuradinkz@mail.ru)
Юлдашбаев Юсупжан Артыкович – биология ғылымдарының кандидаты, Ресей Мемлекеттік Аграрлық Университет – К.А. Тимирязев атындағы Мәскеу ауылшаруашылық академиясы (Москва, Ресей, email: otidel_nauki8@mail.ru)
Бекетауов Орынбек – ғылыми докторы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университетінің биотехнология кафедрасының профессоры (Шымкент, Қазақстан, email: obeketauov@inbox.ru)

Information about authors:

Narsha Uldana Abdisatarovna (corresponding author) – PhD student at the Department of Biotechnology of South Kazakhstan University named after M. Auezov (Shymkent, Kazakhstan, email: dana-94n@mail.ru)

Alibayev Nuradin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Biotechnology of South Kazakhstan University named after M. Auezov (Shymkent, Kazakhstan, email: nuradinkz@mail.ru)

Yuldashbayev Yusupzhan Artykovich – candidate of Biological Sciences, Russian state Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev (Moscow, Russia, email: otdel_nauki8@mail.ru)

Beketauov Orynбек – Doctor of science, Professor at the Department of Biotechnology of South Kazakhstan University named after M. Auezov (Shymkent, Kazakhstan, email: obeketauov@inbox.ru)

*Келін түсті 05 наурыз 2023 жыл
Қабылданды 25 наурыз 2024 жыл*

Авторлар үшін ақпарат

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналы 1992 жылы құрылған. Журналдың құрылтайшысы және шығарушысы Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті болып табылады. Журналдың жоғары оқу орны көрсетілген мұқабасы мен титулдық парақтары, шығыс деректері, ISSN, eISSN, редакциялық алқа құрамы, редакциялық саясаты, жарияланымдық этикасы және веб-сайты бар.

Журнал жылына 4 рет шығарылады.

Журнал авторлардың жарияланымдарының ақпараттық ашықтығы және қол жетімділігі саясатына сәйкес келеді, мақалалар журналдың сайтында орналастырылады <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> үш тілде толық мәтінді қолжетімділікте

Журналдың мақсаты – экология және табиғи ресурстар саласындағы алдыңғы қатарлы зерттеулердің нәтижелері мен жан-жақты көрсетілімін қамтамасыз ету. Журнал экологиялық проблемалар мен қоршаған ортаны қорғауға ғылыми қызығушылық танытатын ғылыми қызметкерлерге, оқытушыларға, докторанттар мен түрлі мамандықтағы студенттерге арналған.

Журнал міндеттері:

- Экология және қоршаған ортаны қорғау бойынша фундаменталды және қолданбалы ғылымның түрлі салаларында маңызды мәнге ие жаңа ғылыми нәтижелерді жариялау.
- Диссертацияларды қорғауға және ғылыми мамандықтар бойынша ғылыми дәрежелер алуға үміткер магистранттар мен докторанттардың ғылыми жұмыстарының нәтижелерін кең жариялаудың ашықтығы мен қол жетімділігі ортасын құру.
- Ғылыми қоғамдастықтың, сондай-ақ жас және жаңа бастаған ғалымдардың журналға деген тұрақты қызығушылығын қалыптастыру, оның экология мәселелерін зерттейтін мамандардың кәсіби ортасында өсіп келе жатқан қажеттілігін қалыптастыру.

Журнал материалдары экология және қоршаған ортаның ластануы саласындағы проблемалардың кең ауқымын қамтиды. Мақалалар **экологияның келесі тақырыптық бөлімдері** бойынша жарияланады:

- Жер туралы ғалым;
- Қоршаған ортаны ластау және қорғау;
- Экологиялық биотехнология;
- Адам, өсімдіктер, жануарлар және микроорганизмдер экологиясы;
- Климаттың ғаламдық өзгеруі, су ресурстарын басқару;
- Бұзылған экосистемелерді қалпына келтіру;
- Қоршаған орта және көші-қон;
- Қалалар және климаттың өзгеруі;
- Экологиялық ойлау және адамзат стратегиясы.

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналының тақырыптық бағыттарына сәйкес келетін және қолжазбаны ресімдеу талаптары бойынша қатаң ресімделген, автордың (авторлардың) қазақ, орыс немесе ағылшын тілдерінде бұрын жарияланбаған мақалалары қабылданады.

«ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» журналы авторлардың ғылыми жұмысқа құқығын сақтайды және журналға бірінші жариялау құқығын жұмыспен бірге береді, оны бір уақытта Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0) бойынша лицензиялайды.

Жариялау процесінің барлық қатысушылары, атап айтқанда, әрбір автор, ғылыми редактор, рецензент, жауапты хатшы, «ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы» ғылыми журналының редакциялық алқасының мүшелері міндетті түрде жариялау этикасының қағидаларын, нормалары мен стандарттарын ұстануға міндетті. Этикалық қағидаларды сақтау ғылыми журналдың сапасын қамтамасыз ету және сақтау үшін де, жариялау процесіне қатысушылар арасында сенімді және құрметті қарым-қатынас құру үшін де маңызды.

Мақаланы жариялау төлемі тек редакцияның мақаланың қабылданған шешімі хабарламасынан кейін ғана жүргізіледі. Жарияланым құны – 2000 теңге/бет WORD форматында (шрифт 12, Times New Roman).

Реквизиттер:

«Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Индекс 050040

Мекенжайы: Алматы қаласы, Әл-Фараби даңғылы, 71

БИН 990140001154

КВЕ 16 «Бірінші Heartland Jusan Bank» АҚ

ИИК KZ19998CTB0000567141 – теңге

ИИК KZ40998CTB0000567151 – АҚШ доллары

БИК TSESKZKA

Информация для авторов

Журнал «Вестник КазНУ. Серия экологическая» был основан в 1992 году. Учредителем и издателем журнала является Казахский национальный университет имени аль-Фараби. Журнал имеет разработанные и утвержденные обложку и титульные листы с указанием вуза, выходные данные номера, ISSN, eISSN, состава редколлегии, редакционную политику, публикационную этику и веб-сайт. Журнал выпускается периодичностью 4 раза в год.

Журнал следует политике информационной открытости и доступности публикаций авторов, статьи размещаются на сайте журнала <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> на трех языках в полнотекстовом доступе.

Цель журнала – обеспечить всестороннее представление и результаты передовых исследований в области экологии и природных ресурсов. Журнал предназначен для научных сотрудников, преподавателей, докторантов и студентов различных специальностей, проявляющих научный интерес к экологическим проблемам и охране окружающей среды.

Задачи журнала:

- Освещать новые научные результаты, имеющие существенное значение в различных областях фундаментальной и прикладной науки по экологии и охране окружающей среды.
- Создавать среду открытости и доступности широкого освещения результатов научных работ магистрантов и докторантов, претендующих на защиту диссертаций и получение ученых степеней по научным специальностям диссертационных советов в различных областях экологии.
- Формировать постоянный устойчивый интерес у научной общественности, а также у молодых и начинающих ученых к журналу, его растущую востребованность в профессиональных кругах специалистов, исследующих вопросы экологии.

Материалы журнала освещают широкий круг проблем в области экологии и загрязнения окружающей среды. Статьи публикуются по следующим **тематическим разделам экологии**:

- Наука о земле;
- Загрязнение и охрана окружающей среды;
- Экологическая биотехнология;
- Экология человека, растений, животных и микроорганизмов;
- Глобальное изменение климата, управление водными ресурсами;
- Восстановление нарушенных экосистем;
- Окружающая среда и миграция;
- Экологическое мышление и стратегия человечества.

Для публикации в журнале «Вестник КазНУ. Серия экологическая» принимаются ранее не опубликованные автором (авторами) статьи на русском, казахском или английском языке, которые соответствуют тематическим направлениям журнала и оформлены строго по требованиям оформления рукописи.

Авторы статей журнала «Вестник КазНУ. Серия экологическая» сохраняют за собой право автора на научную работу и передают журналу право первой публикации вместе с работой, одновременно лицензируя ее по лицензии Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0).

Все участники процесса публикации, а именно, каждый автор, научный редактор, рецензент, ответственный секретарь, члены редакционной коллегии научного журнала «Вестник КазНУ. Серия экологическая» обязаны безусловно придерживаться принципов, норм и стандартов публикационной этики. Соблюдение этических принципов является важным как для обеспечения и поддержания качества научного журнала, также и для создания доверительных и уважительных отношений между участниками процесса публикации.

Оплата производится только после принятия статьи к публикации и сообщения редакции. Стоимость публикации – 2000 тенге/страница в формате WORD (шрифт 12, Times New Roman).

Реквизиты:

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби»

Индекс 050040

Адрес: г. Алматы, пр. аль-Фараби 71

БИН 990140001154

КБЕ 16 АО «First Heartland Jýsan Bank»

ИИК KZ19998СТВ0000567141 – тенге

ИИК KZ40998СТВ0000567151 – USD

БИК TSESKZKA

Information for authors

Journal «Vestnik KazNU. Ecological Series» was founded in 1992. In 2007 was renamed as «**Eurasian Journal of Ecology**» (in the English version). The founder and publisher of the journal are the Al-Farabi Kazakh National University. The journal has a developed and approved cover and title pages with an indication of the institution, imprint of the issue, ISSN, eISSN, editorial board, editorial policy, publication ethics, and website. The journal is published 4 times a year.

The journal follows the policy of information openness and accessibility of authors' publications, articles are posted on the journal's website <https://bulletin-ecology.kaznu.kz> in three languages in full-text access.

The aim of the journal is to provide a comprehensive presentation and results of cutting-edge research in the field of ecology and natural resources. The journal is intended for researchers, teachers, doctoral students, and students of various specialties who show scientific interest in environmental problems and environmental protection.

Journal objectives:

- To highlight new scientific results of significant importance in various fields of fundamental and applied science in ecology and environmental protection.
- To create an environment of openness and accessibility of wide coverage of the results of scientific work of undergraduates and doctoral students applying for the defense of dissertations and obtaining academic degrees in scientific specialties of dissertation councils in various fields of ecology.
- To form a constant stable interest among the scientific community, as well as among young and novice scientists in the journal, its growing demand in professional circles of specialists researching environmental issues.

The journal's materials cover a wide range of problems in the field of ecology and environmental pollution. Articles are published in the following thematic sections of ecology:

- Earth Science;
- Pollution and environmental protection;
- Environmental biotechnology;
- Ecology of humans, plants, animals and microorganisms;
- Global climate change, water resources management,
- Restoration of damaged ecosystems;
- Environment and migration;
- Cities and climate change;
- Environmental thinking and human strategy.

For publication in the «Eurasian Journal of Ecology» articles previously unpublished by the author (authors) are accepted – in Kazakh, Russian or English, which correspond to the thematic areas of the journal and are designed strictly according to the requirements of the manuscript format.

Authors of articles in the «Eurasian Journal of Ecology» retain the author's right to scientific work and transfer to the journal the right of first publication along with the work, licensing it at a time under the Creative Commons Attribution License (CC BY-NC-ND 4.0).

All participants in the publication process, namely, each author, scientific editor, reviewer, executive secretary, members of the editorial board of the scientific «Eurasian Journal of Ecology» are obliged to unconditionally adhere to the principles, norms and standards of publication ethics. Compliance with ethical principles is important both to ensure and maintain the quality of a scientific journal, and also to create trust and respect between participants in the publication process.

Payment is made only after the article is accepted for publication and the editors have notified it. Publication cost – 2000 tenge/page in WORD format (font 12, Times New Roman)

Requisites:

Non-profit joint-stock company «Al-Farabi Kazakh National University»
Index 050040
Address: Almaty, Al-Farabi Ave. 71
BIN 990140001154
KBE 16 JSC «First Heartland Jusan Bank»
IHK KZ19998CTB0000567141 – tenge
IHK KZ40998CTB0000567151 – USD
BIC TSESKZKA

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protectiony	Раздел 1 Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
<i>M.K. Iklasov, S.T. Nurtazin, I.S. Galymzhanov, S.A. Mankibaeva, A.A. Asylbekova, A.E. Orazov</i>		
Influence of natural and anthropogenic factors on the digression of mountain pastures of the Assy plateau 4		
<i>Ш.С. Аманова</i>		
Группировка городов вдоль реки Араз по экологическому состоянию 16		
<i>F.K. Nurbayeva, A.K. Serikbayeva, M.M. Abdibattayeva, Zh.T. Uysimbayeva</i>		
Research on quantitative evaporation of water from the Koshkar-Ata tailing dump 26		
<i>N.Zh. Omirbekova, A.Zh. Omirbek, A. Sviderskiy, Y. Ibrayeva, Zh. Zhanbolat, A. Kaziyev and A.I. Arislanova</i>		
Effectiveness of the Denite®CR for biological recultivation of heavy metals contaminated soil 36		
<i>B.U. Sharipova, A.A. Kakabayev, N.V. Baranovskaya, G.E. Baikenova, A.A. Zhumabayeva</i>		
Elemental composition of the ash of poplar leaves as an indicator of technogenesis on the example of the territory of South Kazakhstan 45		
2-бөлім Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health	Раздел 2 Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения
<i>К.Ж. Дакиева, Г.Е. Саспугаева, Ж.Б. Тусупова, С. Құмарбекұлы, З.К. Тунғышбаева</i>		
Влияние пыли титанового шлака на биохимические и морфологические показатели в эксперименте 54		
<i>М.Н. Темирбекова, З.А. Туkenova, Д.О. Тамабай</i>		
Химико-аналитическое и биоиндикативное исследование водных ресурсов и почв города Алматы 67		
3-бөлім Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
<i>A.B. Altekey, A.A. Saparbekova, A.D. Matchanov, N.R. Molodkina, A.A. Esimkulova</i>		
Induction of ligninolytic enzymes of the fungus <i>Schizophyllum Commune</i> 82		
<i>K.T. Abidkulova, D.M. Almabek, A.A. Ivashchenko, N.M. Mukhitdinov, N.V. Kurbatova, B.A. Turalin, L.N. Karasholakova</i>		
Herbarium as tools in study of plant distribution and ecology (on the examples of Kazakh species of <i>Leontice</i> and <i>Gymnospermium</i>) 90		
<i>B.T. Berdikulov, A.E. Gavrillov, Song Gang, E.V. Akentyeva</i>		
Analysis of environment use and behavior of <i>Bubo Bubo</i> in the Western Tien Shan, Shakpak pass using GPS/GSM telemetry 100		
<i>S.N. Seilbek, A. Konisbai, N.R. Akmukhanova, B.K. Zayadan, A.B. Yelamanova, I.B. Abibullayeva, N.E. Bidagulova</i>		
Algoflora biodiversity of the Sorbulak sedimentation lake and the release of toxin-producing cyanobacteria 109		

<i>Л.В. Игнатова, Е.В. Бражникова, А.А. Омирбекова, С.Н. Омарова, Н.К. Туланова, Р.Ч. Шамсутдинов, Ж.К. Уразова</i> Подбор питательной среды и условий культивирования микроорганизмов для синтеза полигидроксиалканоеата	120
<i>Ү.Ә. Нарша, Н.Н. Алибаев, Ю.А. Юлдашбаев, О. Бекетауов</i> Оңтүстік Қазақстан өңірінде өсірілетін жергілікті ешкі тұқымының сүт өнімділігін пробиотиктар қолдану арқылы арттыру технологиясы	129
Авторлар үшін ақпарат	138
Информация для авторов	139
Information for authors	140