

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

№2 (71)

Алматы
«Қазақ университеті»
2022



KazNU Science • ҚазҰУ Ғылымы • Наука КазНУ

ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №2 (71) маусым



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

Юрикова О.Ю., PhD, ст.преподаватель,
E-mail: oksana.yurikova@kaznu.edu.kz (Қазақстан)

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)
Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Шалахметова Т.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кенжебаева С.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Атабаева С.Дж., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Садырова Г.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Абилев С.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Тажиева Т.Л., б.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

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

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Ахметова Г.А., оқытушы (Қазақстан)

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



Комитет по обеспечению качества
в сфере образования и науки
МОН РК



РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index



Жоба менеджері

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

Компьютерде беттеген

Айгүл Алдашева

Пішімі 60x84/8. Көлемі 9,3 б.т.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.
«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында
басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2022

Журнал авторлық редакциямен жарыққа шықты

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**

**E. Kholmatov¹, A.Kh. Karimov^{2,*} ,
R. Kurbantaev³, Kh.Kh. Kushiev⁴**

¹Technological Institute, Uzbekistan, Tashkent

²National Research University, Tashkent Institute of Irrigation
and Agricultural Mechanization Engineers, Uzbekistan, Tashkent

³Institute of Soil Science of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan, Tashkent

⁴Gulistan State University, Uzbekistan, Gulistan

*e-mail: akmalkarimov040@gmail.com

ASSESSMENT OF EVAPOTRANSPIRATION OF LICORICE UNDER SALINE ENVIRONMENTS: CASE STUDY FROM GALABA FARM, UZBEKISTAN

Land salinization is widespread in countries of the arid zone, including in the Aral Sea basin, where 4 million hectares of irrigated land are salt-affected, causing high economic losses. Current saline soil reclamation practices include soil leaching and deep drainage to remove excess water outside the irrigated zone. Growing pressure on limited water resources makes this practice ineffective. An alternative is biological methods of salinity control, which are not widely used in the region. In this study, the licorice plant was considered a potential crop for restoring the fertility of salt-affected soils. The study has two objectives: (1) to assess evapotranspiration from licorice fields, and; (2) to track changes in soil chemical properties as affected by the cultivation of licorice on irrigated land. The results of the study indicate high evapotranspiration from licorice fields under irrigation. The total amount of soluble salts may increase in the soil profile; however, after more than 10 years of cultivation of the crop, no accumulation of toxic salts has occurred and there was no deterioration in the chemical and water-physical properties of soils, while at the same time soil fertility has increased.

Key words: Soil salinization, Aral Sea basin, licorice, biological reclamation, soil fertility.

E. Холматов¹, А.Х. Каримов^{2,*}, Р. Курбантаев³, Х. Кушиев⁴

¹Технологиялық институт, Ўзбекистон, Ташкент қ.

²Ұлттық зерттеу университеті, Ташкент ауыл шаруашылығын ирригациялау
және механикаландыру инженерлері институты, Ўзбекистон, Ташкент қ.

³Ўзбекистон Республикасы Ғылым академиясының Топырақтану институты, Ўзбекистон, Ташкент қ.

⁴Гулистан Университеті, Ўзбекистон, Гулистан қ.

*e-mail: akmalkarimov040@gmail.com

Мия алқаптарында жер бетіндегі булану және өсімдіктердің транспирация кезінде болатын булануды бағалау: Ғалаба шаруа фермасының мысалында, Ўзбекистан

Жердің тұздануы құрғақ шөлді елдерінде, оның ішінде Арал теңізі бассейнінде кең таралған, онда 4 миллион гектар жер тұзды, бұл үлкен экономикалық шығындарға әкеледі. Тұзды топырақты мелиорациялаудың қазіргі әдістері: топырақты терең дренаж аясында жуу және суармалы аймақтан тыс коллекторлық – дренаждар арқылы шығарып тастау. Су ресурстары тапшылығы өсуі жағдайында бұл әдіс тиімсіз болып тұр. Тұздануға қарсы қолайлы биологиялық әдіске өту қажет, бірақ бұл әдіс өкінішке орай аймақтарда кең таралмаған. Бұл зерттеуде мия тамыры тұзды топырақтың құнарлығын қалпына келтірудің ықтимал өсімдігі ретінде қарастырылады. Зерттеудің екі мақсаты бар: (1) мия алқаптарында эвапотранспирацияны бағалау және; (2) суармалы жерлерде мия тамырын өсірудің әсерінен топырақтың химиялық қасиеттерінің өзгеруін бақылау. Зерттеу нәтижелері мия алқаптарын суару жағдайында қарқынды эвапотранспирация процессін көрсетеді. Топырақ профилінде еритін тұздардың жалпы мөлшері баяу артуы мүмкін; алайда, дақылдарды өсірудің 10 жылдан астам уақытында улы тұздардың жиналуы және топырақтың химиялық және су-физикалық қасиеттерінің нашарлауы болған жоқ, сонымен бірге топырақтың жоғарғы қабатындағы қарашірік мөлшері артты.

Түйін сөздер: топырақтың тұздануы, Арал теңізі бассейні, мия тамыры, биологиялық мелиорация, топырақ құнарлылығы.

Э. Холматов¹, А.Х. Каримов^{2*}, Р. Курбантаев³, Х. Кушиев⁴

¹Технологический институт, Узбекистан, г. Ташкент

²Национальный Исследовательский Университет, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Узбекистан, г. Ташкент

³Институт Почвоведения Академии наук Республики Узбекистан, Узбекистан, г. Ташкент

⁴Гулистанский Университет, Узбекистане, г. Гулистан

*email: akmalakarimov040@gmail.com

Оценка эвапотранспирации с полей лакрицы: на примере Хозяйства Галаба, Узбекистан

Засоление земель широко распространено в странах аридной зоны, в том числе в бассейне Аральского моря, где 4 миллиона га орошаемых земель засолены, что ведёт к большим экономическим потерям. Текущие методы мелиорации засоленных почв включают промывку почв на фоне глубокого дренажа и отвод коллекторно-дренажного стока за пределы орошаемой зоны. В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов эта практика становится неэффективной. Альтернативой являются биологические методы борьбы с засолением, которые к сожалению не получили пока широкого распространения в регионе. В этом исследовании лакрица рассматривалась как потенциальная культура для восстановления плодородия засоленных почв. Исследование преследует две цели: (1) оценить эвапотранспирацию с полей лакрицы, и; 2) проследить изменение химических свойств почвы под влиянием выращивания лакрицы на орошаемых землях. Результаты исследования свидетельствуют об интенсивной эвапотранспирации с полей лакрицы в условиях орошения. В почвенном профиле может медленно увеличиваться общее количество растворимых солей; однако за более чем 10 лет возделывания культуры не произошло накопления токсичных солей и ухудшения химических и водно-физических свойств почв, в то же время содержание гумуса в верхнем слое почвы увеличилось.

Ключевые слова: Засоление почв, бассейн Аральского моря, лакрица, биологическая мелиорация, плодородие почв.

Introduction

One of the main reasons for the low productivity of 424 million (mln) hectares (ha) of topsoil in the world is soil salinization (FAO, 2005; UN General Assembly, 2015). Soil salinization is widespread in India, Pakistan, Egypt, the western states of the USA, and in the Aral Sea basin (Stavi et al., 2021). The area of the irrigated land in the Aral Sea basin is 7.9 million ha, of which 28.5%, or 2.25 million ha, are subject to moderate or severe salinity. Pankova E.I. (2016) summarized previous studies in the basin and made several important conclusions about causes of land salinization. She noted that before the intensive irrigation of lands in the middle of the 20th century, automorphic soils did not experience the active modern salt accumulation, although the soils had easily soluble salts in their profile. Under natural conditions, only hydromorphic soils experienced the process of salt accumulation. After developing the virgin land in mid-20th century, because of low efficiency of water distribution and use in conditions of insufficient natural drainage, automorphic soils pass into the rank of irrigated-hydromorphic soils, subject to soil secondary salinization. According to Karlykhanov and Toktaganova (2016), soil salinity is a major cause of unsustainability in farming in the

lower reaches of the Amudarya River. Reclamation of secondary saline lands under irrigation has required their artificial drainage and intensive leaching practices using extra water resources. Increasing the water resources shortages makes it difficult to supply the additional water for leaching salts.

Another strategy is to adopt advanced irrigation technologies, such as sprinkler or drip irrigation. This measure intended to improve on-farm irrigation and off-farm water distribution efficiencies, can reduce groundwater recharge and gradually lower the groundwater table. This long-term strategy is not enough alone to deal with salinity issue and it has significant barriers to be solved. For example, it requires significant investments from the countries of Central Asia to make wide-scale irrigation modernization possible. This approach to salinity management is itself a big issue and as shows the experience of Spain and other European states, implemented such projects, the intended objectives may not be delivered (Berbel et al., 2019).

The third strategy discussed in this paper is the use of bio-reclamation methods. Salt-tolerant crops with a deep root system are able to intensively transpire the available soil moisture and groundwater, thereby reducing the level of groundwater, as well

as improving the water-physical and chemical properties of soils. One of such crops is licorice. Despite the great interest in this crop due to the numerous products that can be obtained from it, its water regime on irrigated lands has not been studied enough, which is the main objective of this study.

There is 4 million (mln) hectares (ha) of salt-affected land in the Aral Sea basin. Salinity management practices on these lands include intensive soil leaching and deep drainage to remove excess water outside the irrigated area. Growing pressure on limited water resources makes these practices inefficient. An alternative is biological methods to combat land salinization, which have not been widely applied in the region. At the same time, many studies indicate that biological methods can reduce soil salinity levels and improve land productivity.

Licorice is one of the native perennial plants that grow in the salt-affected environments. Long-term studies have shown that the introduction of this plant into the agricultural land can contribute to obtaining a crop from abandoned unproductive lands, improve soil's physical properties and increase the biological activities of soils. On irrigated lands with shallow 1.5–2.5 m groundwater table, deep roots of the plant reaches the groundwater, intensively pump out water and transpire it to form big biomass, and at the same time lower the groundwater level and perform the biological drainage. Of particular interest are the studies that took place in the farm Galaba, Bayaut district, Uzbekistan.

In 2007, an alliance of farmers in cooperation with the Gulistan State University and the International Water Management Institute established on a 100 ha licorice site on abandoned lands of the farm. This was preceded by the experiment of the farmer who grew licorice on abandoned lands on an area of 4 ha. The farmer started growing the native plant on the abandoned land and after three years has found, that the groundwater table went down and soil salinity is reduced. After harvesting the roots of licorice in the 4th year, he sowed cotton seeds and received more than 2 t/ha of raw cotton (Kushiev et al., 2015). Following this experiment, the group of the farmers planted the licorice roots on 100 ha area which allowed them to lower the groundwater level and arrest soil salinization. The outcome of these efforts was establishing a joint venture near the farm for the production of a primary extract from the licorice roots for the subsequent extraction of glycyrrhizin acid.

Even though the beneficial properties of licorice have been well studied, the amount of

evapotranspiration of this crop on irrigated lands remains uncertain, which complicates the planning of its irrigation. The goal of this study is to promote licorice-based bioremediation of salt-affected soils. The research objective is two-fold: (1) assessment of evapotranspiration from licorice fields, and; (2) to track changes in soil chemical properties as affected by the cultivation of licorice on irrigated land.

Materials and research methods

The studies were carried out in the Galaba farm, Bayaut district, Syrdarya region. Climatic conditions are typical for arid environments with hot summers when the air temperature rises to 40°C, and warm winters, when the air temperature is in the range of (-5°C)...(+5°C). The amount of the annual effective precipitation in some years drops below 100 mm. There is a strong wind in the spring season from east to west and in the autumn from west to east. The soils of the farm are compacted heavy and medium loams by texture with medium and high degrees of topsoil salinity. The soil has a high content of coarse silt fraction (particles 0.05-0.01 mm), varying from 24 to 50% in the upper soil layer of 0-50 cm. Groundwater is 2.5-3.0 m deep and has total dissolved solids above 5000 mg/l.

The main objective of the study was to estimate the evapotranspiration (ET) of licorice plants under irrigation as affected by the age of the plants. Crop ET was studied at the representative plot (N – 40°22'38.8''; E – 68°50'54.7''). From 1 March to 1 November 2020 soil samples were collected twice per month to determine soil moisture content. Soil samples were collected from soil intervals of 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75, 75-90, 90-120, 120-160 cm and 160 -200 cm and below after each 50 cm. Soil moisture content was determined by the drying method. From the same depths, soil samples were collected for chemical analyses including total soluble solids (TSS) and organic matter (humus). Soil texture is determined in laboratory conditions. Soil bulk density is determined using the cylinder method. Chemical analyses of soil samples included: determining electro-conductivity of soil water solution of 1:5; anions of HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , and cations of Na^+ , Ca^{+2} , and Mg^{+2} ; exchangeable cations of Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , and; humus content. The humus content is determined using the Tyurin method. Soil properties are compared with data for 2014 (Kurbantaev et al., 2014), given for the same site.

Crop ET is calculated using FAO method (Allen et al., 1998). Reference ET is estimated using

Penman-Montheith method. Crop ET adjusted is calculated using formula as follows:

$$ETa = (Ks * Kcb + Ke) * ETo$$

ETa – crop ET adjusted, ETo – reference ET, Ks – stress coefficient, Kcb – crop coefficient, Ke – evaporation coefficient from wet soil.

FAO Irrigation and Drainage Paper 56 (Allen et al., 1998), a standard procedure is applied to compute actual crop evapotranspiration under standard and non-standard (stressed) conditions. Crop ET is estimated using the excel-sheet developed by Allen et al. (1998). In the spreadsheet, the root zone is treated as a single layer from which water is depleted by the crop. Since crop coefficient was not available for licorice, in this study, the crop coefficient for licorice is taken to be equal to the crop coefficient for alfalfa, the other widespread legume crop. Soil crop cover, crop height, and root depth are taken from the field studies for different phases of the crop development. Following indicators, expressing the impact of soil alkalinity on soil physical properties are calculated using results of chemical analyses of soil water solution 1:5:

1) Sodium adsorption ratio (Wascom et al., 2010):

$$SAR = Na^+ / (Ca^{+2} + Mg^{+2})^{0.5}$$

This indicator accounts for changes in soil filtration properties. If SAR exceeds 13 this indicates poor filtration properties of the soil and potentially, soil physical properties may affect crop evapotranspiration and biomass.

2) Ratio of concentration of Mg^{+2} to Ca^{+2} . If $Mg^{+2} / Ca^{+2} > 1$ then the soil has excessive Mg^{+2} -ion that also can affect soil filtration properties and reduce crop ET and biomass.

3) Percentage of exchangeable sodium in cation exchange capacity (Corwin и др., 2007)

$$ESP = Na^+ / CEC * 100\%$$

where Na^+ – exchangeable sodium in mg-equ/100g of dry soil, CEC – cation exchange capacity, in mg-equ/100g d.s.

If $ESP > 15\%$ it indicates poor filtration properties of soils.

Results and their discussion

1. Evapotranspiration from licorice fields

For the period of 1.03.2020 through 31.10.2020, reference ETo amounted to 1109 mm, crop standard ETc 1272 mm, and crop adjusted $ETca$ 1009 mm (figure 1). Crop $ETca$ was 20% less than optimal ETc , which indicates a negligible influence of soil salinity levels on crop evapotranspiration.

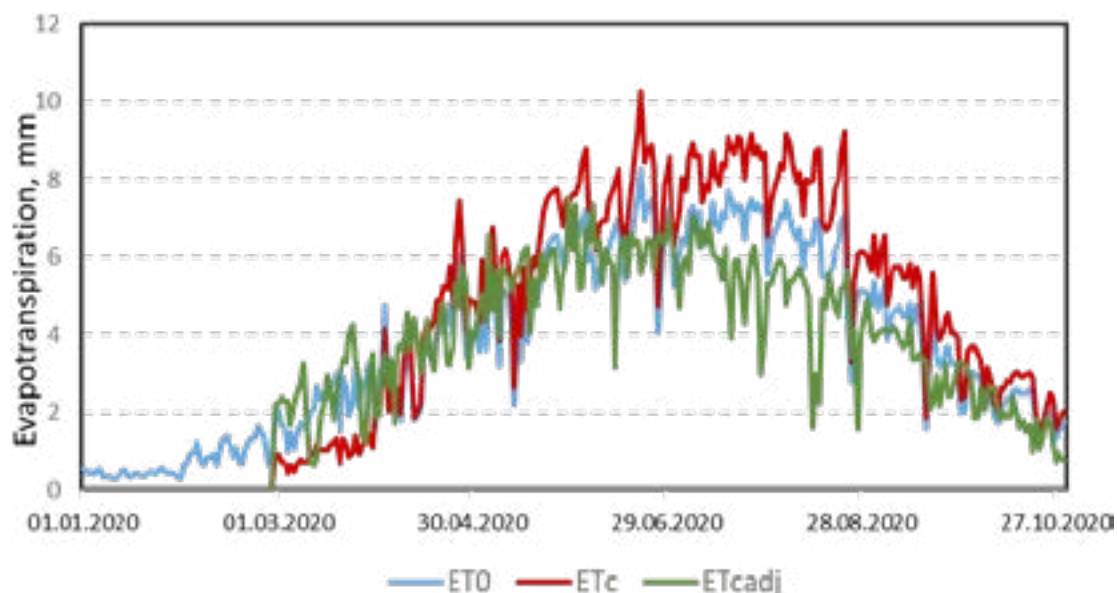


Figure 1 – Reference ETo , crop standard ETc and crop adjusted $ETca$ for licorice estimated for the period of 1.03.2020 through 31.10.2020. Galaba farm

2. Changes of soil chemical properties under licorice plants

Changes in soil chemical properties under licorice plants of different ages studied in 2014 are given in Table 1 (modified from Kurbantaev et al, 2015).

The field data presented in Table 1 indicated reducing soil salinity levels, low risk of soil alkalinity increase, and improved soil organic matter content under licorice plantations. Soil SAR under the licorice plantations was less than under the cotton field and significantly below the threshold

level, when occurs degradation of soil physical properties. The EC value showed that the soil salinity level reduced from low-saline to non-saline under the licorice. At the same time, abandoned soils were moderate saline in the top 0-15 cm layer. Ratio Mg^{2+}/Ca^{2+} was less than 1 which indicated no negative impacts of Mg^{2+} ions on soil filtration properties. These results showed that soil physical properties were favorable for growing licorice, and had no negative impact on licorice crop ET and biomass. These findings were confirmed by the field studies in 2020 (Table 2).

Table 1 – Selected soil chemical properties in top 0-50 cm soil layer as affected by the age of licorice plants. 2014. Galab farm

Age of licorice, years	Soil layer, cm	EC dS/m	Cl/SO ₄ ²⁻ [–]	Mg ²⁺ /Ca ²⁺ [–]	SAR [–]	Humus %
1	0-30	1.91	0.15	0.63	0.60	0.6
1	30-53	3.02	0.33	0.72	1.11	0.4
4	0-30	1.55	0.35	0.99	4.24	1.64
4	30-50	2.20	0.56	0.34	2.19	0.4
6	0-20	1.61	0.11	0.71	0.80	0.74
6	20-40	1.48	0.10	0.43	0.70	0.34
10	0-30	0.81	0.08	0.33	0.06	1.5
10	30-50	0.85	0.09	0.25	0.48	0.81
Cotton	0-35	0.65	0.18	0.49	1.13	0.93
Cotton	35-56	0.34	0.17	0.66	0.74	0.38
Abandoned soils	0-35	5.70	0.26	0.33	1.63	0.72
Abandoned soils	35-60	3.20	0.29	0.35	1.08	0.25

Notes: EC – electrical conductivity; SAR –sodium adsorption ratio

The field data from 2020 indicate minor increasing total soluble solids in the topsoil; however, none of the indicators considered show negative impacts of soil chemical properties on soil physical properties. For example, there are reductions in Cl/SO₄²⁻ and Mg²⁺/Ca²⁺ ratios, and SAR. Moreover, the humus content in the top

0-15 cm soil profile is increased from 1.03% under 3-years old plants to 1.58% under 5-years old and 1.86% under over 10-years old plants. The data presented for two consequent periods indicates no degradation of soil chemical properties and negative effect of soil chemical properties on licorice ET and biomass in long run.

Table 2 – Selected soil chemical properties in top 0-50 cm soil layer as affected by the age of licorice plants. 2020. Galaba farm

Age of licorice, years	Soil layer cm	EC dS/m	Cl/SO ₄ ²⁻ [–]	Mg ²⁺ /Ca ²⁺ [–]	SAR [–]	Humus %
3	0-15	1.61	0.36	0.79	1.59	1.03
3	15-30	1.67	0.24	0.80	1.29	0.70
3	30-50	1.26	0.25	0.76	0.97	0.53
5	0-15	2.19	0.34	0.66	1.95	1.58

Continuation of the table

Age of licorice, years	Soil layer cm	EC dS/m	Cl/SO ₄ ²⁻ [–]	Mg ⁺² /Ca ⁺² [–]	SAR [–]	Humus %
5	15-30	2.33	0.12	0.43	0.96	0.91
5	30-50	2.07	0.10	0.42	0.82	0.30
10	0-15	3.20	0.15	0.52	1.59	1.86
10	15-30	2.70	0.09	0.31	0.79	0.70
10	30-50	3.20	0.06	0.28	0.61	0.38

A comparison of the soil chemical properties for 2014 and 2020 showed a bioremediation effect of licorice. There were no signs of degrading soil's physical properties, and the redistribution of soluble solids in the soil profile was compensated by increasing the organic matter content in the topsoil.

Conclusions

Licorice can contribute to the bioremediation of salt-affected soils. This legume crop accumulates a significant amount of nitrogen in the top 0-50 cm soil layer, which is a base for forming high biomass and gradual increase humus content in the soil profile. High biomass and the deep-rooting system indicate a high transpiration rate. Crop evapotranspiration under optimal conditions amounts to 12,000 m³/

ha, while crop adjusted evapotranspiration exceeds 10,000 m³/ha. There is indicated a gradual increase of total soluble solids in the topsoil profile; however, the content of the toxic solids is reduced. There were no degradation of soil physical or chemical properties and no negative impacts of soil salinity on crop evapotranspiration and formation of biomass. The results of this study show that licorice, with its bioremediation and bio-drainage capabilities, is a suitable crop for creating a fully circular water use system on irrigated lands prone to salinity. The estimates of crop evapotranspiration were based on the assumption that the crop coefficient for licorice is the same as for alfalfa. Further studies are needed to refine the crop coefficient for licorice. It is expected that the actual crop coefficient for licorice is higher than accepted in this study.

References

1. Stavi I., Thevs N., and Priori S. Soil salinity and sodicity in drylands: a review of causes, effects, monitoring, and restoration measures. *Frontiers in Environmental Science*, Vol. 9 (2021): 712831.
2. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. In *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56* (1998). Rome, Italy, pp. 300.
3. FAO/UNESCO. *Soil Map of the World*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1974.
4. Corwin D.L., Rhoades J.D., Simunek J. Leaching requirement for soil salinity control: Steady-state versus transient models. *Agricultural water management*, 90 (2007):165–180.
5. Corwin D. L., Yemoto, K. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 84 (2020), 1442–1461. doi:10.1002/saj2.20154.
6. Shahid S. A., Zaman M., and Lee H. *Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem*. Dubai: ICBA, 2018.
7. Ehlers L., Barnard J.H., Dikgwatlhe S.B., Van Rensburg L.D., Ceronio G.M., Du Preez C.C., and Bennie A.T.P. Effect of Irrigation Water and Water Table Salinity on the Growth and Water Use of Selected Crops. WRC Report No. 1359 (2007). Water Research Commission, Pretoria, South Africa.
8. FAO. Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt-affected Soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management Service. 2005. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>.
9. Keesstra S.D., Bouma J., Wallinga J., Tittonell P., Smith P., Cerdà A., Montanarella L., Quinton J.N., Pachepsky Y., van der Putten W.H., et al. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *SOIL*, 2 (2016), 111–128.
10. Kurbantayev R., Karimov A.Kh., Solieva N., Prathapar A. Influence of licorice cultivation on water-physical and chemical properties of low-fertility soils. In *Reclamation of saline lands and licorice*. (In Russian). Edited by Karimov A, P. 68-115. Tashkent – University, 2015.
11. Kushiev H., Noble A., Ibrahimov M., Karimov A.Kh., Kenzhaev H. Reclamation of saline, abandoned irrigated lands of the Syrdarya region using licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). In *Reclamation of saline lands and licorice*. (In Russian). Edited by Karimov A, P. 46-66. Tashkent – University, 2015.

11. Waskom R.M. Bauder T.A., Davis J.G., and Cardon G.E. Diagnosing saline and sodic soil problems. Colorado State University Extension Fact Sheet # 0.521. 2010.
12. United Nations General Assembly. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*; United Nations General Assembly: New York, NY, USA, 2015.
13. Arora S., Mehta R. Halophilic microbes for bio-remediation of salt affected soils. *African Journal of Microbiology Research*. Vol. 8(2014):33: 3070-3078. DOI: 10.5897/AJMR2014.6960.
14. Hossain S. Present Scenario of Global Salt Affected Soils, its Management and Importance of Salinity Research. International Research Journal of Biological Sciences. *Int. Res. J. Biol. Sci.*, 1(2019):1: 1-3.f
15. Kushiev Kh., Noble A. Abdullaev I., and Toshbekov U. Remediation of Abandoned Saline Soils Using Glycyrrhiza glabra: A Study from the Hungry Steppes of Central Asia. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 2005.
16. Qadir M., Noble A.D., Qureshi A.S., Gupta R.K., Yuldashev T., and Karimov A. Salt-induced land and water degradation in the Aral Sea basin: A challenge to sustainable agriculture in Central Asia. *Natural Resources Forum*. 33 (2009) : 134–149.
17. Pankova E.I. Salinization of irrigated soils in the Central Asian region: old and new problems. *Arid ecosystems*, Vol. 22 (2016): 4/69: 21-29.
18. Berbel J., Expósito A., Gutiérrez-Martín C., & Mateos L. Effects of the irrigation modernization in Spain 2002–2015. *Water Resources Management*, 2019, Vol. 33 (2019):5: 1835-1849.
19. Karlykhanov O.K., Toktaganova G.B. The assessment of irrigated land salinization in the Aral Sea Region. *International journal of environmental & science education*. Vol. 11 (2016), No. 15: 7946-7960.
20. Helalia, A.M., El-Amir, S., Abou-Zeid, S.T. and Zaghloul, K.F. Bio-reclamation of salinesodic
21. soil by Amshot grass in northern Egypt. *Soil and Tillage Research*. Vol. 22 (1992): 109–115.
22. Dontsova, K.M, Norton, L.D. Clay dispersion, infiltration and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Science*. 167 (2002): 184–193.
23. Dukhovny, V.A. Drainage in Central Asia. In: International Conference Report on Towards a Strategy for Sustainable Irrigated Agriculture with Feasible Investment in Drainage, Aral Sea Basin, Central Asia, 2005, 10–13 March 2004, Tashkent, Uzbekistan, pp. 25–30.
24. Khamzina, A., Lamers, J.P.A., Martius, C., Worbes, M., and Vlek, P.L.G., 2006. Potential of nine multipurpose tree species to reduce saline groundwater tables in the lower Amu Darya river region of Uzbekistan. *Agroforestry Systems*. Vol. 68 (2006): 151–165.
25. Khamzina, A., 2006. The assessment of tree species and irrigation techniques for afforestation of degraded agricultural landscapes in Khorezm, Uzbekistan, Aral Sea Basin, ZEF — *Ecology and Development Series*, No. 39 (2006), Cuvillier Verlag Gottingen, Germany.
- Karimov, A., Qadir, M., Noble, A., Vyshpolsky, F., Anzelm, K., 2009. The development of magnesium-dominant soils under irrigated agriculture in southern Kazakhstan, *Pedosphere*. Vol. 19 (2009):3: 331-343, [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(09\)60124-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(09)60124-7).

МРНТИ 87.26.27

<https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v71.i2.02>

Л.С. Болуспаева^{1*}, А.Б. Абжалелов¹,
Е.Ж. Битманов¹, С.А. Бакин²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

²С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан, Өскемен қ.

*e-mail: boluspaeva82@mail.ru

ӨСКЕМЕН АУМАҒЫНДА ӨСІРІЛГЕН КӨКӨНІС ДАҚЫЛДАРЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Бұл зерттеу жұмысында өнеркәсіптік қала аумағында өсірілген көкөніс дақылдарына экологиялық баға берілген. Химиялық талдауға картоп түйнегі, қызылша тамыры, сәбіз, орамжапырақ және қызанақ іріктелді. Сынамалар қаланың ластану деңгейі әртүрлі аймақтарынан алынды – солтүстік индустриялық аймақтан, солтүстік-шығыс өнеркәсіптік аймақтан, орталық тұрғын үй аймағынан, қала маңындағы аймақтан. Көкөніс дақылдарының дайындалған үлгілерінде ауыр металдардың – Zn, Pb, Cu, Cd мөлшері анықталды. Химиялық талдау нәтижелері Өскемен топырағында өсірілетін көкөністер зерттеліп отырған ауыр металдардың құрамы бойынша айтарлықтай ерекшеленетінін және кейбір аудандарда гигиеналық нормадан асып түсетінін көрсетті. Айта кету керек, топырақтағы ауыр металдардың жоғары концентрациясы өсімдік өнімдерінде толығымен көрінеді. Қызылша мен сәбіз ауыр металдарды жақсы жинақтайды, ал қызанақ оларды аз мөлшерде жинайды екен. Бау-бақша дақылдарында кадмий мен қорғасынның жоғары концентрациясы табылған. Бұл мақалада көкөніс дақылдарындағы ауыр металдардың өзгеру шегі берілген, жинақталу коэффициенттері мен биологиялық сіңіру коэффициенттері есептелген. Жергілікті жағдайларда ұзақ уақыт өсірілген, құрамында ауыр металдардың жоғары мөлшері бар бақша дақылдарын жеу, олардың бірте-бірте ағзада жинақталып, нәтижесінде тұрғындардың денсаулығына кері әсер етуі мүмкін.

Түйін сөздер: ауыр металдар, топырақтың ластануы, көкөніс дақылдары, экологиялық бағалау.

L.S. Boluspayeva^{1*}, A.B. Abzhalelov¹,
E.Zh. Bitmanov¹, S.A. Bakin²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan

²Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk

*e-mail: boluspaeva82@mail.ru

Environmental assessment of vegetable crops grown on the territory of Ust-Kamenogorsk

In this research work, an ecological assessment of vegetable crops that were grown on the territory of an industrial city is given. Potato tubers, beet roots, carrots, cabbage heads and tomatoes were selected for chemical analysis. Samples were taken in different pollution zones of the city – in the northern industrial zone, in the northeastern industrial zone, in the central residential zone, in the suburban zone. In the prepared samples of vegetable crops, the content of heavy metals – Zn, Pb, Cu, Cd was determined.

The results of chemical analysis showed that vegetables grown on the soils of Ust-Kamenogorsk differ greatly in the content of the studied heavy metals and in some areas exceed the hygienic norm. It should be noted that high concentrations of heavy metals in the soil are fully reflected in plant products. It turned out that beets and carrots are good accumulators of heavy metals, while tomatoes accumulate them to a lesser extent. High concentrations of cadmium and lead have been found in horticultural crops. In this article, the limits of variation of heavy metals in vegetable crops are given, the accumulation coefficients and biological absorption coefficients are calculated.

Key words: heavy metals, soil pollution, vegetable crops, environmental assessment.

А.С. Болупаева¹, А.Б. Абжалелов¹, Е.Ж. Битманов¹, С.А. Бакин²

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

²Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Казахстан, г. Усть-Каменогорск
e-mail: boluspaeva82@mail.ru

Экологическая оценка овощных культур, выращенных на территории г. Усть-Каменогорска

В данной исследовательской работе представлена экологическая оценка овощных культур, которые были выращены на территории промышленного города. Для проведения химического анализа были отобраны клубни картофеля, корнеплоды свеклы, моркови, кочаны капусты и томаты. Отбор проб проводился на разных участках города: в северной промышленной зоне, в северо-восточной промышленной зоне, в центральной селитебной зоне, в пригородной зоне. В подготовленных пробах овощных культур определено содержание тяжелых металлов -Zn, Pb, Cu, Cd.

Результаты химического анализа показали, что овощи, выращиваемые на почвах г. Усть-Каменогорска, сильно различаются по содержанию исследуемых тяжелых металлов и в некоторых зонах превышают гигиеническую норму. Следует отметить, что высокие концентрации тяжелых металлов в почве в полной мере отражаются на растительной продукции. Оказалось, что свекла и морковь являются хорошими накопителями тяжелых металлов, в то время как, помидоры в меньшей степени аккумулируют их. В огородных культурах обнаружены высокие концентрации кадмия и свинца. В данной статье приведены пределы варьирования тяжелых металлов в овощных культурах, рассчитаны коэффициенты накопления и коэффициенты биологического поглощения.

Ключевые слова: почва, овощные культуры, тяжелые металлы, экологическая оценка, загрязнение окружающей среды.

Введение

Быстрые темпы развития многих отраслей промышленного производства и увеличение количества транспортных средств привели к химическому загрязнению окружающей среды [1]. Среди них наиболее опасными загрязнителями являются тяжелые металлы [2]. Из-за кумулятивного характера содержание тяжелых металлов в компонентах окружающей среды увеличивается с каждым годом [3].

Определение концентрации тяжелых металлов в почве является основным направлением экологических исследований. Тяжелые металлы встречаются в почве в растворимой форме и в связанном состоянии. Однако только растворимые, обменные и хелатные формы металлов в почвах подвижны и, следовательно, более доступны для растений [4]. Исследования влияния загрязнения почвы на метаболизм растений еще долгое время будут оставаться актуальными. Накопление тяжелых металлов в съедобных частях овощей представляет собой прямой путь их включения в пищевую цепь человека, потому что овощи поглощают тяжелые металлы из почвы, воздуха и воды [5]. Овощи составляют важную часть пищевого рациона человека, в дополнение к этому, они также служат источником витаминов, железа и кальция. Употребление в

пищу зараженных овощей может иметь неблагоприятные последствия для здоровья человека [6], поэтому рекомендуется сосредоточиться на проблеме накопления исследуемых металлов в огородных культурах, которые были выращены в крупных промышленных городах и их воздействии на здоровье жителей [7,8].

Город Усть-Каменогорск является одним из крупнейших промышленных центров Казахстана. Здесь объекты теплоэнергетики, машино- и приборостроения, цветной металлургии, атомно-промышленного комплекса, транспорта, легкой и пищевой промышленности, стройиндустрии, лесопереработки, коммунального хозяйства локализованы на относительно небольшой территории [9].

Пригородное садоводство является неотъемлемой частью городского хозяйства [10,11]. Если учесть, что в сравнительной близости от металлургических предприятий (ТОО «Казцинк», АО «Ульбинский металлургический завод», АО «Усть-Каменогорский титано-магний комбинат») располагаются жилые кварталы индивидуальной застройки с приусадебными огородами, где выращиваются овощи, проблема тяжелых металлов в г. Усть-Каменогорск приобретает конкретный практический смысл. Основная масса картофеля и других овощей возделываются для личного потребления, что даже при

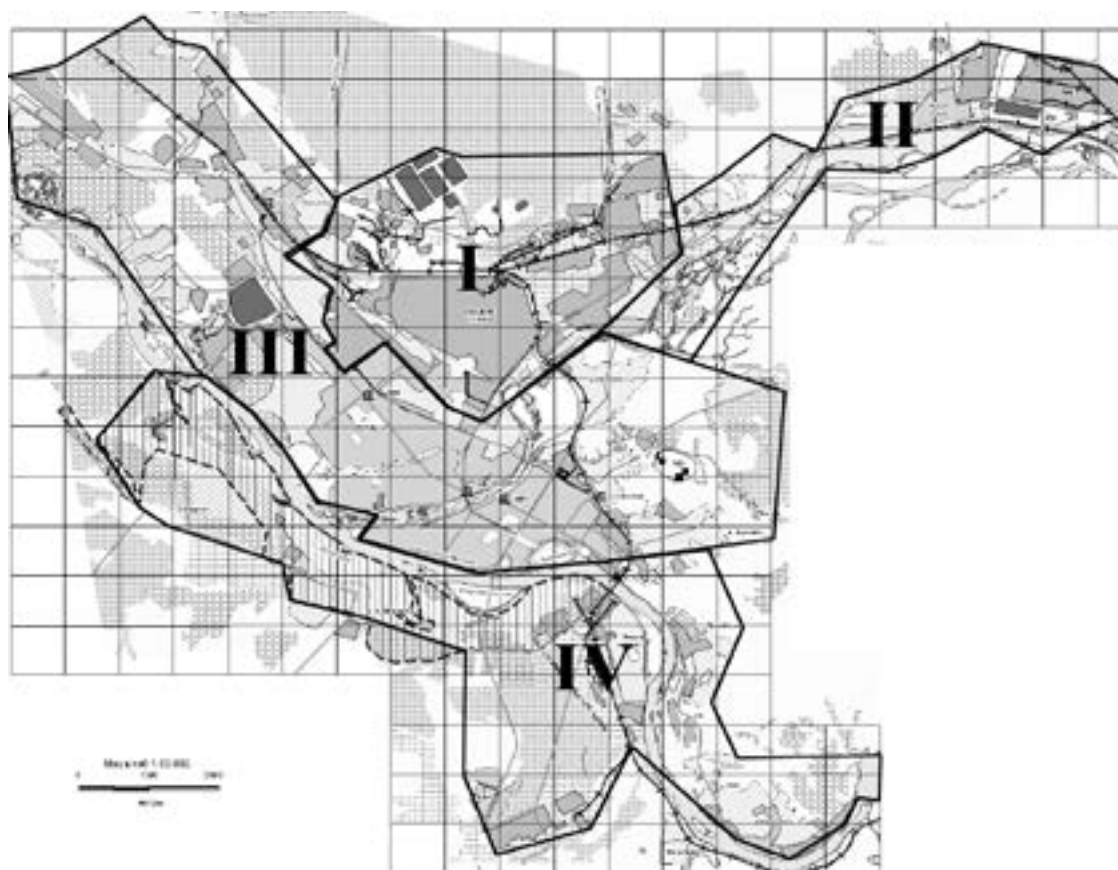
слабом их загрязнении за многолетний период может отрицательно сказываться на здоровье населения.

Тяжелые металлы легко переносятся из почвы в растения, поэтому в овощных культурах, выращенных на загрязненной почве, накапливаются тяжелые металлы и, в конечном итоге, попадают в организм человека по пищевой цепи [12,13]. Также почвы крупных промышленных городов загрязнены Cd, Cu, Pb и Zn. Таким образом, изучение содержания тяжелых металлов в огородных культурах имеет большое значение [14-17].

Целью исследования было определение концентраций свинца (Pb), кадмия (Cd), меди (Cu) и цинка (Zn) в овощных культурах г. Усть-Каменогорска и оценка их пригодности для употребления.

Материалы и методы

Пробы почв и овощных культур отбирались по всей территории города Усть-Каменогорска. Были выделены четыре зоны: северная промышленная, северо-восточная промышленная, центральная селитебная и пригородная (рисунок 1).



Примечание: I – северная промышленная зона, II – северо-восточная промышленная зона, III – центральная селитебная зона, IV –пригородная зона.

Рисунок 1 – Карта – схема зон города Усть-Каменогорска

Первая зона – северная промышленная – приурочена к промплощадкам АО AES Усть-Каменогорский ТЭЦ, АО Ульбинский металлургический завод, ТОО «Казцинк» и территориям, непосредственно прилегающим к ним. Следующая зона – северо-восточная промышленная, где располагаются Согринская ТЭЦ и АО Усть-

Каменогорский титано-магниевый комбинат. Третья – селитебная зона, сюда входят жилые кварталы областного центра: многоэтажная застройка. Четвертая зона – пригородная, сюда входят: район комбината шелковых тканей, Левый берег, Аблакетка и жилые массивы, примыкающие к Усть-Каменогорской ГЭС.

Пробы почв отбирались с глубины гумусо – аккумулятивного (0-25 см) слоя. Согласно литературным данным именно в этом слое почвенного покрова локализовано до 80% запасов тяжелых металлов техногенного происхождения. Отобранные почвенные пробы объединялись, перемешивались, просеивались через сито 1 мм и отправлялись в лабораторию для определения количественного содержания тяжелых металлов методом атомной абсорбции.

Нами была использована почвенная карта города Усть-Каменогорска масштаба 1:25000.

Опробованию и анализу подлежали наиболее употребляемые в пищу овощи: клубни картофеля, корнеплоды свеклы, моркови, кочаны капусты и томаты, выращиваемые большинством горожан для личного потребления, как в свежем виде, так и в заготовках впрок. Взятую растительность освобождали от поверхностного загрязнения почвой и пылью, тщательно промывали водопроводной водой и опрыскивали дистиллированной водой. Затем образцы измельчали и высушивали [18].

Количественное содержание тяжелых металлов в исследуемых овощных культурах, определяли атомно-абсорбционным методом. В образцах овощной продукции определены свинец, цинк, медь и кадмий. В качестве гигиенического норматива использовалось допустимое остаточное количество (ДОК) тяжелых металлов для овощных культур (мг/кг сырой массы) [19].

Статистическую обработку данных проводили по Н.А. Плохинскому.

Были рассчитаны следующие эколого-геохимические показатели:

Для оценки распределения элемента между живым веществом и абиотической средой рассчитывали коэффициент биологического поглощения (КБП)

$$КБП = C_p / C_n,$$

где C_p – содержание элемента в золе растения, C_n – валовое содержание элемента в почве в месте произрастания растения.

Коэффициент накопления, служащий критерием оценки количества металла, перешедшего из почвы в растение, рассчитывали по формуле:

$$K_n = C_p / C_{кисл}$$

где C_p – содержание элемента в растении, $C_{кисл}$ – содержание кислоторастворимой формы металла в почве.

Результаты и их обсуждение

Пределы содержания тяжелых металлов в исследуемых овощных культурах, которые были выращены в районе Усть-Каменогорска, сильно варьируются. Во многих пробах содержание тяжелых металлов превышает их гигиеническую норму (таблица 1).

Таблица 1 – Тяжелые металлы в овощных культурах и почвах г.Усть-Каменогорска, мг/кг сырой массы

Металл	Валовое содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг (n=328)	Содержание кислоторастворимой формы тяжелых металлов в почве	Овощные культуры					ДОК
			Капуста	Морковь	Картофель	Свекла	Томаты	
Cu	84,7±2,1	15,8±0,3	<u>2,2-24,3</u> 10,7(4,2)	<u>2,8-34,3</u> 17,2(2,8)	<u>3,8-26,7</u> 9,41(6,4)	<u>3,1-39,5</u> 24,9(9,9)	<u>2,1-28,3</u> 10,4(2,1)	10
Zn	306,8±17	108,6±4,4	<u>4,8-40,1</u> 18,2(10,8)	<u>4,8-46,5</u> 26,1(4,8)	<u>4,8-36,7</u> 14,1(7,9)	<u>15,8-69,7</u> 35,8(17,9)	<u>4,2-35,2</u> 17,3(4,2)	10
Cd	2,49±0,1	0,9±0,03	<u>0,02-0,53</u> 0,2(0,03)	<u>0,04-0,69</u> 0,21(0,04)	<u>0,04-0,32</u> 0,12(0,03)	<u>0,05-0,87</u> 0,3(0,05)	<u>0,02-0,41</u> 0,11(0,03)	0,03
Pb	59,5±0,9	12,5±0,2	<u>0,2-4,0</u> 1,3(0,2)	<u>0,3-4,9</u> 1,6(0,3)	<u>0,28-2,3</u> 1,1(1,8)	<u>0,6-5,8</u> 2,08(0,7)	<u>0,2-3,2</u> 1,04(1,1)	0,5

Примечание: 1) над чертой – пределы колебания, под чертой – средняя арифметическая; в скобках – фон; 2) гигиенический норматив – ДОК по [19].

Выявлено, что содержание меди в овощных культурах варьируется от 2,1 до 39,5, цинка – 4,2-69,7, свинца – 0,2-5,8 и кадмия – 0,02-0,87 мг/кг сырой массы.

Исследуемые овощные культуры располагаются по величине средней концентрации в следующем убывающем ряду:

Медь и цинк: свекла > морковь > капуста > томаты > картофель;

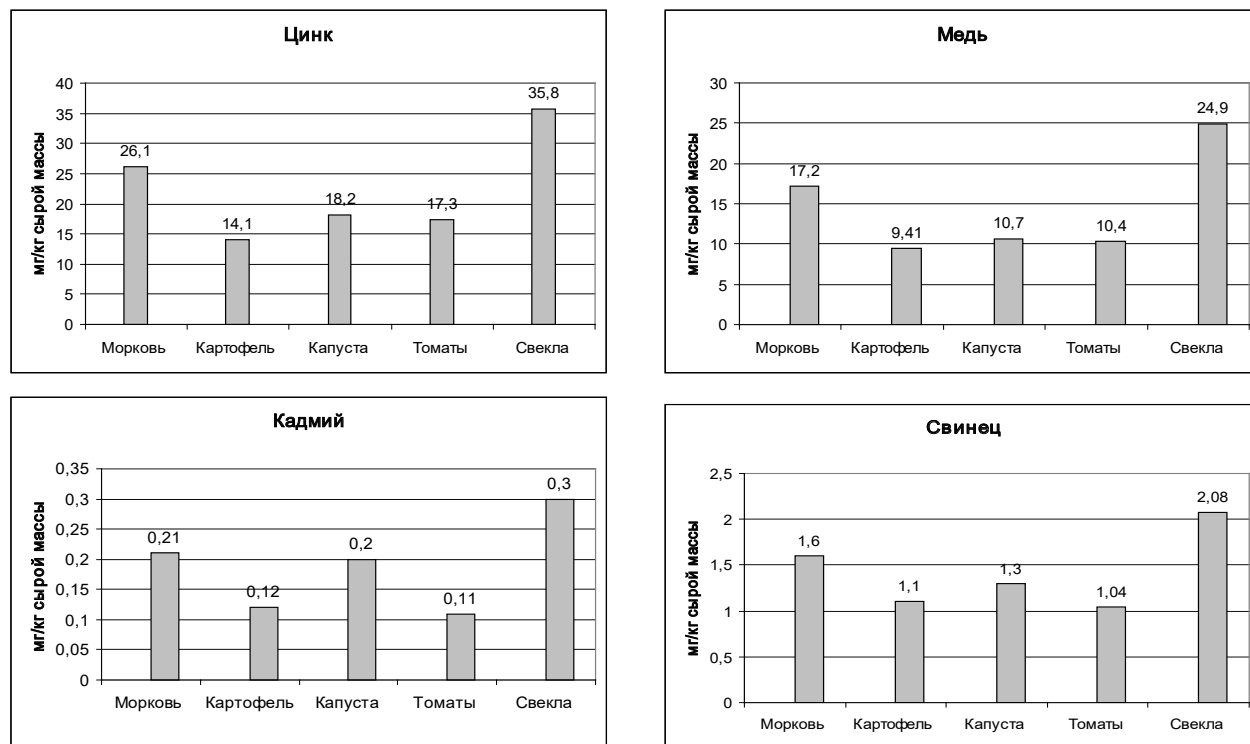
Кадмий и свинец: свекла > морковь > капуста > картофель > томаты.

Широкий предел колебаний содержания тяжелых металлов в растениях связан с физико-химическими свойствами рассматриваемых нами элементов, разной физиологической ролью в

процессах метаболизма, особенностями в возделывании овощных культур, уровнем загрязнения почвы и различной их буферной способностью.

Установлено, что картофель и томаты лучше ограничивают поступление тяжелых металлов из загрязненной почвы в органы растений, в то время как свекла и морковь накапливают их в большей степени, что также подтверждается данными других исследований [20].

Высокие содержания тяжелых металлов в почве нашли отражение в растительной продукции. Таким образом, среднее содержание меди, цинка, кадмия и свинца во многих образцах овощных культур равняется или больше допустимого остаточного количества (рисунок 2).



Примечание: допустимое остаточное количество (ДОК)

Рисунок 2 – Превышение ДОК тяжелых металлов в овощных культурах г. Усть-Каменогорска, мг/кг

Нужно принять во внимание, что представленные гигиенические нормативы (ДОК) являются условными. Так, ДОК в Казахстане для кадмия в овощах жестче ПДК, принятых в других странах (0,03 против 0,05 мг/кг).

Выявлено, что в 100 % исследуемых проб столовой свеклы свинец превышает ДОК (0,5 мг/кг).

В 100 % исследованных проб моркови, столовой свеклы и картофеля, в 90,4 % проб капу-

сты и в 78,8 % проб томата наблюдается превышение ДОК по кадмию (0,03 мг/кг).

Цинк превышает ДОК (10 мг/кг) в 100 % проб столовой свеклы и моркови.

Медь превышает ДОК (10 мг/кг) в 90 % исследуемых проб столовой свеклы и 80 % исследуемых проб моркови.

Исследования показали, что в пробах огородных культур среднее содержание свинца превышало фоновый уровень от 2,9 до 6,5 раза, кадмия

от 3,6 до 6,6 раза, цинка от 1,6 до 5,4 раза, меди от 1,5 до 6,1 раз.

Принимая во внимание отсутствие отчетственных систематизированных сведений о фоновом содержании тяжелых металлов в огородных культурах, для сравнения приводим данные российских авторов (таблица 2).

Анализ полученных нами данных количества тяжелых металлов в огородных культурах г. Усть-Каменогорска показывает, что содержание в них исследуемых элементов значительно выше фоновых значений, предложенных российскими учеными.

Помимо влияния почвенных факторов, поглощение металлов разными растениями также неодинаково. Обнаружен значительный разброс концентраций металлов в зависимости от их локализации в тканях растений, видов растений и даже сортов одного и того же вида [22].

Результаты лабораторных исследований показывают, что разные виды овощных культур накапливают различное количество тяжелых металлов даже с учетом их произрастания в одних и тех же условиях окружающей среды (таблица 3,4).

Таблица 2 – Фоновое содержание тяжелых металлов в картофеле и овощах, мг/кг сырой массы (n=8-12) [21]

Наименование овощной культуры	Cu	Cd	Zn	Pb
Картофель	0,21-0,50	0,01-0,06	1,3-3,1	0,04-0,19
Капуста	0,11-0,23	0,005-0,04	0,8-1,9	0,05-0,29
Томат	0,18-0,69	0,005-0,03	1,1-2,3	0,06-0,15
Свекла	0,67-1,44	0,03-0,07	4,1-5,5	0,07-0,21
Морковь	0,23-0,68	0,005-0,04	1,8-2,7	0,07-0,20
Лук	0,28-0,89	0,005-0,06	1,8-4,2	0,04-0,24

Таблица 3 – Тяжелые металлы в огородных культурах из северной индустриальной зоны Усть-Каменогорска, мг/кг сырой массы (почва лугово-черноземная суглинистая)

Тяжелые металлы	Огородная культура				
	Капуста	Картофель	Морковь	Свекла	Томаты
Zn	<u>16,8-40,1</u> 29,2	<u>10,6-36,7</u> 20,9	<u>24,5-52,9</u> 35,1	<u>36,7-69,7</u> 52,68	<u>15,8-35,2</u> 22,5
Cu	<u>10,2-24,3</u> 18,03	<u>6,4-26,7</u> 12,7	<u>13,1-38,6</u> 25,5	<u>19,8-59,7</u> 36,63	<u>8,3-28,3</u> 16,86
Cd	<u>0,10-0,53</u> 0,29	<u>0,07-0,32</u> 0,1	<u>0,18-0,69</u> 0,37	<u>0,19-0,87</u> 0,46	<u>0,08-0,41</u> 0,17
Pb	<u>1,1-4,0</u> 2,15	<u>0,71-2,3</u> 1,4	<u>1,6-4,9</u> 2,8	<u>1,9-5,8</u> 3,4	<u>0,8-3,2</u> 1,74

Таблица 4 – Тяжелые металлы в огородных культурах из восточной пригородной зоны Усть-Каменогорска, мг/кг сырой массы (почва луговато-черноземная тяжелосуглинистая)

Элемент	Культура				
	Морковь	Картофель	Капуста	Томаты	Свекла
Cu	<u>2,8-12,1</u> 13,1	<u>3,8-12,5</u> 6,2	<u>2,2-7,5</u> 4,4	<u>2,1-8,9</u> 5,34	<u>9,9-20,4</u> 14,82
Zn	<u>4,8-24,3</u> 16,42	<u>4,8-13,2</u> 8,8	<u>4,8-13,2</u> 9,4	<u>4,2-15,7</u> 10,24	<u>17,5-29,2</u> 22,76
Pb	<u>0,3-1,1</u> 0,66	<u>0,32-1,46</u> 0,9	<u>0,2-1,3</u> 0,62	<u>0,3-1,1</u> 0,68	<u>0,6-1,9</u> 1,16
Cd	<u>0,04-0,21</u> 0,11	<u>0,08-0,18</u> 0,1	<u>0,02-0,16</u> 0,06	<u>0,03-0,20</u> 0,05	<u>0,05-0,28</u> 0,16

Наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаружены в овощных культурах, которые были выращены на дачных участках, расположенных близко к северной промышленной зоне Усть-Каменогорска.

Из данных таблицы видно, что в исследуемых культурах, которые выращены в северной промышленной зоне, среднее содержание тяжелых металлов превышает как таковое в восточном пригороде в 1,0- 4,8 раза.

Среднее содержание тяжелых металлов во всех исследованных культурах с территории северной индустриальной зоны города Усть-Каменогорска превышает допустимое остаточ-

ное количество по следующим показателям: Pb- в 2,8-6,8 раза, Zn- в 2,09-5,3 раза, Cu-1,3-3,7 раза, Cd-в 3,3-15,3 раза.

Количественное содержание тяжелых металлов во всех образцах изученных культур из северной индустриальной зоны, превышает ДОК. Среднее содержание меди в моркови превышает ДОК в 2,5 раза, в картофеле-1,2 раза, в капусте-1,8 раза, в свекле –3,6 раза.

У изучаемых огородных культур различаются коэффициенты биологического поглощения, которые позволяют косвенно судить и о поведении химических элементов в системе почва-растение (таблица 5).

Таблица 5 – Средние коэффициенты биологического поглощения химических элементов огородными культурами

Элемент	Морковь	Картофель	Капуста	Томаты	Свекла
Zn	0,09	0,04	0,06	0,06	0,17
Cu	0,20	0,11	0,13	0,12	0,29
Cd	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
Pb	0,08	0,05	0,08	0,04	0,12

Данные представленные в таблице 5, коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов изученных растений имеют колебания от 0,02 до 0,29. В соответствии с рядами биологического поглощения элементов А.И. Перельмана [23] изучаемые тяжелые металлы относятся к двум рядам. По величине коэффициента биологического поглощения свинец, кадмий и цинк во всех культурах относится к ряду элементов слабого захвата и слабого нако-

пления, за исключением коэффициента биологического поглощения цинка в свекле – среднего захвата и слабого накопления. К элементам слабого накопления и среднего захвата относят и медь.

В исследованиях других авторов также имеются данные о высоком содержании изучаемых химических элементов в огородных культурах, которые выращены на загрязненных территориях [24-26].

Таблица 6 – Коэффициент загрязнения исследуемых культур

Наименование	Морковь	Свекла	Картофель	Томаты	Капуста
Zn	2,6	3,6	1,14	1,73	1,82
Cu	1,72	2,49	0,9	1,04	1,07
Cd	7,0	10	4,0	3,6	6,6
Pb	3,2	4,2	2,2	2,08	2,6
ΣКзагр.	14,5	20,3	8,24	8,6	12,1

Исследованные огородные культуры согласно среднему коэффициенту загрязнения (Кзагр.) составляют следующий убывающий ряд: свекла (20,3)>морковь (14,5) > капуста(12,1) > томаты (8,6) > картофель (8,24) (таблица 6).

В соответствии с проведенными исследованиями, у разных огородных культур степень накопления Zn, Cu, Cd, Pb зависит от биологических особенностей культуры (таблица 7).

Согласно таблице 7, у свеклы и моркови выявлены самые высокие коэффициенты накопления, а для томатов характерны самые низкие. По

величине коэффициентов накопления тяжелые металлы можно представить в следующем убывающем порядке: Cu>Zn>Cd>Pb.

Таблица 7 – Средние коэффициенты накопления тяжелых металлов огородными культурами

Химический элемент	Капуста	Свекла	Картофель	Морковь	Томаты
Zn	0,21	0,33	0,16	0,3	0,16
Cu	0,68	1,57	0,59	1,09	0,66
Cd	0,22	0,33	0,13	0,23	0,12
Pb	0,1	0,17	0,09	0,13	0,08

Исучаемые огородные культуры согласно коэффициенту накопления размещаются в следующий ряд: свекла> морковь >капуста> картофель >томаты.

Выводы

1) Исследования показали, что среднее содержание тяжелых металлов в пробах свеклы, моркови, капусты, картофе-

ля и томатов превышают гигиеническую норму.

2) Наибольшим аккумулятором тяжелых металлов является свекла и морковь, наименьшим томаты.

3) Наиболее загрязненными оказались огородные культуры, выращенные в садово-огородных кооперативах и в частном секторе прилегающих к северной промышленной зоне, что вызывает экологический риск для здоровья населения.

Литература

1. Янтурин С.И., Прошкина О.Б. Содержание тяжелых металлов в овощах, произрастающих в различных районах промышленного центра черной металлургии // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9. – С. 595-597.
2. Järup L. Hazards of heavy metal contamination // British Medical Bulletin. -2003. -Vol. 68. – P. 167–182.
3. Машанов А., Речкина Е.А., Губаненко Г.А. Биологическая безопасность пищевых продуктов // Краснояр. гос. аграрный ун-т. – 2016. – С. 117-122.
4. Hector F. M., Oscar R. M., Enrique M. S., Ma-Del C. O. B., Ana L. B. O. Heavy metals in agricultural soils and irrigation waste water of Mixquiahuala // African Journal of Agricultural Research. -2011. No 6(24). – P. 5505 – 5511.
5. Khan S., Cao Q., Zheng Y. M., Huang Y. Z., Zhu Y. G. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China // Environmental Pollution. -2008. Vol. 152, No 3. – P. 686–692.
6. Karimov X.N., Riskieva X.T., Mirsodikov M.M. Determination of organochlorine insecticide residues in different types of soil, water and plants of Zarafshan valley // The Way of Science. International scientific journal.– 2016. -Vol. I, No 9. – P. 49-54.
7. Christopher A. E., Miranda I. D., Bassey F. I. Distribution of heavy metal in leaves, stem and roots of Fluted Pumpkin (Telfeiria Occidentalis) //Journal Nutrition. -2009. No 8. -P. 222 – 224.
8. Khairiah J., Zalifah M. K., Yin Y. H., Aminah A. The uptake of heavy metal by fruit vegetables grown in selected agricultural areas //Journal of Biological Science. -2004. No 7(8). -P. 1438 – 1442.
9. Федоров Г.В. Отчет по теме: «Проведение комплексного геоэкологического исследования территории и здоровья населения города Усть-Каменогорска». -2004. –Т. 1.
10. Раупова Н.Б. Biology and bonitation typical sierozems // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. -2016. -С. 93–95.
11. Raupova N. Humus state and biological activite of main types of Uzbekistan soils // European journal of research. -2017. No 6. -P. 69–77.
12. Раупова Н.Б., Ходжимуродова Н.Р., Гуломова Н.С. Season dynamics of energy activity of typical seasons of the Chirchik – Angrian basin // Хоразм Маъмун академияси Ахборотномаси. -2019. – № 3 (1). -С. 18–19.
13. Chiroma T. M., Ebewe R.O., Hymore F.K. Comparative assesement of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey waste water used for irrigation in Yola And Kano // International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES). -2014. No 3. – P. 1-9.

14. Woszczyk M., Spychalski W., Boluspaeva L. Trace metal (Cd, Cu, Pb, Zn) fractionation in urban-industrial soils of Ust-Kamenogorsk (Oskemen), Kazakhstan-implications for the assessment of environmental quality// *Environmental Monitoring and Assessment*. -2018. No 6. –P.1-16
15. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Тяжелые металлы в огородных культурах г. Павлодара// Актуальные проблемы геохимической экологии, Материалы V Международной биогеохимической школы. -2005. – С. 388-392.
16. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Свинец в почвах и овощных культурах г. Павлодара // *Вестник СГУ*. – 2006. -№1. – С. 55-62.
17. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Медь и цинк в почвах и овощных культурах г. Павлодара // *Вестник ПГУ. Серия химико-биологическая*. – 2006.- №1. – С. 42-50.
18. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Метеоиздат, 1982. – С. 109.
19. Найштейн С.Я., Меренюк Г.В., Чегринцев Г.Я. Гигиена окружающей среды и применение удобрений. – Кишинев: Штинница.- 1987. – С. 143.
20. Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. – Алматы: Эвпро, -2000. -С.338.
21. Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983.–С. 422.
22. Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E. “Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables”. *Water Air Soil Pollut* , – 2019. No 164.
23. Касимов Н.С., Перельман А.И., Евсеев А.В. Экогеохимия городских ландшафтов. – М., 1995. – С. 333.
24. Ara MH., Khan AR., Uddin N., Dhar PK. Health risk assessment of heavy metals in the leafy, fruit, and root vegetables cultivated near Mongla industrial area, Bangladesh // *Hum Environ Heal Prom*, – 2018. No 4. -P. 144–152.
25. Proshad R., Kormoker T., Islam MS., Chandra K. Potential health risk of heavy metals via consumption of rice and vegetables grown in the industrial areas of Bangladesh // *Hum Ecol Risk Assess Int*. – 2019. No 26.- P. 921–943.
26. Gebeyehu HR., Bayissa LD. Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in moja area, Ethiopia // *PLoS ONE*, -2020. No 15 . – P. 1–22.

References

1. Yanturin, S., Proshkina, O. “Soderzhanie tyazhelykh metallov v ovoshchah, proizrastayushchih v razlichnykh rajonah promyshlennogo centra chernoy metallurgii.” *Fundamental'nye issledovaniya*, no 9 (2012): 595-597.
2. Sandeep, G., Vijayalatha, K., Anitha, T. “Heavy metals and its impact in vegetable crops.” *International Journal of Chemical Studies*, no 7(1) (2019) : 1612-1621.
3. Mashanov, A., Rechkina, E., Gubanenko, G. *Biologicheskaya bezopasnost' pishchevyykh produktov*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk gos. agrarny un-t, 2016.
4. Hector, F., Oscar, R., Enrique, M., Ma-Del, O., Ana, L. “Heavy metals in agricultural soils and irrigation waste water of Mixquiahuala, Hidalgo, Mexico.” *African Journal of Agricultural Research*, no 6 (2011) : 5505 – 5511.
5. Hu, Z., Li, J., Wang, H., Ye, Z., Wang, X., Li, Y., Liu, D., Song, Z. “Soil Contamination with Heavy Metals and Its Impact on Food Security in China.” *Journal of Geoscience and Environment Protection*, no 7. (2019). 168-183.
6. Li, X., Li, Z., Lin, C.J., Bi, X., Liu, J., Feng, X. “Health risks of heavy metal exposure through vegetable consumption near a largescale Pb/Zn smelter in central China.” *Ecotoxicol Environ Saf*, no 161(2018): 99–110.
7. Karimov, X., Riskieva, X., Mirsodikov, M. “Determination of organochlorine insecticide residues in different types of soil, water and plants of Zarafshan valley.” *The Way of Science. International scientific journal*, no 31 (2016): 49-54.
8. Imtiaz, A., Faizan, A., Atif, S., Adnan, R., Haipeng, T. “Heavy metals assessment in water, soil, vegetables and their associated health risks via consumption of vegetables, District Kasur, Pakistan.” *SN Applied Sciences* no 3(2021): 552 -563
9. Fedorov, G. Provedenie kompleksnogo geokologicheskogo issledovaniya territorii i zdorovya naseleniya goroda Ust'-Kamenogorsk. Ust'-Kamenogorsk: TOO “EkoservisS, 2004.
10. Raupova, N. “Biology and bonitation typical sierozeems.” *Sovremennoye ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodoopol'zovaniya*, no 3 (2016): 93–95.
11. Raupova, N., Gulomova, Z. “Humus state and biological activite of main types of Uzbekistan soils.” *European journal of research*, no 6 (2017): 69–77.
12. Raupova, N., Hodzhimurodova, N., Gulomova, N. “Season dynamics of energy activity of typical seasons of the Chirchik . Angrian basin.” *Horazm Mamun akademiyasi Ahborotnomasi*, no 3 (2019):18–19.
13. Chiroma, T. “Comparative assesement of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey waste water used for irrigation in Yola And Kano.” *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, no 3 (2014): 1-9.
14. Woszczyk, M., Spychalski, W., Boluspaeva L. “Trace metal (Cd, Cu, Pb, Zn) fractionation in urban-industrial soils of Ust-Kamenogorsk (Oskemen), Kazakhstan-implications for the assessment of environmental quality.” *Environmetal Monitoring and Assessment*, no 6 (2018): 1-16.
15. Zhong, T., Xue, D., Zhao, L., Zhang, X. “Concentration of heavy metals in vegetables and potential health risk assessment in China”. *Environmental Geochemistry and Health*, no 40 (2017): 313–322.

16. Panin, M., Geldymamedova, E. “Svinec v pochvah i ovoshchnyh kulturah g. Pavlodara.” *Vestnik SGU*, no1 (2006): 55-62.
17. Panin, M., Geldymamedova, E. “Med i cink v pochvah i ovoshchnyh kulturah g. Pavlodar”. *Vestnik PGU*, no1(2006): 42-50.
18. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu polevyh i laboratornyh issledovaniy pochv pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchej sredy metallami. Moskva: Meteoizdat, 1982.
19. Najshtejn, S., Merenyuk, G., and G. Chegrinec Gigiena okruzhayushchej sredy i primeneniye udobrenij. Kishinev: Shtinnica, 1987.
20. Panin, M., Ekologo-biogeohimicheskaya ocenka tekhnogennyh landshaftov Vostochnogo Kazahstana. Almaty: Evero, 2000.
21. Vernadskij, V. Ocherki geohimii. Moskva: Nauka, 1983.
22. Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E. “Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables”. *Water Air Soil Pollut*, no164 (2019).
23. Kasimov, N., Perelman A., and A. Evseev Ekogeohimiya gorodskih landshaftov. Moskva: Nauka, 1995.
24. Ara, MH., Khan AR., Uddin N., Dhar PK. “Health risk assessment of heavy metals in the leafy, fruit, and root vegetables cultivated near Mongla industrial area, Bangladesh”. *Hum Environ Heal Prom*, no 4(2018): 144–152.
25. Proshad, R., Kormoker, T., Islam, MS., Chandra, K. “ Potential health risk of heavy metals via consumption of rice and vegetables grown in the industrial areas of Bangladesh”. *Hum Ecol Risk Assess Int*, no 26 (2019): 921–943.
26. Gebeyehu, HR., Bayissa, LD. “Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in moja area, Ethiopia” *PLoS ONE*, no 15 (2020):1–22.

Н.Е. Рамазанова , С.Т. Токсанбаева* , Ж.О. Озгелдинова ,
Т.Т. Турсынова , К.М. Асылбеков , А.М. Жумабай ,
А.А. Ахмедова 

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПО МЕТОДИКЕ SMITH БАСЕЙНА РЕКИ ОЛЕНТЫ ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье взята актуальная тема для настоящего времени и проведена работа по определению интенсивности эрозионных процессов по методике Smith бассейна реки Оленты Западно-Казахстанской области. Целью данной работы являлось определение процесса размыва почв бассейна реки Оленты для различных видов землепользования. Для определения смыва почв были использованы: эрозионный потенциал отложений, тип почвы, механический состав, крутизна склонов, растительность, типы вспашки, эрозионная прогнозная модель, универсальное уравнение потерь почвы и программа ArcGIS 10.4. Южная часть бассейна реки имеет показатель смыва почв от 0 до 0,06 т/га в год. Эти земли в основном используются под пастбища и небольшие участки территории под сенокос, расположенные в большинстве случаев на каштановых почвах и солонцах мелких солончаковатых, по механическому составу в основном преобладает тяжелый суглинок. Также эта территория располагается на равнинной части бассейна и имеет наименьшее количество осадков по бассейну реки. Данная территория занимает около 40% всего бассейна реки. Центральная и северная части имеют различные показатели и колеблются от самых наименьших показателей до самых наивысших, так как территории этих земель значительно отличаются друг от друга, как по типу почв, так и по механическому составу почвы, имеют различный уклон и самое главное имеют различные виды землепользования. Самый высокий показатель смыва почв 1,57 – 5,96 т/га в год имеют пашни, расположенные в основном на каштановых почвах, имеющие механический состав, преобладающий из среднего и тяжелого суглинка, еще пашни, имеющие наивысший показатель характеризуются территорией с высоким количеством осадков и более крутым уклоном. Данные показателя смыва почв от 0,45 до 1,57 т/га в год также принадлежат пашням, но в отличие от предыдущего класса эти пашни расположены в большинстве случаев на почвах, по механическому составу относящихся к среднему суглинку. По результатам исследования наибольший показатель смыва почв приходится на пашни, средний показатель около 1,50 т/га в год, что соответствует «допустимому уровню потери».

Ключевые слова: эрозионные процессы, бассейн реки, ЗКО, ГИС, почва.

N.E. Ramazanova, S.T. Toxanbayeva*, Zh.O. Ozgeldinova,
T.T. Tursynova, K.M. Asylbekov, A.M. Zhumabay, A.A. Ahmedova
Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Nur-Sultan
*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

Determination of the intensity of erosion processes by the Smith method of the Olenty river basin of the West Kazakhstan region

The article takes an actual topic for the present and carried out work to determine the intensity of erosion processes using the Smith method of the Olenty River basin of the West Kazakhstan region. The purpose of this work was to determine the process of soil erosion in the Olenty River basin for various types of land use. To determine soil flushing, the following were used: erosion potential of sediments, soil type, mechanical composition, slope steepness, vegetation, types of plowing, erosion forecast model, universal soil loss equation and the ArcGIS 10.4 program. The southern part of the river basin has a soil flushing rate from 0 to 0.06 t/ha per year. These lands are mainly used for pastures and small areas of territory for haymaking, located in most cases on chestnut soils and small salt marshes, the mechanical composition is mainly dominated by heavy loam. This territory occupies about 40% of the entire river basin. The central and northern parts have different indicators and range from the lowest to the highest. The highest rate of soil flushing is 1.57 – 5.96 t/ha per year are arable lands located mainly on chestnut

soils, having a mechanical composition dominated by medium and heavy loam, and arable lands with the highest rate are characterized by a territory with high rainfall and a steeper slope. These indicators of soil flushing from 0.45 to 1.57 t/ha per year also belong to arable land, but unlike the previous class, these arable lands are located in most cases on soils that are mechanically related to medium loam. According to the results of the study, the highest rate of soil flushing falls on arable land, the average is about 1.50 t/ha per year, which corresponds to the "acceptable level of loss".

Key words: erosion processes, river basin, WKO, GIS, soil.

Н.Е. Рамазанова, С.Т. Токсанбаева*, Ж.О. Озгелдинова,
Т.Т. Турсынова, К.М. Асылбеков, А.М. Жұмабай, А.А. Ахмедова
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.
*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

Батыс Қазақстан облысы Өлеңті өзені бассейнінің Smith әдістемесі бойынша эрозиялық процестердің қарқындылығын айқындау

Мақалада қазіргі заман үшін өзекті тақырып алынды және Батыс Қазақстан облысы Өлеңті өзені бассейнінің Smith әдістемесі бойынша эрозиялық процестердің қарқындылығын анықтау бойынша жұмыс жүргізілді. Бұл жұмыстың мақсаты әр түрлі жер пайдалану үшін Өлеңті өзені бассейнінің топырағын жуу процесін анықтау болды. Топырақтың шайылуын анықтау үшін: шөгінділердің эрозиялық потенциалы, топырақ түрі, механикалық құрамы, беткейлердің көлбеуі, өсімдіктер, жер жырту түрлері, эрозиялық болжамды модель, топырақ шығындарының әмбебап теңдеуі және ArcGIS 10.4 бағдарламасы қолданылды. Өзен бассейнінің оңтүстік бөлігінде топырақтың жылына 0-ден 0,06 т/га-ға дейін шайылу көрсеткіші бар. Бұл жерлер негізінен жайылымдар мен шабындықтар үшін пайдаланылады, көп жағдайда каштан топырақтарында және ұсақ сортаңдардың сорттарында орналасқан, механикалық құрамы негізінен ауыр саздауыт басым. Сондай-ақ, бұл аумақ бассейнің жазық бөлігінде орналасқан және өзен бассейнінде ең аз жауын-шашынға ие. Бұл аумақ бүкіл өзен бассейнінің 40% құрайды. Орталық және Солтүстік бөліктер әртүрлі көрсеткіштерге ие және ең төменгі көрсеткіштерден ең жоғары деңгейге дейін өзгереді, өйткені бұл жерлердің аумақтары топырақ түрі мен топырақтың механикалық құрамы жағынан бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді, әр түрлі көлбеу және ең бастысы әр түрлі жер пайдалану түрлеріне ие. Топырақ шайындысының ең жоғары көрсеткіші жылына 1,57 – 5,96 т/га егістік жерлер бар, олар негізінен каштан топырақтарында орналасқан, механикалық құрамы бар, орташа және ауыр саздақтан басым, сонымен қатар ең жоғары көрсеткішке ие егістік жерлер жауын-шашын мөлшері жоғары және көлбеу. Топырақтың жуылу көрсеткішінің деректері жылына 0,45-тен 1,57 т / га-ға дейін егістікке жатады, бірақ алдыңғы класқа қарағанда бұл егістіктер көп жағдайда механикалық құрамы бойынша орташа саздаққа жататын топырақтарда орналасқан. Зерттеу нәтижелері бойынша топырақ шайындысының ең жоғары көрсеткіші егістік жерлерге тиесілі, орташа көрсеткіш жылына 1,50 т/га жуық, бұл «жол берілетін шығын деңгейіне» сәйкес келеді.

Түйін сөздер: эрозиялық процестер, өзен бассейні, БҚО, ГАЖ, топырақ.

Введение

Процесс смыва почвы является экзогенно опасным явлением. Эрозия почвы снижает продуктивность пашен сельского хозяйства в результате снижения площадей плодородных территорий [1-4]. Также снижение водонепроницаемости почвы и снижение влажности земли не дает впитываться воде, из-за чего повышается риск затопления. Процесс эрозии приводит к загрязнению рек и озер, что собственно приводит к уменьшению численности рыб и других водных животных [5-7]. Эрозионная почва, насыщенная удобрениями и пестицидами химических составов в водных объектах наносит колоссальный ущерб и урон окружающей среде [8].

Поэтому одна из самых серьезных угроз в экологическом и экономическом секторах в мире становится проблема как водная эрозия. Обостряется данная проблема в связи с изменяющимися условиями в сфере землепользования. В настоящее время за прошедшие сто лет произошел резкий скачок в освоении земель целинного и залежного типа в северных и северо-западных частях Республики Казахстан, что привело к серьезным экологическим проблемам, в частности имеющие связь с качеством поверхностных вод [9-13].

Исследование эрозионных процессов являлось весьма привлекательным для исследователей и ученых [14-17]. Почвенная и водная среда являются основополагающими факторами жиз-

недеятельности флоры и фауны Земли. В связи с этим исследованием эрозионных процессов занимались многие [18]. В качестве примера можно привести таких исследователей как Ларионов Г.А., занимающийся вопросами эрозии и дефляции почв, Мирцхулава Ц.Е., исследовавший водную эрозию и методику ее расчётов, Воронин А.Д., Кузнецов М.С. и многие другие [19-22].

Исследования эрозионного процесса в Республике Казахстан носят локальный характер. Многие территории Республики Казахстан ранее не исследовались. Исследованиями эрозионного процесса Северного Казахстана, в частности Акмолинской областью занималась ученая Акиянова Ф.Ж. Ее одна из основных работ по исследованию эрозионного процесса «Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона» [23].

Также можно отметить ученых и исследователей Российской Федерации, занимающихся исследованиями эрозионного процесса. Одним из ярких представителей Российских исследователей являлся Заславский М.Н. – советский почвовед, который изучал проблемы почв и был инициатором выделения особой почвоведческой дисциплины – эрозиоведение. Монографии и учебные издания Заславского М.Н. по сей день используются в качестве основной литературы на занятиях почвоведения [24, 25].

В Казахстане вопросами водной эрозии в различные годы занимались Бабаев К.Б. (1970), Тегисов Т.А. (1975), Иорганский А.И. и Балгабеков К.Б. (1979). Эти работы были посвящены условиям предгорной зоны, подобные работы, т.е. исследования по водной эрозии и выработке рекомендации по осуществлению противозерозийных мероприятий ранее проводились, но не в полной мере. Все исследования в этих регионах (А.И. Бараев) были посвящены выработке мер против ветровой эрозии. По данным Иорганского А.И. и Балгабекова К.Б. (1979), по мере увеличения смыва почвы уменьшается содержание гумуса в пахотном слое и снижается урожайность сельскохозяйственных культур [26].

Объектом исследования стал бассейн реки Оленты Западно-Казахстанской области и его эрозионная составляющая. Река Оленты располагается в Сырымском районе Западно-Казахстанской области. Площадь бассейна реки Оленты составляет 5481 квадратных километров.

Исследования были основаны на материалах водно-эрозионных процессов, проводившихся по эмпирическим опытам и многолетним наблю-

дениям по методике Smith, включающее универсальное уравнение RUSLE.

Универсальное уравнение RUSLE является уравнением, которое было предложено учеными из Америки Смитом и Уйшмейером в последствии доработанное Ренардом и Фостером. Вышеуказанное уравнение универсальных потерь почвы RUSLE позволяет давать оценку подверженности эрозии почв в водоразделе, разработанным в США на основе данных об эрозии почвы, собранных с 1930-х годов Службой охраны почв Министерства сельского хозяйства США (ныне Служба охраны природных ресурсов Министерства сельского хозяйства США).

Модель использовалась в течение десятилетий для целей природоохранного планирования как в Соединенных Штатах, где она возникла, так и во всем мире, и использовалась для реализации многомиллиардной программы США по сохранению.

Материалы и методы исследований

В качестве материала исследования были использованы:

- космические снимки по цифровой модели рельефа SRTM для создания бассейна реки с помощью ГИС-технологий и компьютерных методов;
- статистические данные количества осадков по метеопостам Западно-Казахстанской области для интерполяции и создания карты осадков по бассейну реки Оленты;
- картографический материал по почвенному покрову для сопоставления и анализа почвы бассейна;
- данные по склону и рельефу.

Были использованы методы дешифрирования космических снимков. То есть процессы геоинформационного картографирования бассейновых территорий, которые состоят из нескольких этапов и проводятся по методике, включающей первичную обработку данных, анализ картографических материалов и космических снимков, формирование единой базы геоданных, а также углубленный морфометрический анализ на основе цифровой модели рельефа (ЦМР).

Также были применены ретроспективный анализ, сравнительный анализ, системно-структурный подход, типологический подход, метод аналогий.

Методологической основой данной работы является Земельный кодекс РК, а также рекомендации учёных и НИИ в области землеустрой-

ства, методы моделирования стока талых вод и водной эрозии в период снеготаяния.

В ходе исследования эрозионных процессов на основе уравнения потерь почвы (RUSLE) по методике Smith в бассейне реки Оленты для расчета коэффициента осадков R использован метод интерполяции программы ArgGIS 10.4 и альтернативная формула для вычисления фактора R ($R = 0,548257P - 59,9$; где P – это среднегодовое количество осадков).

Расчет фактора эродированности почвы с помощью программы Excel, ArgGIS 10.4.

Показатели по размываемости почвы были экспортированы в слои экологических площадок в программном обеспечении ArgGIS 10.4 на основе соединения таблиц и интерполяции с помощью метода естественной окрестности в боре инструментов Spatial Analyst.

Для анализа природных условий бассейна реки Оленты использован топографо-картографический метод, основанный на геоморфологическом анализе формы и расположения горизонталей, а также математическом, графоаналитическом и других методов.

Также использован метод оценки смыва почвы, предназначенный для выявления и принятия мер по возникновению рисков, а также для своевременного и эффективного реагирования на любые отклонения.

Результаты и обсуждение

Ранние противоэрозионные меры в Казахстане были направлены против ветровой эрозии, а о вреде водной эрозии в период снеготаяния особо не придавали значения. Практика показала ошибочность такого подхода. Научкой доказано, что в смытых почвах урожайность сельскохозяйственных культур снижается до 80%. По данным ученых России и США в процессе водной эрозии в период снеготаяния смыв почвы достигает до 15 тн/га за несколько дней. В Казахстане водная эрозия изучалась с разработкой противоэрозионных мер лишь в предгорных и горных зонах.

В Казахстане, так же как по всему Западному региону меры, направленные на управление талыми водами и сокращению водной эрозии, относят к актуальным задачам. Без изучения данного вопроса, невозможно эффективно реализовать проекты по переводу землепользования на ландшафтно-экологические основы, а следовательно, невозможно будет добиться более эффективного и устойчивого перевода сельскохозяйственного землепользования на экологически

безопасную основу, сократить и предупредить деградацию и опустынивание земель.

Сохранение плодородия почв, их мелиорация – вопросы постоянного внимания и заботы многих международных организаций, таких как ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций), ЮНЕСКО (Организация объединённых наций по вопросам просвещения, науки и культуры), ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде), МКЖД (Международная комиссия по ирригации и дренажу).

По сведениям М. Киркби и К. Моргана (1984). В США на очистку воды от ила тратится около одного миллиона долларов в день [4].

Как отмечают Г.П.Сурмач (1979) [5], В.Д.Иванов (1985) [6], М.С.Кузнецов (2002) [7] и др. водная эрозия почв является следствием сложного взаимодействия природных факторов (климата, рельефа, почвы, растительности) и хозяйственной деятельности человека.

Рассматривая основные факторы эрозии, вызываемой стоком талых вод, следует отметить, что смыв почвы при снеготаянии связан, прежде всего, с формированием снежного покрова (Г.П.Сурмач, 1967, 1971, В.М.Васильева, Э.С.Херсонский, 1977, А.В. Павлов, 1979 и др.) [8-11], глубиной промерзания, увлажнением почвы, скоростью ее растаивания, эродирующей способностью талых водных потоков, рельефа, агрофона, противоэрозионной стойкости почв и др. Среди этих факторов управляемым является агрофон. Так по данным М.С.Кузнецова и В.В.Демидова (2002) [12] увеличению высоты снежного покрова и запасов воды в нем по сравнению с отвальной вспашкой способствуют применение на склонах плоскорезной обработки почвы с сохранением стерни на поверхности почвы (соответственно на 3,5-4,5 см и 7-10,8 мм), посевы озимых зерновых культур (11-13 см и 10,8-18,5 мм) и многолетних трав 1-го и 2-го года пользования (7-8,5 см и 22,6-28,8 мм). Установлено (М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов, 1996 и др.), что для северных районов этот показатель выше, чем для южных: в Подмосковье он составляет 0,065 мм/мин, в то время как на Кубани его величина всего лишь 0,015 мм/мин.

Вопрос о допустимых потерях почвы еще менее изучен, чем расчетная величина смыва. По сведениям М.В.Зарубаев (1976), величина допустимого смыва может колебаться от 0,2 до 25 т/га/год [13].

В рассмотренных работах рекомендуются весьма высокие допустимые нормы эрозии.

Как велика, например, эта «норма» для черноземов, показывает такой пример. По расчетам А.Г.Рожкова (1981) в Центральночерноземной зоне среднегодовой смыв почвы за весь период использования пашни на склонах круче 1° составил 3,9 т/га [14]. Следовательно, фактический смыв почвы за сотни лет был ниже рекомендуемой нормы. Но, как известно, такой темп смыва почвы не компенсировался.

Наиболее приемлемыми, по мнению многих авторов являются в настоящее время реальные с практической и экологической точки зрения рекомендации по нормам смыва, разработанные Г.П. Сурмачем (1992): 0,5-2,0 т/га в год (0,05-0,2 мм/год при плотности сложения почвы 1 т/м^3) в зависимости от типа почвы, степени ее смытости и плотности материнской породы [15].

Разрабатываемая научно-техническая продукция соответствует актуальным проблемам Казахстана, так и стран, расположенных в аналогичных климатических условиях Украины, Молдовы, Центрально-Азиатских суверенных государств и для отдельных южных территорий России, а также для стран дальнего зарубежья.

Влияние полученных результатов на развитие науки и технологий и ожидаемый социальный и экономический результат выражается в том, что применение модели RUSLE с методами геообработки является эффективным методом оценки потерь почв в водоразделах, сельскохозяйственных угодьях.

Результаты предлагаемой технологии полезны для дополнения стратегий борьбы с эрозией, а также для создания и реализации природоохранных программ в этой области окружающей среды и заслуживает повсеместного внедрения. Результаты помогут лучше понять текущую ситуацию и отношения потерь почв, так как Казахстан является аграрной страной.

В работе показан ход и алгоритм использования методики Smith в бассейне реки Оленты для расчета коэффициента осадков R с применением усовершенствованного уравнения. Именно это является новизной, практическая значимость заключается в применении данного алгоритма в вопросах эрозионных процессов в Министерстве сельского хозяйства Республики Казахстан, местного управления, крестьянских хозяйствах и т.д. Учреждениям и организациям заинтересованных в получении качественной разноплановой информации, отражающей современное состояние почвенного покрова сельхоз угодий.

Благодаря эффективному управлению земельными ресурсами можно достигнуть цели по

увеличению урожайности и гарантированно получать высокие доходы в той или иной области.

Для вычисления территории бассейна реки в программе *ArcGIS* были использованы SRTM снимки, в которых есть данные по высотам.

Для вычисления границ бассейна реки выполнен алгоритм действий. Во-первых, использован инструмент Заполнение (Fill), здесь происходит процесс сглаживания снимка. Следующим действием является создание карты Направление стоков (Flow Direction). Подготовленный растр содержит в каждом пикселе информацию в целочисленном виде (1,4,8,16,32,64,128) о направлении стоков по сторонам света. Затем, используется инструмент суммарный сток (Flow Accumulation) для идентификации русел рек. В итоге снимок будет иметь черный цвет, на котором будут видны реки белого цвета. Однако для более отчетливого представления рек используется растяжка снимка. После этого, указывается опорная точка, от которой *ArcGIS* будет использовать функцию «Вырисовывать» для бассейна реки. Для этого используем инструмент Рисование (Drawing). В конечном итоге для выделения границ бассейна реки используется водосборная область (Watershed).

Карту смыва почв строят на основе универсального уравнения смыва почв по формуле:

$$A = R * K * LS * C * P,$$

где R – фактор количества осадков

K- коэффициент размываемости почвы

LS – фактор: L- коэффициент длины, S- коэффициент уклона

C – коэффициент землепользования

P – фактор противоэрозионных мероприятий.

Для определения фактора R среднегодового количества осадков использовались снимки в растровом формате и была проведена интерполяция. В результате получили значения осадков для исследуемого участка, на основе которых строилась карта среднегодового количества осадков (Рис.1).

Для создания почвенной карты и механического состава почв были взяты отсканированные почвенные карты территории бассейна реки Оленты, которые использовались для подложки при оцифровке почвенной карты (Рис.2). Оцифровку производили по контуру, в центре каждой ячейки имелись обозначения, к которым присвоен тип почвы и ее механический состав. Например, 12В – это светлокаштановые почвы, имеющие механический состав из среднего суглинка.

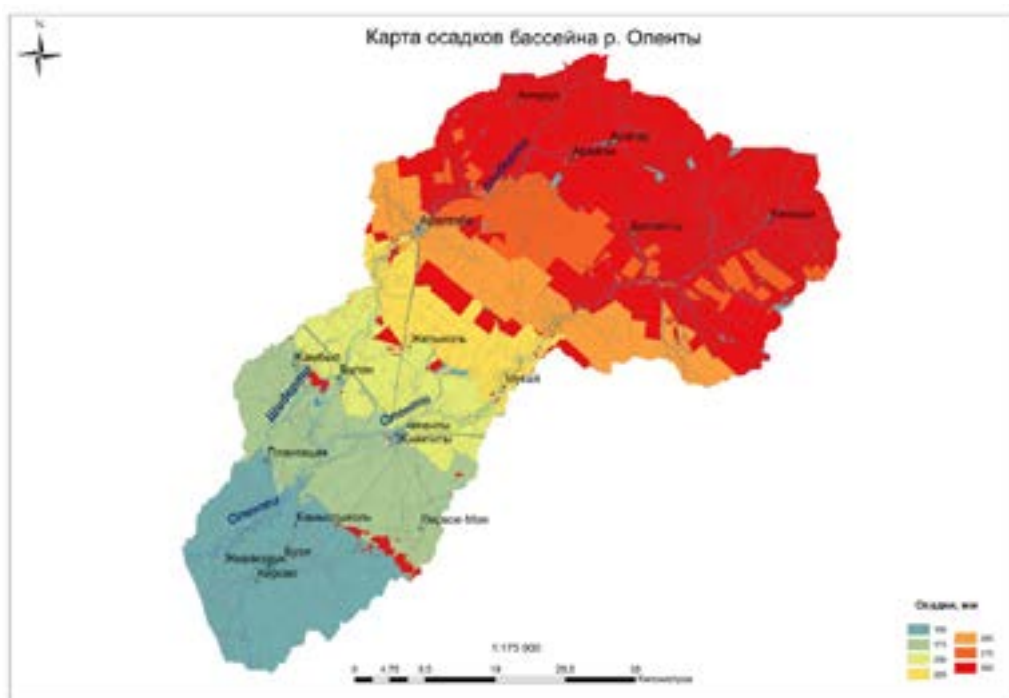


Рисунок 1 – Карта среднегодового количества осадков бассейна реки Оленты

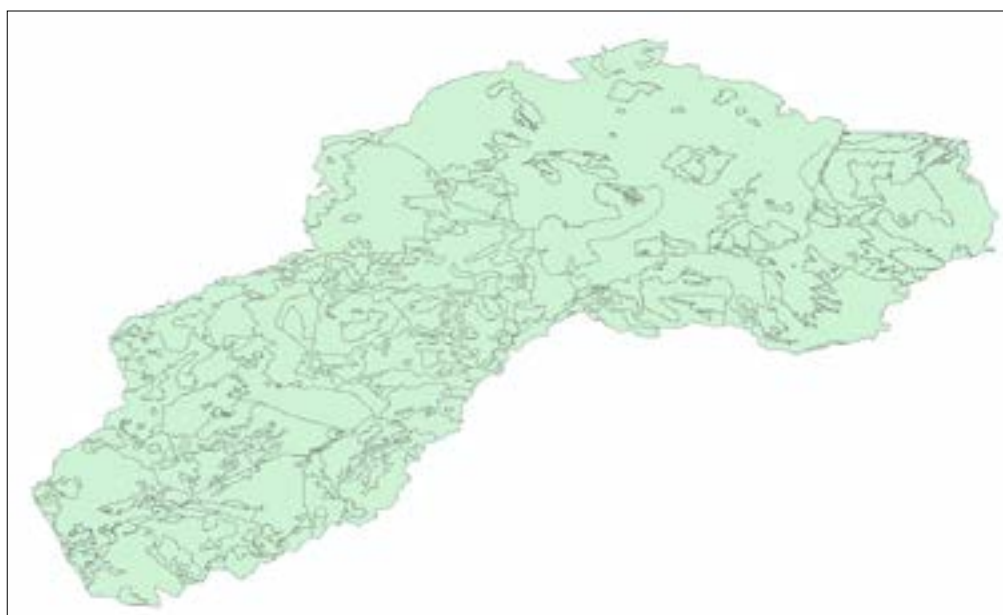


Рисунок 2 – Оцифрованная карта механического состава почвы реки Оленты

Далее по данным из таблицы находим значения для коэффициента K по типу механического состава почвы (Рис. 3).

На основе этих данных получаем карту механического состава почв (Рис. 4).

Для расчета LS фактора использовался SRTM-снимок территории, по которому был вы-

считан уклон, а уже далее по таблице был сделан расчет LS (Рис. 5).

Фактор C можно определить, выбрав метод типа посева и обработки почвы (Таблица 1 и Таблица 2, соответственно). Чтобы вычислить коэффициент землепользования, были выбраны значения из таблицы 1 и умножены их на значе-

ние из таблицы 2, в результате получены коэффициенты фактора С.

Например, для пастбища коэффициент С будет $0,25 * 0,02 = 0,005$;

Для пашни, на которой произрастают зерновые культуры и проводится зональная обработка почвы коэффициент С будет равен $0,25 * 0,40 = 0,1$.

Table 2. K Factor Data

Textural Class	K Factor tonnes/hectare (tons/acre)		
	Average OMC*	Less than 2% OMC	More than 2% OMC
Clay	0.49 (0.22)	0.54 (0.24)	0.47 (0.21)
Clay loam	0.67 (0.30)	0.74 (0.33)	0.63 (0.28)
Coarse sandy loam	0.16 (0.07)	=	0.16 (0.07)
Fine sand	0.18 (0.08)	0.20 (0.09)	0.13 (0.06)
Fine sandy loam	0.40 (0.18)	0.49 (0.22)	0.38 (0.17)
Heavy clay	0.38 (0.17)	0.43 (0.19)	0.34 (0.15)
Loam	0.67 (0.30)	0.76 (0.34)	0.58 (0.26)
Loamy fine sand	0.25 (0.11)	0.34 (0.15)	0.20 (0.09)
Loamy sand	0.09 (0.04)	0.11 (0.05)	0.09 (0.04)
Loamy very fine sand	0.87 (0.39)	0.99 (0.44)	0.56 (0.25)
Sand	0.04 (0.02)	0.07 (0.03)	0.02 (0.01)
Sandy clay loam	0.45 (0.20)	=	0.45 (0.20)
Sandy loam	0.29 (0.13)	0.31 (0.14)	0.27 (0.12)
Silt loam	0.85 (0.38)	0.92 (0.41)	0.83 (0.37)
Silty clay	0.58 (0.26)	0.61 (0.27)	0.58 (0.26)
Silty clay loam	0.72 (0.32)	0.79 (0.35)	0.67 (0.30)
Very fine sand	0.96 (0.43)	1.03 (0.46)	0.83 (0.37)
Very fine sandy loam	0.79 (0.35)	0.92 (0.41)	0.74 (0.33)

Рисунок 3 – Данные коэффициента К



Рисунок 4 – Карта механического состава почв бассейна реки Оленки

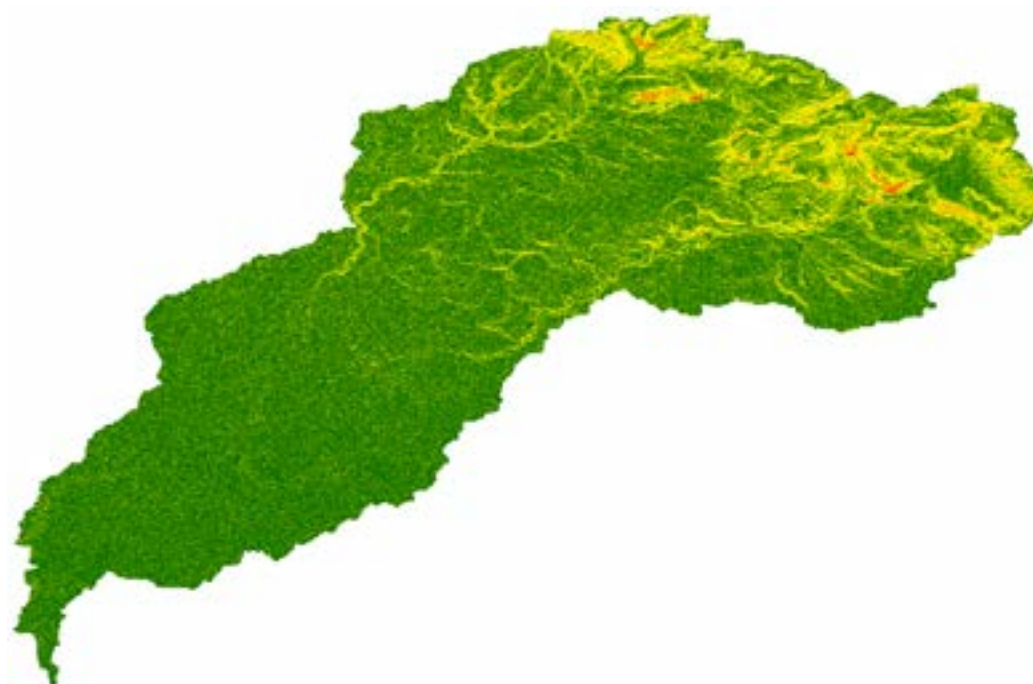


Рисунок 5 – Уклон бассейна реки Оленты

Table 3A. LS Factor Calculation

Slope Length: m (ft)	Slope (%)	LS Factor
30.5 (100)	10	1.38
	8	1.00
	6	0.67
	5	0.54
	4	0.40
	3	0.30
	2	0.20
	1	0.13
	0	0.07
61 (200)	10	1.95
	8	1.41
	6	0.95
	5	0.76
	4	0.53
	3	0.39
	2	0.25
	1	0.16
	0	0.08
122 (400)	10	2.76
	8	1.99
	6	1.35
	5	1.07
	4	0.79
	3	0.52
	2	0.34
	1	0.20
	0	0.09

Рисунок 6 – Данные коэффициента LS

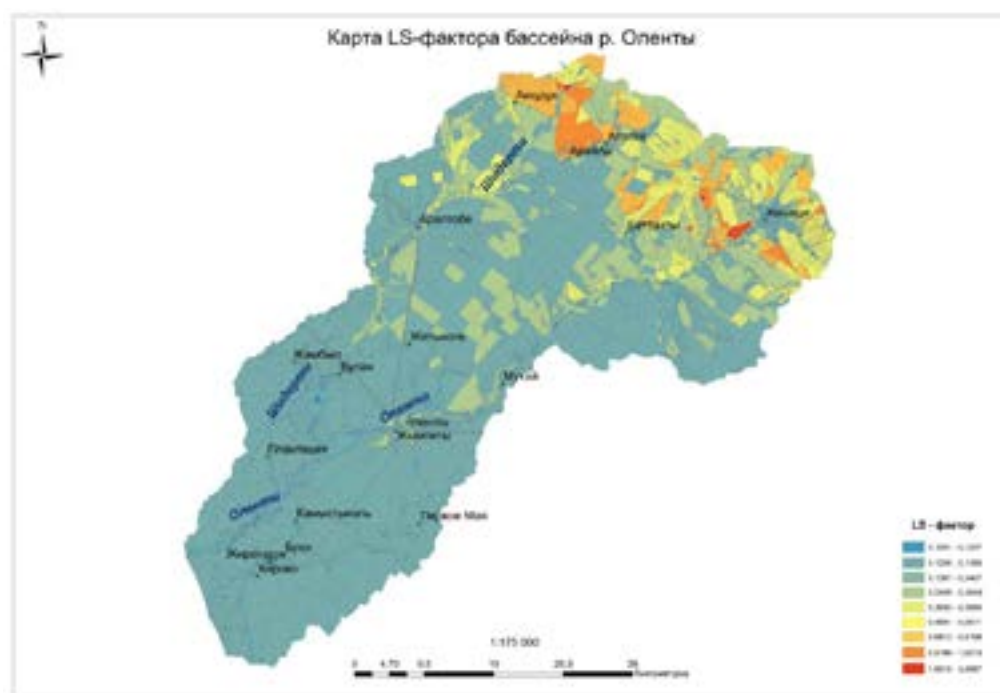


Рисунок 7 – Карта LS – фактора бассейна реки Оленты

Таблица 1 – Фактор видов сельскохозяйственных культур

Виды сельскохозяйственных культур	Фактор
Зерновые культуры	0.40
Сулои кукурузы, бобы и капуста	0.50
Крупы (весенние и зимние)	0.35
Садовые культуры	0.50
Фруктовые деревья	0.10
Сенокос и пастбища	0.02

Р – фактор противоэрозионных мероприятий, значение данного фактора составляет 0,25. Противоэрозионные мероприятия включают себя комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических и гидротехнических работ для снижения степени эрозии почв.

Таблица 2 – Фактор и методы обработки почв

Метод обработки почв	Фактор
Осеннее плугование	1.0
Весеннее плугование	0.90
Мульчирование	0.60
Хвостовая обработка почв	0.35
Зональная обработка почв	0.25
Нет почвообработки	0.25

Вычислив коэффициенты всех факторов, с помощью универсального уравнения смыва почв, определяются фактор А ($A = R * K * LS * C * P$) и получается карта смыва почв для сельскохозяйственных угодий территории бассейна реки Оленты.



Рисунок 8 – Карта сельскохозяйственных угодий бассейна реки Оленты

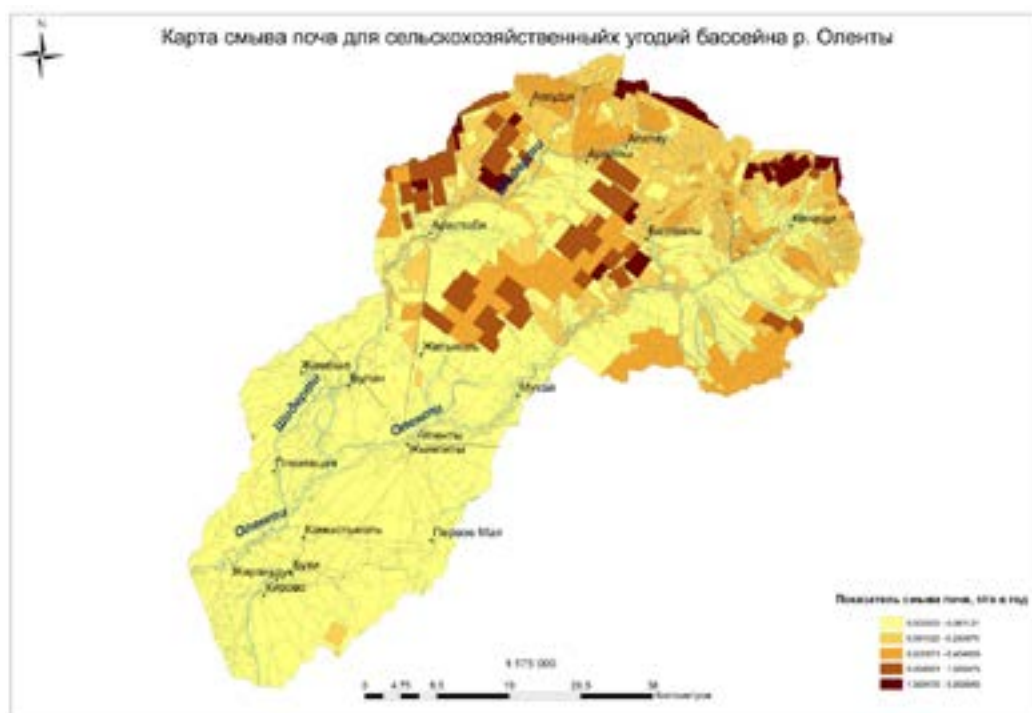


Рисунок 9 – Карта смыва почвы для сельскохозяйственных угодий

Заключение

Из результатов видно, что южная часть бассейна реки имеет показатель смыва почв от 0 до 0,06 т/га в год. Эти земли в основном используются под пастбища и небольшие участки территории под сенокос, расположенные в большинстве случаев на каштановых почвах и солонцах мелких солончаковатых, по механическому составу в основном преобладает тяжелый суглинок. Также эта территория располагается на равнинной части бассейна и имеет наименьшее количество осадков по бассейну реки. Данная территория занимает около 40% всего бассейна реки.

Центральная и северная части имеют различные показатели и колеблются от самых наименьших показателей до самых наивысших, так как территории этих земель значительно отличаются друг от друга, как по типу почв, так и по механическому составу почвы, имеют различный уклон и самое главное имеют различные виды землепользования. Самый высокий показатель смыва почв 1,57 – 5,96 т/га в год имеют пашни, расположенные в основном на каштановых почвах, имеющие механический состав, преобладающий из среднего и тяжелого суглинка, еще пашни, имеющие наивысший показатель характеризуются территорией с высоким количеством осадков и более крутым уклоном. Данные показателя смыва почв от 0,45 до 1,57 т/га в год также принадлежат пашням, но в отличие от предыдущего класса эти пашни расположены в большинстве случаев на почвах, по механическому составу относящихся к среднему суглинку.

Наименьший показатель 0,06 т/га в год относится к пастбищам: $0,3649 (LS) * 0,67 (K) * 0,005 (C) * 200 (R) * 0,25 (P) = 0,06 (A)$. Наибольший показатель 5,96 т/га в год относится к пашням: $1,1858 (LS) * 0,67 (K) * 0,1 (C) * 300 (R) * 0,25 (P) = 5,96 (A)$.

Анализируя данные расчетов, можно легко сказать, что большинство смыва почв приходится на обрабатываемые почвы. Усреднив, показали для каждого вида землепользования, можно увидеть, что наибольшие показатели смыва почв приходятся на пашни – 1,50 т/га, далее на огороды – 0,6 т/га, сенокос – 0,05 т/га, пастбища – 0,03 т/га.

По результатам исследования видно, что наибольший показатель смыва почв приходится на пашни, средний показатель около 1,50 т/га в год, что соответствует «допустимому уровню потери».

Сельскохозяйственные угодья и все необходимые показатели отдельных факторов определены на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с дальнейшей обработкой в среде ГИС.

Усовершенствовано универсальное уравнение потерь почвы (RUSLE) с внесением изменений, где предложено модернизированное универсальное уравнение потерь почвы с введением нового фактора Кривизны (Factor Cu) к топографическому фактору, который состоит из двух факторов: длины склона (L), крутизны склона (S) и добавленному фактору кривизна склона (Cu). При определении LSCu-фактора использована цифровая модель рельефа. Коэффициент LS получен из уравнения Стоуна и Хилборна.

С помощью инструментов программного обеспечения ArcGIS 10.1 на основе цифровой модели рельефа и спутниковых данных с применением ГИС технологий произведена обработка космических снимков SRTM территории и проведена идентификация видов землепользования с оцифровкой картографических материалов. Подготовлены предварительные карты для полевых работ с оцифровкой картографических материалов по карте растительности, карте землепользования, осадкам, механическому составу почвы, векторной почвенной карте Западно-Казахстанской области.

В Западно-Казахстанской области в связи с освоением целинных земель, строительством дорог, промышленных объектов, гидротехнических сооружений за послевоенные годы можно было ожидать интенсивное развитие эрозионных процессов. По данным почвоведов Западно-Казахстанского Государственного научно-производственного центра земельных ресурсов и землеустройства (ГДП ГосНПЦзема) и Западно-Казахстанского государственного университета (ЗКГУ) всего в области подвержено почвенной эрозии 3967,2 тыс.га земель, что соответствует 26,3 % их общего количества.

Крайне важно знать вид эрозии: ветровой или водной, а также их распространения.

В условиях Западной Сибири для образования стока при больших снегах и водосборных площадях по замерзшей почве весной бывает достаточно уклона даже на 1°.

Водная эрозия в период снеготаяния для экономики землепользователей и в целом всей страны наносит огромный ущерб (потеря урожая достигает до 10-70% планового).

Важно отметить, что вместе с талой водой с пашни наряду с мелкоземом смывается от 10 до

30% вносимых удобрений и пестицидов, ухудшающих экологическое состояние нижележащих территории. Расчистка водохранилищ, каналов и рек от продуктов водной эрозии требует больших капитальных вложений.

Данное исследование было профинансировано по проекту грантового финансирования на-

учных исследований по договору № 171/36-21-23 от «13» апреля 2021 г., по теме: AP09260232 «Усовершенствование универсального уравнения потерь почвы (RUSLE) для оценки смыва почвы сельскохозяйственных угодий Казахстана с применением ГИС-технологий и спутниковых данных» на 2021-2023 год.

Литература

1. Kim H.S. Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed, South Korea. Doctoral dissertation. Colorado State University, USA – 2016.
2. Wischmeier W. H. Predicting rainfall erosion losses / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. – 2002. – № 537. – 65 p.
3. Wischmeier W.H., Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook 282. USDA-ARS, USA – 1998. – 242 p.
4. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Agriculture Handbook – 2016. – No 537, U.S. Department of Agriculture. – 47 p.
5. Ramazanova N. Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools / N. Ramazanova., T. Darbayeva., B. Chashina., Zh. Berdenov., E. Mendybayev., Wendt. J.A. & Atasoy E // Journal of Environmental Biology (JEB). – Vikas Nagar. INDIA – 2020. – P. 396-404.
6. Ian D. Moore and John P. Wilson. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Equation: Simplified method of estimation // Journal of Soil and Water Conservation – 1992. – 58 p.
- P.J.J. Desmet and G. Govers. A GIS procedure for automatically calculating the USLE factor on topographically complex landscape units // Journal of Soil and Water Conservation September – 1996. – https://www.researchgate.net/publication/233425999_A_GIS_procedure_for_automatically_calculating_the_USLE_LS_factor_on_topographically_complex_landscape_units
7. Renard KG, Foster G, Weesies GA, Mccool DK, Yoder DC. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural Handbook – 2017. – No 703. United States Department of Agriculture, Washington
8. Schultz, R.C., J.P. Colletti, T.M. Isenhardt, C.O. Marquez, W.W. Simpkins and C.J. Ball. Riparian forest buffer practices. Chapter 7 pp 189-282; in: Garrett, H.E., W.J. Rietveld and R.F. Fisher (eds.) North American Agroforestry: An integrated science and practices. American Society of Agronomy, Madison, WI. – 2000. – 402 pp.
9. Түрекханов А. Базис эффективного использования природных пастбищ. Наука – 2016. – 18 с.
10. Van Remortel, R.D., Maichle, R.W., Hickey, R.J. Computing the LS Factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through ArrayBased Slope Processing of Digital Elevation Data Using a C++ Executable. Computers & Geosciences 30 – 2004. – P. 1043–1053.
11. Willett, C.D., R.N. Lerch, R.C. Schultz, S.A. Berges, R.D. Peacher, and T.M. Isenhardt. Streambank Erosion in Two Watersheds of the Central Claypan Region of Missouri, USA. Journal of Soil and Water Conservation. doi:10.2489/jswc.67.4.249 – 2012.
12. Акиянова Ф.Ж., Васильченко Н.И. Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона // Материалы международной конференции «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития». Улан-Уде – 2015. – С. 372–376.
13. Воронин А.Д., Кузнецов М.С. Опыт оценки противозерозионной стойкости почв // Эрозия почв и русловые процессы. – 1978. – Вып. 1. – М. – С. 99-115.
14. Гаврилица А.О. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации // Почвоведение. – 1993. – № 1. – С. 77-84.
15. Гендугов В.М., Глазунов Г.П. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха. – 2007. – М.: Физматлит, – 240 с.
16. Добровольский Г.В., под ред. Добровольского Г.В. Деградация и охрана почв: монография. – 2002 – М.: Изд-во МГУ – 654 с.
17. Заславский М.Н. Эрозиоведение : учебник для геогр. и почв. спец. вузов. – 1983. – М.: Высшая школа, – 320 с.
18. Заславский М. Н. Эрозия почв. – 1979. – М.: Мысль, – 245 с.
19. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., Зорина Е.Ф. Физические основы эрозии почв. Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – 1992. – М. : Изд-во МГУ, – 95 с.
20. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв : основные закономерности и количественные оценки. – 1993. – М.: Изд-во МГУ, – 200 с.
21. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. – 1955 – АН СССР, Ин-т геогр. – М.: АН СССР, – 348 с.
22. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. – 1967. – М.: Колос, – 179 с.
23. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – 1970. – М.: Колос, – 239 с.
24. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – 1988 – Л.: Гидрометеиздат, – 303 с.

25. Токсанбаева С.Т., Рамазанова Н.Е., Тусупбеков Ж.А. Оценка эрозии почв по модели «Rusle» бассейна реки Нура. // Вестник КазНУ. Серия Географическая. – 2021 – Том 61, № 2, 108-119 с.

References

1. Kim, H.S. Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed. South Korea: Colorado State University, USA, Doctoral dissertation, 2016.
2. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. "Predicting rainfall erosion losses." Handbook, no. 537. (2002): 65 p.
3. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. "Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning." Agriculture Handbook, no. 282. (1978): 242 p.
4. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. "Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning." Agriculture Handbook, no. 537. (1978): 47 p.
5. Ramazanov, N. "Modeling soil erosion in the Chagan river of the west Kazakhstan with using RUSLE and GIS tools." Journal of Environmental Biology. Vikas Nagar. INDIA. (2020): 396-404 p.
6. Ian D. Moore and John P. "Wilson Length-slope factors for the Revised Universal Soil Equation: Simplified method of estimation." Journal of Soil and Water Conservation. (1992): 58 p.
7. P.J.J. Desmet and G. Govers. "A GIS procedure for automatically calculating the USLE factor on topographically complex landscape units." Journal of Soil and Water Conservation September. (1996)
8. Renard, K.G., Foster, G., Weesies, G.A., Mccool, D.K., Yoder, D.C. "Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)". Agricultural Handbook, no 703. (2017).
9. Schultz, R.C., Colletti, J.P., Isenhardt, T.M., Marquez, C.O., Simpkins, W.W. and Ball, C.J. "Riparian forest buffer practices." North American Agroforestry: An integrated science and practices. American Society of Agronomy. Chapter 7 (2000): 402 p.
10. Turekhanov A. Bases of effective use of natural pastures. Science, 2016.
11. Van Remortel, R.D., Maichle, R.W., Hickey, R.J. "Computing the LS Factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through ArrayBased Slope Processing of Digital Elevation Data Using a C++ Executable." Computers & Geosciences, no. 30 (2004): 1043–1053 p.
12. Willett, C.D., Lerch, R.N., Schultz, R.C., Berges, S.A., Peacher, R.D. and Isenhardt, T.M. "Streambank Erosion in Two Watersheds of the Central Claypan Region of Missouri, USA." Journal of Soil and Water Conservation. (2012).
13. Akiyanova, F.ZH., Vasil'chenko, N.I. "Protsessy erozii i deflyatsii pochv Akmolinskoy oblasti v usloviyakh aglomeratsionnogo razvitiya regiona" [Processes of erosion and deflation of soils in Akmola region in the conditions of agglomeration development of the region] Materialy mezhdunarodnoy konferentsii Ekosistemy Tsentral'noy Azii v sovremennykh usloviyakh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya [Materials of the international conference Ecosystems of Central Asia in modern conditions of socio-economic development]. Ulan-Ude. (2015): p. 372–376.
14. Voronin, A.D., Kuznecov, M.S. Opyt ocenki protivooerozionnoj stojkosti pochv [Experience in assessing soil erosion resistance]. Eroziya pochv i ruslovyye processy. Moscow: Vyp. 1., 1970.
15. Gavrilica, A.O. Eroziyonnye processy pri polive dozhddevaniem i puti ih minimizatsii [Erosion processes during sprinkling and ways to minimize them]. Pochvovedenie, № 1, 1993.
16. Gendugov V.M., Glazunov G.P. Vetrovaya eroziya pochvy i zapylenie vozduha [Wind soil erosion and air dusting]. Moscow: Fizmatlit, 2007.
17. Dobrovol'skij, G.V. Degradatsiya i ohrana pochv: monografiya [Soil degradation and protection: monograph]. Moscow: Izd-vo MGU, 2002.
18. Zaslavskij, M.N. Eroziyvedenie : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec, vuzov [Erosiology: a textbook for geogr. and soils. specialist, universities]. Moscow: Vysshaya shkola, 1983.
19. Zaslavskij, M.N. Eroziya pochv [Soil erosion]. Moscow: Mysl', 1979.
20. Kuznecov, M.S., Glazunov, G.P., Zorina, E.F. Fizicheskie osnovy erozii pochv [Physical basis of soil erosion]. Moscow: MGU, 1992.
21. Larionov, G.A. Eroziya i deflyatsiya pochv : osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye ocenki [Soil erosion and deflation: basic patterns and quantitative estimates]. Moscow: MGU, 1993.
22. Makkaveev, N.I. Ruslo reki i eroziya v ee bassejne [River bed and erosion in its basin]. Moscow: AN SSSR, 1955.
23. Mirckhulava, C.E. Razmyv rusel i metodika ocenki ih ustojchivosti [Erosion of channels and methods for assessing their stability]. Moscow: Kolos, 1967.
24. Mirckhulava, C.E. Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj erozii [Engineering methods for calculating and forecasting water erosion]. Moscow: Kolos, 1970.
25. Mirckhulava, C.E. Osnovy fiziki i mekhaniki erozii rusel [Fundamentals of physics and mechanics of channel erosion]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988.
- Toxanbayeva, S.T., Ramazanov, N.E., Tusupbekov, Zh.A. "Ocenka erozii pochv po modeli «Rusle» [Assessment of soil erosion using the Rusle model]" Vestnik KazNU. Seriya Geograficheskaya. Tom 61, no. 2 (2021): 108-119 p. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v61.i2.10>

МРНТИ 62.13.55

<https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v71.i2.04>

Ф.К. Сарсекеева* , **К. Болатхан** , **Е.С. Сапархан** ,
С.К. Сандыбаева , **А.Т. Амантаева** , **Б.К. Заядан** 

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

* e-mail: fariza.sarsekeyeva@kaznu.edu.kz

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН КАК СРЕДЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ – ПРОДУЦЕНТОВ БИОДИЗЕЛЯ

Микроводоросли характеризуются быстрым фотоавтотрофным ростом и высокой скоростью накопления биомассы, их рассматривают как альтернативу сырью для получения возобновляемых источников энергии, таких как биодизель. Исследования биотоплива это не просто вопрос о нахождении правильного типа биомассы и преобразование его в топливо, но также нахождение экологически и экономически обоснованных вариантов. В работе приведены результаты исследований по использованию термальных и минеральных источников как среды для культивирования микроводорослей *Parachlorella kessleri* DZP-5, *Parachlorella kessleri* B2 и *Ankistrodesmus falcatus* B5.

Было показано что при использовании воды из горячего источника «Аршан» и соленного озера «Балхаш» для разбавления среды Тамия в соотношении 50:50 можно получить интенсивный рост культур микроводорослей и при этом сохранить основные характеристики микроводорослей продуцентов биоизельного топлива. Также приведен состав жирных кислот трех испытуемых штаммов микроводорослей, который показал их потенциал как продуцентов биодизеля.

Ключевые слова: микроводоросли, термальные и минеральные источники, культивирование, продуценты биодизеля, жирные кислоты.

F.K. Sarsekeyeva*, K. Bolatkhan, E.S. Saparkhan, S.K. Sandybayeva,
A.T. Amantayeva, B.K. Zayadan

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: fariza.sarsekeyeva@kaznu.edu.kz

Possibilities of using thermal and mineral springs of the Republic of Kazakhstan as a medium for the cultivation of microalgae – biodiesel producers

Microalgae are characterized by rapid photoautotrophic growth and a high rate of biomass accumulation and are considered as an alternative feedstock for renewable energy sources such as biodiesel. Biofuel research is not just a matter of finding the right type of biomass and converting it into fuel, but also finding environmentally and economically viable options. The paper presents the results of studies on the use of thermal and mineral water sources as a medium for the cultivation of microalgae *Parachlorella kessleri* DZP-5, *Parachlorella kessleri* B2 and *Ankistrodesmus falcatus* B5.

It was shown that when using water from the «Arshan» thermal water source and the Balkhash salt lake to dilute the Tamiya medium in a ratio of 50:50, it is possible to obtain an intensive growth of microalgae cultures and at the same time preserve the main characteristics of microalgae producers of biodiesel fuel. The composition of fatty acids of three tested strains of microalgae is also given, which showed their potential as producers of biodiesel.

Key words: microalgae, thermal and mineral springs, cultivation, biodiesel producers, fatty acids.

Ф.К.Сарсекеева, К. Болатхан, Е.С. Сапархан, С.К. Сандыбаева,
А.Т. Амантаева, Б.К. Заядан

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

*e-mail: fariza.sarsekeyeva@kaznu.edu.kz

Қазақстан Республикасының термальды және минералды су көздерін биодизель продуценті микробалдырларды дақылдау үшін пайдалану мүмкіндіктері

Микробалдырлар жылдам фотоавтотрофты өсумен және биомассаның жоғары жинақталуымен сипатталады және биодизель сияқты жаңартылатын энергия көздері үшін балама шикізат ретінде қарастырылады. Биоотынды зерттеу – биомассаның дұрыс типін тауып, оны отынға айналдыру туралы ғана емес, сонымен қатар экологиялық және экономикалық тұрғыдан негізделген нұсқаларды табу болып табылады. Жұмыста *Parachlorella kessleri* DZP-5, *Parachlorella kessleri* B2 және *Ankistrodesmus falcatus* B5 микробалдырларын өсіру ортасы ретінде термальды және минералды су көздерін пайдалану бойынша зерттеулердің нәтижелері берілген.

Тамия ортасын 50:50 қатынасында сұйылту үшін «Аршан» термальды бұлағы мен Балқаш тұзды көлінің суын пайдаланған кезде микробалдырлар дақылдарының қарқынды өсуін алуға және сонымен бірге, биодизельді отынның продуценттері микробалдырлардың негізгі сипаттамаларын сақтауға болатыны көрсетілді. Оған қоса, микробалдырлардың үш сыналған штамының май қышқылдарының құрамы берілді, бұл олардың биодизель продуценттері ретіндегі әлеуетін көрсетті.

Түйін сөздер: микробалдырлар, термиялық және минералды су көздері, дақылдау, биодизель продуценттері, май қышқылдары.

Введение

Микроводоросли являются наиболее эффективным биологическим продуцентам естественных углеводов в форме жирных кислот, а значит – и универсальным возобновляемым источником биомассы, пригодной для быстрой переработки в биодизель [1,2]. Содержание липидов в клетках микроводорослей зависит от нескольких факторов, таких как поступление энергии, штамма микроводорослей, условий культивирования и т.п. В данное время используется огромное количество способов культивирования фототрофных микроорганизмов, но не все они могут обеспечить низкую себестоимость получаемой продукции [3,4]. Термальные и минеральные источники, которыми богата наша республика могли бы помочь удешевить технологию получения биомассы микроводорослей.

Благодаря особенностям природы геолого-тектонического строения территория Республики Казахстан обладает весьма уникальным и даже в каком-то смысле редчайшим по химическому составу подземных источников термальных и минеральных вод. На сегодняшний день согласно данным отдела курортологии КазНИИ, в республике изучено около 500 источников минеральных вод, 78 грязевых озер и 50 климатических местностей. На территории РК выявлены термальные сульфатно-гидрокарбонатные

натриевые и йодобромные, хлоридные кальциево-натриевые воды, термальные радоновые хлоридно-сульфатные натриевые, содержащие азот воды [5]. Так в республике имеются все виды бальнеологических групп минеральных вод, за исключением группы углекислых. Большинство из них относится к бальнеологической группе вод без специфических компонентов и свойств. В Уйгурском районе Алматинской области, у подножья Кетменских гор и вдоль реки Или имеется большое количество термальных артезианских источников со слабо минерализованной радоновой водой. Во все эти источники поступает вода, подогретая с магматическими интрузиями в районах активного вулканизма. В данной местности насчитывается около 140 таких артезианских термальных источников, температура которых колеблется в пределах от 20°C до 100°C [6].

Селекция штаммов и их характеристика, позволяют использовать водные ресурсы различного качества воды для культивирования штаммов с желательными фенотипами, а также играют важную роль в перспективности получения биодизельного топлива из микроводорослей.

В состав питательных сред, используемых при культивировании микроводорослей, входят макро- и микроэлементы, они обеспечивают нормальную жизнедеятельность и рост клеток. Но каждый элемент имеет свои пределы допустимой концентрации (ПДК), при нарушении

которых клетки микроводорослей прекращают размножаться или же наступает их гибель [7].

Все микроорганизмы, в том числе и микроводоросли, имеют свойство менять биохимический состав клеток, таким образом, реагируя на изменение концентрации биогенных элементов в питательной среде. Содержание основных компонентов клетки, таких как белки, углеводы, липиды и др. может меняться в очень больших пределах. Так, при дефиците азота может значительно уменьшаться клеточная биомасса и содержание зольных веществ в клетке, содержание хлорофилла и белка в органическом веществе, но при этом увеличивается количество углеводов и липидов, тем самым увеличивая сухой вес. При дефиците серы разрушается хлорофилл, уменьшается содержание белка, но, тем не менее, происходит увеличение среднего размера одиночной клетки за счет резкого увеличения содержания липидов. Факторы минерального питания можно разделить на две основные группы. В первую группу входят азот и сера. При недостатке данных элементов не происходит немедленного прекращения биосинтетических процессов в клетках микроводорослей, но замедляются процессы деления и останавливается развитие клетки. В итоге клетка накапливает органические вещества и увеличивается её вес. Так как при дефиците азота происходит полное подавление синтеза белка, то клетки накапливают безазотистые соединения такие как углеводы и липиды.

Вторая группа элементов состоит из фосфора, магния, калия, железа. Недостаток этих элементов оказывает отрицательное действие в первую очередь на процессы анаболизма, то есть на биосинтез основных компонентов клетки, тогда как деление клеток происходит обычно (за исключением недостатка магния) нормально. В итоге можно заметить замедление роста клеток и накопление сухих веществ клетками микроводорослей. Таким образом, можно отметить, что модифицируя и изменяя элементный состав питательной среды, можно получать продукт нужного состава с желаемым соотношением белка и жиров. Так, на среде богатой азотом, микроводоросли могут накапливать от 40 до 88% сырого протеина и 5% жира, а при недостатке азота и избытке углерода в питательной среде, наоборот, – 88% жира и 5% протеина [8,9]. Согласно экспериментальным данным предоставленными

аторами П.Хелда и Н.Б. Аужановой было установлено, что на биохимический состав клеток микроводорослей особенно сильно оказывает влияние недостаток азотсодержащих веществ, стимулирующий накопление внутриклеточных нейтральных липидов – триацилглицеридов (ТАГ), как запасных питательных веществ, количество липидов увеличивается в 1,7 – 15 раз.

Материалы и методы исследования

Объектами данной работы являлись культуры – *Parachlorella kessleri* B2 и *Ankistrodesmus falkatus* B5 выделенные из термального источника Уйгурского района и озера Балхаш и коллекционный штамм – *Parachlorella kessleri* DZP-5 из коллекции фототрофных микроорганизмов лаборатории биотехнологии КазНУ имени аль-Фараби

Данные штаммы согласно жирнокислотному составу липидов и прироста биомассы являются потенциальными продуцентами биодизеля.

Вода для опыта отбиралась из горячего источника «Аршан» (Алматинская область, Уйгурский район) место нахождения 300 км от города Алматы в восточном направлении и в восточной части озера Балхаш (вблизи истока реки Лепсы, Алматинской области).

Органолептические исследования горячего источника «Аршан» показывают, что вода не имеет примесей, на цвет прозрачная, на вкус минеральная, на ощупь-жирная. Общий химический анализ и элементный состав согласно литературным данным [10] приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Общий химический анализ воды

Компоненты	Единица измерения	Фактически получено
pH	pH	8,2
Хлориды	Мг/л	173,25
Сульфаты	Мг/л	225,5
Щелочность	Ммоль/л	6,4
Общая жесткость	Мг/л	1,3
Гидрокарбонаты	Мг/л	974,32
Сухой остаток	Мг/л	858,0
Минерализация	Мг/л	558,0

Таблица 2 – Элементный состав воды

Наименование химического элемента	Единица измерения	Фактически получено
Натрий	Мг/л	9874,44
Магний	Мг/л	93,25
Алюминий	Мг/л	38,66
Кремний	Мг/л	6485,58
Фосфор	Мг/л	634,13
Сера	Мг/л	4763,13
Калий	Мг/л	1215,91
Кальций	Мг/л	8488,7
Титан	Мг/л	46,72
Ванадий	Мг/л	3,14
Хром	Мг/л	3,72
Марганец	Мг/л	2,77
Железо	Мг/л	112,81
Кобальт	Мг/л	0,008
Никель	Мг/л	0,18
Медь	Мг/л	1,85
Цинк	Мг/л	14,77
Германий	Мг/л	6,86
Мышьяк	Мг/л	3,28
Рубидий	Мг/л	1,52
Стронций	Мг/л	6,25
Молибден	Мг/л	34,23
Серебро	Мг/л	0,65
Кадмий	Мг/л	0,03
Олово	Мг/л	32,53
Сурьма	Мг/л	3,58
Барий	Мг/л	2,23
Свинец	Мг/л	2,08

По данным таблицы 2, вода из горячего источника «Арашан» богата элементами как натрия, кремний, калий, кальций, сера, железо, фосфор, магний и т.д. необходимые для полноценного культивирования микроводорослей.

Минерализация воды в восточной части озера Балхаш, согласно литературным данным, составляет от 3,5 до 6 г/л. Органолептические исследования показывают, что вода на вид прозрачная, без лишних примесей, на вкус минерально-соленая, на ощупь полу жирная. Показатели минерализации ионного состава озера Балхаш, полученные из литературных данных [11] приведены в таблице 3

Таблица 3 – Показатели минерализации ионного состава озера Балхаш

Компоненты	Единица измерения	Фактически получено
Cl	моль/м³	19,5
SO ₄ ²⁻	моль/м³	21,8
HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	моль/м³	8,7
Ca ²⁺	моль/м³	0,4
Mg ²⁺	моль/м³	14,6
Na ⁺ +K ⁺	моль/м³	35,0

Выращивание проводилось методом накопления при соблюдении оптимальных условий обеспечивающих рост и развитие микроводорослей, соблюдали температурный режим и освещение. В качестве питательной среды, для выращивания контроля, использовали среду Тамия. Для определения численности клеток использовали камеру Горяева. Определяли численность прямым подсчётом. Учет вели на 3, 7 и 14 сутки проведения эксперимента.

Для подсчета клеток использовали камеру Горяева и скорость роста по увеличению числа клеток в 1 мл суспензии экспериментальных культур. Коэффициент скорости роста по приросту численности клеток в экспериментальных колбах, испытываемых культур микроводорослей рассчитывали по формуле [12].

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{N_t}{N_0},$$

где N_0 – исходная численность клеток;

N_t – численность клеток через время t .

Определение липидов в клетках микроводорослей

Клетки микроводорослей отбирали в стационарной фазе и концентрировали биомассу с помощью центрифуги. Полученную биомассу микроводорослей высушивали до воздушно-сухого состояния. Для определения липидов – навеску массой 15-20 мг экстрагировали смесью хлороформ-метанол в соотношении 2:1 (реактив Фолча). Суммарное определение липидов проводилось по методу В.А Шуваева и др [13]. Через стеклянный фильтр дважды проводилась декантация жидкости и ее фильтрация. Смешивали первичный и вторичный фильтрат и отгоняли растворитель. Полученную смесь липидов высу-

шивали при температуре 100-102°C, осаждали и взвешивали на аналитических весах.

Определение жирнокислотного состава клеток

Для разделения биомассы от жирной смеси, приготавливаются четыре раствора (А, В, С, D). Далее производим экстракцию биомассы приготовленными растворами: к 40 мг. навески (сухой биомассы) добавляем 10 мл. р-ра А и перемешиваем и ставим в водяную баню (95-100°C) 5 мин.- перемешиваем – водяная баня 25 мин.- остужаем. Добавляем 2 мл. р-ра В и кипятим на водяной бане 25 мин.- остужаем. Добавляем 1,22 мл р-ра С – перемешиваем 10 мин. Добавляем 3 мл.р-ра D, перемешиваем 5 мин. – супернатант переливаем в пробирки и помещаем в устройство ввода пробы хроматографа. Для подачи газовых носителей в хроматограф, устанавливаем определенное давление газовых баллонов.

Биохимический анализ жирных кислот определялся на газовом хроматографе Agilent 6890N, HP 5- MScolumn [14,15].

Результаты исследования и их обсуждения

Благодаря особенностям природы геолого-тектонического строения территория Казахстана обладает весьма уникальным и даже в каком-то смысле редчайшим по химическому составу подземных источников минеральных запасов вод. В целях удешевить технологию получения биомассы микроводорослей нами была поставлена задача разработки технологии культивирования

штаммов микроводорослей продуцентов биодизеля на термальных и минеральных источниках. Так как штаммы испытываемых микроводорослей были выделены из горячих источников Чундзы и озера Балхаш было целесообразно взять в качестве источников воду из данных источников.

Чтобы определить оптимальную концентрацию воды из источника «Аршан» для культивирования микроводорослей, отобранные штаммы микроводорослей *Parachlorella kessleri* DZP-5, *Parachlorella kessleri* B2 и *Ankistrodesmus falcatus* B5 культивировались на трех различных средах: вариант 1- вода из источника + питательная среда Тамия, в соотношении 50%:50%, вариант 2- вода из источника и вариант 3 – питательная среда Тамия. Инкубация производилась в течение 14 дней с начальным числом клеток $-1 \cdot 10^6$ кл/мл в суспензии. На рисунке 1 показаны коэффициенты скорости роста испытываемых штаммов в 3 вариантах.

Согласно диаграмме, все исследуемые культуры имеют интенсивный рост в третьем варианте и для штамма *Parachlorella kessleri* DZP-5 равен 0,35, *Parachlorella kessleri* B2 – 0,32 и *Ankistrodesmus falcatus* B5 -0,3. Согласно этим результатам и соотношением солей в питательной среде можно утверждать, что среда богатая минеральным составом и микро – и макроэлементами способствует ускорению роста. Но в то же время можно отметить и очень хороший рост при культивировании на среде с добавлением воды из минерального горячего источника «Аршан», для штамма *Parachlorella kessleri* DZP-5 равен 0,3, *Parachlorella kessleri* B2 – 0,28 и *Ankistrodesmus falcatus* B5 -0,25.

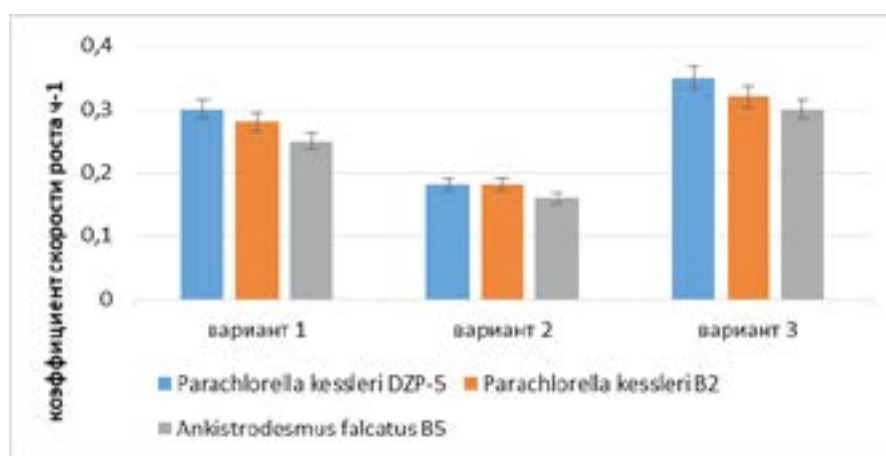


Рисунок 1 – Коэффициенты скорости роста отобранных штаммов, культивированные на различных средах

Чтобы определить оптимальную концентрацию воды из минерального озера Балхаш для культивирования микроводорослей, отобранные штаммы микроводорослей *Parachlorella kessleri* DZP-5, *Parachlorella kessleri* B2 и *Ankistrodesmus falcatus* B5 культивировались на трех различных

средах: вариант 1- вода из озера Балхаш, вариант 2- питательная среда Тамия и вариант 3 – вода из озера Балхаш + питательная среда Тамия, в соотношении 50%:50%. Клетки микроводорослей инкубировали в течение 14 дней с начальным числом клеток $-1 \cdot 10^6$ кл/мл в суспензии (рисунок 2).



Вариант 3 Вариант 2 Вариант 1
Parachlorella kessleri DZP-5



Вариант 3 Вариант 2 Вариант 1
Ankistrodesmus falcatus B5



Вариант 3 Вариант 2 Вариант 1
Parachlorella kessleri B2

Рисунок 2 – Рост отобранных штаммов микроводорослей в 3 испытываемых вариантах: вариант 1- вода из озера Балхаш, вариант 2- питательная среда Тамия и вариант 3 – вода из озера Балхаш + питательная среда Тамия, в соотношении 50%:50%.

На рисунке 3 показаны коэффициенты скорости роста испытываемых штаммов в 3 вариантах: вариант 1- вода из озера Балхаш, вариант 2- питательная среда Тамия и вариант 3 – вода из озера Балхаш + питательная среда Тамия, в соотношении 50%:50%.

По диаграмме видно, все исследуемые культуры имеют интенсивный рост и в третьем варианте *Parachlorella kessleri* DZP-5 равен 0,41, *Parachlorella kessleri* B2 – 0,38 и *Ankistrodesmus falcatus* B5 -0,35, почти наравне с как при культивировании только на среде Тамия, что свиде-

тelleствует о том что вариант 3 – вода из озера Балхаш + питательная среда Тамия, в соотношении 50%:50% является экономически выгодным решением.

Рост культур отобранных микроводорослей-продуцентов биодизельного топлива даёт хороший результат при выращивании ее как на термальных

водах из источника «Аршан» (вблизи г. Чунджа, Уйгурского района, Алматинской области) так и минерального источника из восточной части озера Балхаш (вблизи истока реки Лепсы, Алматинской области) в соотношении 50%:50% (вода из источника «Аршан» + питательная среда Тамия и вода из озера Балхаш + питательная среда Тамия).

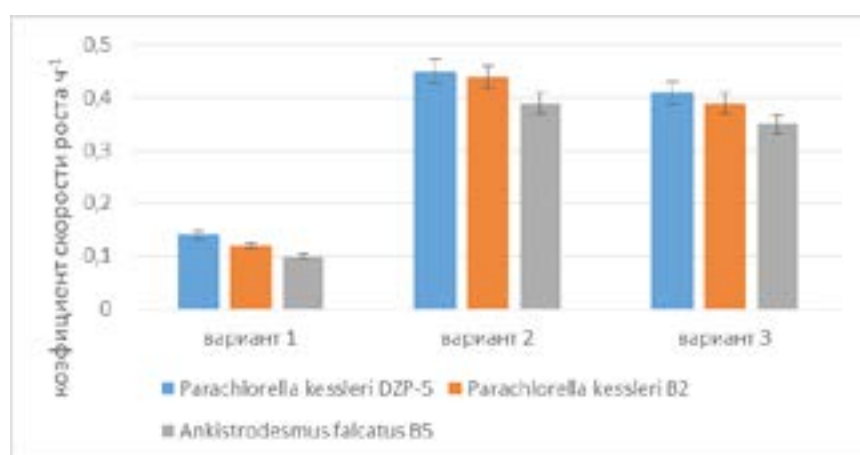


Рисунок 3 – Коэффициенты скорости роста отобранных штаммов, культивируемые на различных средах

Состав липидов в клетках во многом зависит от вида и условий культивирования микроводорослей. Для производства биотоплива перспективны масла, богатые нейтральными липидами. При активном росте клеток, в основном происходят процессы фотосинтеза и накопление биомассы, поэтому в чаще всего происходит синтез полярных липидов, к примеру фосфо- и гликолипиды, необходимые для фотосинтетических процессов. Но при недостатке или отсутствии основных питательных, в том числе азота, снижается скорость роста клеток [16] но при этом начинается активное накопление нейтральных липидов. В связи с этим целесообразно было проверить количественный и качественный состав нейтральных липидов испытываемых штаммов микроводорослей.

Методом газовой хроматографии определен жирнокислотный состав клеток активных штаммов микроводорослей *Parachlorella kessleri* DZP5, *Parachlorella kessleri* B2 и *Ankistrodesmus falcatus* B5 (Рисунок 4). Результат анализа содержания жирных кислот клеток штаммов представлены в таблице 4.

В результате определения жирнокислотного состава клеток штамма *Parachlorella kessleri* DZP-5 наибольшие процентные показатели сре-

ди всех проанализированных жирных кислот, наблюдались у пальмитиновой кислоты- 36,45% и у ленолеиновой– 15,2%, были проанализированы 12 жирных кислот, среди которых НЖК составляют – 65,86%, а ПНЖК составляют 27,92%.

Основными метиловыми эфирами жирных кислот, наблюдаемыми у *P. Kessleri* B2, были грандифлореновая кислота, пальмитиновая кислота, гептадекановая кислота, олеиновая кислота и стеариновая кислота, в то время как второстепенными жирными кислотами были эйкозапентаеновая кислота (ЕРА), бензойная кислота, лауриновая кислота, тридекановая кислота и 1-фенантренкарбоновая кислота. Наибольшая площадь пика была отмечена для октадеценной кислоты (стеариновой кислоты) на уровне 16,86%, площадь второго по величине пика 15,12% была зафиксирована из-за присутствия н-гексадекановой кислоты (пальмитиновой кислоты), а третий пик был при 6,85% октаметилциклотетрасилоксана. Помимо нескольких насыщенных и ненасыщенных жирных кислот от С6 до С20, у *P. kessleri* также были обнаружены смоляные кислоты/дитерпеноиды, такие как абиетиновая кислота, палюстровая кислота и каллистриновая кислота, что составляет 21,8% от общего количества жирных кислот.

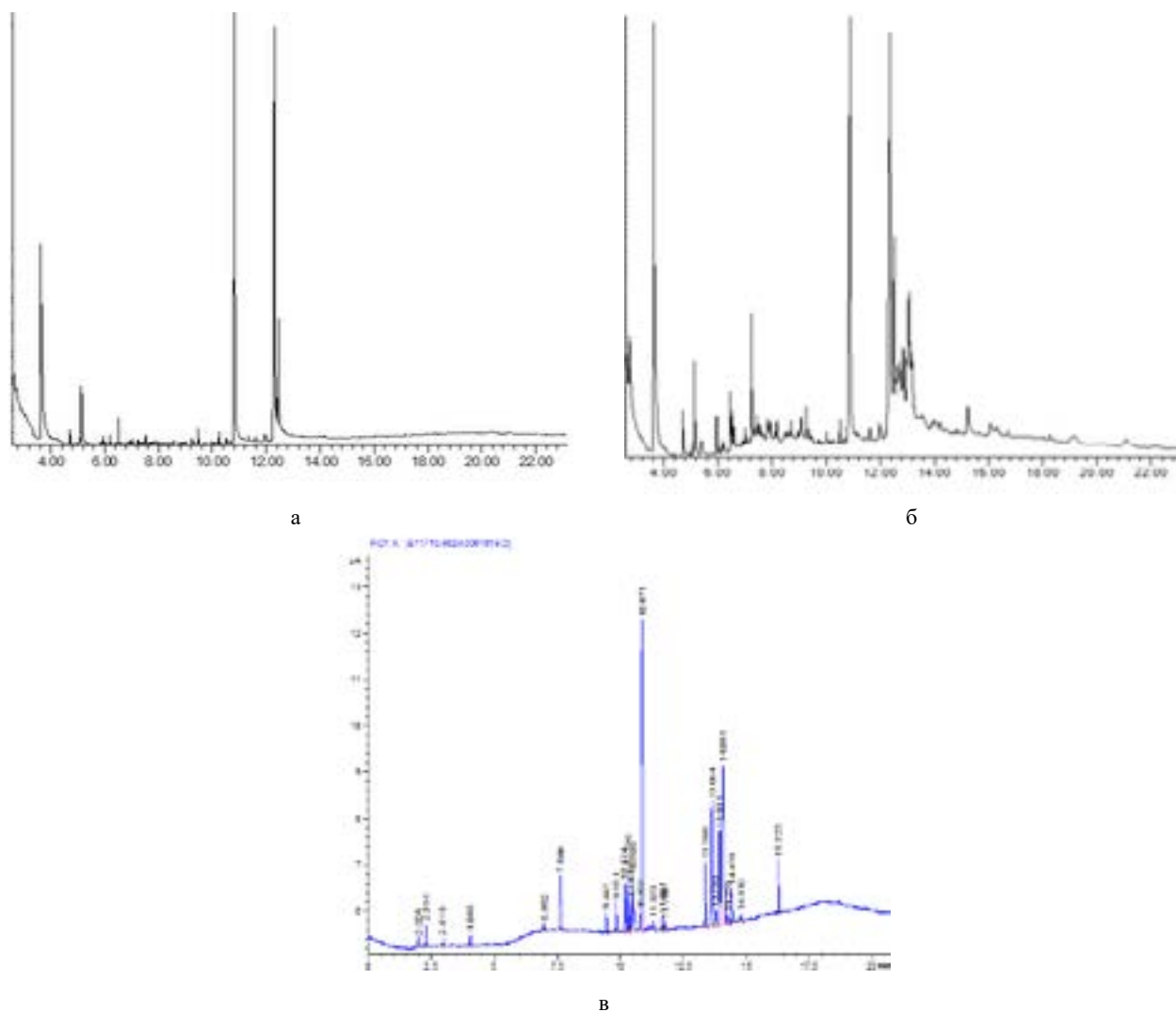


Рисунок 4 – Газовые хроматограммы метиловых эфиров жирных кислот трех изученных видов, *а- Ankistrodesmus falcatus B5*, *б- Parachlorella kessleri B2*, *в-Parachlorella kessleri DZP-5*

Таблица 4 – Состав жирных кислот трех испытываемых штаммов микроводорослей

Наименование ЖК	Жирнокислотный состав (% w/w)		
	<i>Parachlorella kessleri</i> DZP-5	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> B5	<i>Parachlorella kessleri</i> B2
Hexadecanoic (пальмитиновая, C16:0),	36,45%	30.08%,	15.12%
Hexadecanoic acid, methyl ester	3,6%	ND	6.72%
Octadecanoic acid (стеариновая, C18:0),	3,96%	7.26%	16.86%
9-Octadecenoic acid (олеиновая, C18:1)	1,78%	33.27%	ND
Дитерпеноиды, такие как абиетиновая кислота, палюстровая кислота и каллистриновая кислота.	15,9%	ND	21.08%
Прочие	38%	30%	40%

Ankistrodesmus falcatus B5 также продемонстрировал большой потенциал в качестве источников олеиновой кислоты, стеариновой кислоты и пальмитиновой кислоты для возобновляемых видов топлива, таких как биодизель, поскольку их заметные пики были отмечены на уровне 33,27%, 7,26% и 30,08% соответственно.

Сравнительное изменение количественного состава нейтральных липидов измеряли по методу Фолча. Полученные результаты анализа био-

массы испытуемых штаммов, выросших на питательной среде Тамия, со стандартным составом солей и на средах разбавленных с водой из горячего источника «Аршан» и озера «Балхаш» показали незначительное накопление липидов в количестве – 140 мг, 150,2 мг и 146,8 мг на 1 г сухого веса соответственно (рисунок 5). Но учитывая коэффициент погрешностей количество накопления липидов находятся в пределах одинаковых показателей.

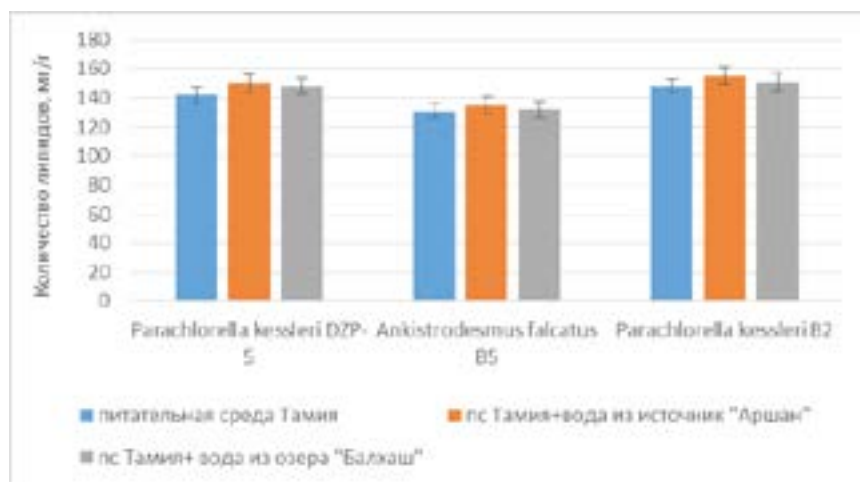


Рисунок 5 – Сравнительная динамика количества липидов в клетках штаммов испытуемых микроводорослей при культивировании на модифицированных средах

Так, нами было показано что при использовании воды из горячего источника «Аршан» и соленного озера «Балхаш» для разбавления среды Тамия в соотношении 50:50 можно получить интенсивный рост культур микроводорослей и при этом сохранить основные характеристики микроводорослей продуцентов биодизельного топлива. То есть, такая модификация питательной среды для культивирования микроводорослей не влияет на жирнокислотный состав и количество липидов и может дать хороший прирост

биомассы, но в то же время может удешевить технологию выращивания так как дает возможность экономить на дорогостоящих минеральных элементах питания.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP0852481 «Разработка технологии получения биодизеля на основе активных штаммов микроводорослей»

Литература

1. Моисеев И., Тарасов В., Трусов Л. Эволюция биоэнергетики время водорослей // The Chemical Journal. – 2009. – Т. 12. – С. 24–29.
2. Li Y., Horsman M., Wu N., Lan C.Q., Dubois C.N. Biofuels from microalgae // Biotechnol. Prog. – 2008. – Vol.12, No 24. – P. 815-820.
3. Геворгиз Р.Г., Шахматов А.П. Установка для культивирования морских микроводорослей // Экология моря. – 2005. – № 67. – С. 44 – 47.
4. Гуревич Ю.Л. Устойчивость и регуляция размножения в микробных популяциях. – Новосибирск – 1984. – с. 161.
5. Минеральные воды Казахстана [электронный ресурс]: <http://filtrofinfo.ru/o-vode/mineral-ny-e-vody-i-istochniki-kazahstana.html>
6. Горячие источники Казахстана [электронный ресурс], <http://springhot.ru/goryachie-istochniki-kazahstana.html>

7. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Темнов М.С., Пешкова Е.В., Акулинин Е.И. Технология получения липидов из микроводорослей [Электронный ресурс]: ФГБОУ ВПО ТГТУ. – 2015.
8. Held P. Determination of Algal Cell Lipids Using Nile Red – Using Microplates to Monitor Neutral Lipids in *Chlorella Vulgaris*. – 2015.- P.205
9. Ауджанова В.К. Морфологические и систематические характеристики хлореллы. Ее производство и применение // *Научный вестник*. – 2014. №1. – С. 113 – 126.
10. Muthulakshmi C., Gomathi D., Kumar D. G., Ravikumar G., Kalaiselvi M., Uma C. Production, purification and characterization of protease by *Aspergillus flavus* under Solid State Fermentation // *Jordan Journal of Biological Sciences*.- 2011.- № 3. –P. 137-148.
11. Иминова Д.Е., Нурхалыков И.А. Анализ химического состава воды термального источника «Арашан» Уйгурского района Республики Казахстан // *Молодой ученый*. -2016.- №5.- С. 4-8
12. Тарасов М. Н. Гидрохимия озера Балхаш. – М.: АН СССР, 1961. – с. 225.
13. Сиренко Л.А., Сакевич А.И. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – К.: Наукова думка, 1975. – с. 248.
14. Орел Н.М. Биохимия липидов. – М.: БГУ, 2007. – с. 35.
15. Jayasree N.B., Aneesh. T.P, Visakh P. GC-MS, HPLC and AAS analysis of Fatty acids, Amino acids and Minerals in Red algae *Ampheroa anceps* // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. – 2012.- № 4. P. 459-468.
16. Смашевский Н.Д. Практикум по физиологии растений. – А.: дом «Астраханский университет», 2011. – с. 42.
17. Singh A., Nigam P.S., Murphy J.D. Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels // *Bioresour. Technol.* – 2011. – №102. – P. 26–34.

References

1. Moiseev, I., Tarasov, V., Trusov, L. “evolyuciya bioenergetiki vremya vodoroslei [Evolution of bioenergetics the time of algae].” *The Chemical Journal*, no 12 (2009): 24–29. (In Russian)
2. Li, Y., Horsman, M., Wu, N., Lan, C.Q., Dubois, C.N. «Biofuels from microalgae». *Biotechnol. Prog.*12, no 24 (2008): 815-820.
3. Gevorgiz, R.G., Shahmatov, A.P. “Ustanovka dlya kultivirovaniya morskikh mikrovodoroslei [Installation for the cultivation of marine microalgae].” *Ecology of the sea*, no 67 (2005):44 – 47. (In Russian)
4. Gurevich, Yu.L. *Ustoichivost i regulyaciya razmnojeniya v mikrobnih populyaciyah* [Stability and regulation of reproduction in microbial populations]. Novosybyrsk Press, 1984 (In Russian)
5. Mineralnie vodi Kazahstana [Mineral waters of Kazakhstan]: <http://filtrofinfo.ru/o-vode/mineral-ny-e-vody-i-istochniki-kazahstana.html> (In Russian)
6. Goryachie istochniki Kazahstana [Hot springs of Kazakhstan]: <http://springhot.ru/goryachie-istochniki-kazahstana.html> (In Russian)
7. Dvoreckii D.S., Dvoreckii S.I., Temnov M.S., Peshkova E.V and Akulinin E.I. *Technology for the production of lipids from microalgae*. FGBOU VPO TGTU Press, 2015. (In Russian)
8. Held P. Determination of Algal Cell Lipids Using Nile Red – Using Microplates to Monitor Neutral Lipids in *Chlorella Vulgaris*, 2015
9. Audjanova, V.K. “Morfologicheskie i sistematicheskie harakteristiki chlorelli. Ee proizvodstvo i primeneniye [Morphological and systematic characteristics of chlorella. Its production and application]”. *Scientific Bulletin*, no 1 (2014):113 – 126. (In Russian)
10. Muthulakshmi, C., Gomathi, D., Kumar, D.G., Ravikumar, G., Kalaiselvi, M., Uma, C. «Production, purification and characterization of protease by *Aspergillus flavus* under Solid State Fermentation». *Jordan Journal of Biological Sciences*, no 3 (2011):137-148.
11. Iminova, D.E., Nurhalikov, I.A. “Analiz himicheskogo sostava vodi termalnogo istochnika «Arashan» Uigurskogo raiona Respubliki Kazahstan [Analysis of the chemical composition of the water of the thermal spring “Arashan” of the Uyghur district of the Republic of Kazakhstan]”. *Young scientist*, no 5 (2016): 4-8 (In Russian)
12. Tarasov, M. N. *Gidrohimiya ozera Balhash* [Hydrochemistry of Lake Balkhash]: Moscow: AN SSSR Press, 1961. (In Russian)
13. Sirenko L.A., Sakevich A.I. *Methods of physiological and biochemical investigation of algae in hydrobiological practice*: Kiev: Scientific thought Press, 1975. (In Russian)
14. Orel N.M. *Lipid Biochemistry*. Minsk: Belarusian State University Press, 2007. (In Russian)
15. Jayasree, N.B., Aneesh, T.P, Visakh, P. «GC-MS, HPLC and AAS analysis of Fatty acids, Amino acids and Minerals in Red algae *Ampheroa anceps*». *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, no 4(2012).459-468.
16. Smashevskii N.D. *Workshop on plant physiology*. Astrakhan: Astrakhan State University Press, 2011 (In Russian)
17. Singh, A., Nigam P.S., Murphy, J.D. «Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels». *Bioresour Technology*, no 102 (2011).

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

B.S. Ussebayev* , **Ye.D. Burashev** , **N.S. Kozhabergenov** ,
A.M. Melisbek , **M.Zh. Shirinbekov** , **Ye.O. Abduraimov** ,
K.D. Zakarya 

¹Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan Science Committee
 «Research Institute for Biological Safety Problems»,
 Zhambyl region, Kordai district, utes.Gvardeiskiy, Kazakhstan
 *e-mail: ussebayev.bekbolat@mail.ru

DYNAMICS OF THE SPREAD OF SARS-CoV-2 VARIANTS AND CLADES

In the XX century, discovered Human Coronavirus, including HCoV-229E, HCoV-NL63 from the genus Alphacoronavirus and HCoV-OC43, HCoV-HKU1 from the genus Betacoronavirus have long been considered insignificant pathogens for humans, causing infections in the upper respiratory tract in adults. However, at the beginning of the XXI century, highly pathogenic coronaviruses of the severe acute respiratory syndrome (SARS-CoV) and coronavirus of the Middle East respiratory syndrome (MERS-CoV) caused global epidemics and eventually led to death. In December 2019, Wuhan, China, revealed another new Human CoV – 2019. On March 11, 2020, WHO announced a new global pandemic of Human CoV – 2019 due to its global spread within a short time. As of September 23, 2021, according to WHO data, a total of 229,858,719 confirmed cases of COVID-19 and 4,713,543 deaths were registered. The emergence and global spread of SARS-CoV-2 coronavirus variants remain largely unknown. But the spread of COVID-19 around the world increases interest in the disclosure of genomic mutations of a new variant of the coronavirus SARS-CoV-2. Data on the epidemiology of diseases, including the number of cases and mortality in different parts of the world and the Republic of Kazakhstan, are presented. The schematic nomenclature of GISAID, Nextstrain, and Pango lines is compared. The sequence of the SARS-CoV-2 genome submitted to the GISAID database for the Republic of Kazakhstan was analyzed concerning genomic clades and their geographical, age and gender distribution.

Key words: COVID-19, SARS-CoV-2, clade.

Б.С. Усербаев*, Е.Д. Бурашев, Н.С. Кожабергенов, А.М. Мелисбек,
 М.Ж. Ширинбеков, Е.О. Абдураимов, К.Д. Закарья

«Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты» ШЖК РМК ҚР БҒМ ҒК,
 Жамбыл облысы, Қордай ауданы, Гвардейский құк, Қазақстан
 *e-mail: ussebayev.bekbolat@mail.ru

SARS-CoV-2 варианттары мен клайдтарының таралуының динамикасы

Аннотация. XX ғасырда ашылған Human Coronavirus, соның ішінде Alphacoronavirus тұқымдасынан болған HCoV-229E, HCoV-NL63 және Betacoronavirus тұқымдасынан болған HCoV-OC43, HCoV-HKU1 ересек адамдардың жоғары тыныс алу жолында инфекция тудырғанмен, ұзақ уақыт бойы адамдар үшін қауіпсіз патоген саналды. Алайда XXI ғ. басында туындаған жоғары патогенді, жануар резервуарынан шыққан коронавирустар ауыр жедел респираторлық синдром (SARS-CoV) және таяу шығыс респираторлық синдромының коронавирусы (MERS-CoV) әлемдік эпидемия тудырып, соңы өлімге алып келді. 2019 ж. желтоқсан айында Ухан қ. ҚХР, тағы бір жаңа Human CoV – 2019 анықталды. Аз уақыт ішінде ғаламдық таралуына орай, 11 наурыз 2020 ж. ДДСҰ жаңа Human CoV – 2019 әлемдік пандемия жариялады. 2021 жылғы 23 қыркүйектегі ДДСҰ мәліметтері бойынша 229,858,719 адам COVID-19 жұқтырғаны расталып, 4,713,543 адамның өлім жағдайы тіркелген. SARS-CoV-2 коронавирусының пайда болуы және ғаламдық таралуы әзірше белгісіз. Бірақ COVID-19-ның бүкіл әлемде таралуы SARS-CoV-2 коронавирусының жаңа нұсқасының геномдық мутациясын ашуға деген қызығушылықты арттыруда. Бұл мақалада аурулар эпидемиологиясының деректері, соның ішінде әлем мен ҚР-ның әртүрлі бөліктеріндегі жағдайлар мен өлім-жітім саны ұсынылған. GISAID, Nextstrain және линия Pango бойынша схемалық номенклатурасы салыстырылды. ҚР бойынша GISAID дерекқорына ұсынылған SARS-CoV-2 геномының геномдық клайдтарға және олардың географиялық, жас және гендерлік таралуына қатысты реттілігі талданды.

Түйін сөздер: COVID-19, SARS-CoV-2, клайд.

Б.С. Усербаев*, Е.Д. Бурашев, Н.С. Кожабегенов, А.М. Мелисбек,
М.Ж. Ширинбеков, Е.О. Абдураимов, К.Д. Закарья

РГП на ПХВ «Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности», КН МОН РК,
Жамбылская область, Кордайский район, пгт. Гвардейский, Казахстан

*e-mail: ussebayev.bekbolat@mail.ru

Динамика распространения вариантов и клайдов SARS-CoV-2

В XX веке обнаруженные Human Coronavirus, включая HCoV-229E, HCoV-NL63 из рода Alphacoronavirus и HCoV-OC43, HCoV-HKU1 из рода Betacoronavirus долгое время считался незначительными патогенами для человека, вызывая инфекции в верхних дыхательных путях у взрослых. Однако в начале XXI в. высокопатогенные коронавируса тяжелого острого респираторного синдрома (SARS-CoV) и коронавируса ближневосточного респираторного синдрома (MERS-CoV) вызвали глобальные эпидемии, а в конце концов привели к смерти. В декабре 2019 года г. Ухань, КНР, выявлен еще один новый Human CoV-2019. 11 марта 2020 года ВОЗ объявила о новой глобальной пандемии Human CoV – 2019 в связи с ее глобальным распространением в течение короткого времени. По состоянию на 23 сентября 2021 г. согласно данным ВОЗ зарегистрировано в общей сложности 229,858,719 подтвержденных случаев COVID-19 и 4,713,543 летальных исходов. Возникновение и глобальное распространение вариантов коронавируса SARS-CoV-2 остаются в значительной степени неизвестными. Но распространение COVID-19 по всему миру увеличивает интерес к раскрытию геномных мутаций нового варианта коронавируса SARS-CoV-2. В этой обзорной статье представлены данные эпидемиологии заболеваний, в том числе количество случаев и летальности в разных частях мира и РК. Сопоставлена схематическая номенклатура GISAID, Nextstrain и линий Pango. Проанализирована последовательность генома SARS-CoV-2, представленного в базу данных GISAID по РК, в отношении геномных клайдов и их географического, возрастного и гендерного распределения.

Ключевые слова: COVID-19, SARS-CoV-2, клайд.

Abbreviations

SARS-CoV-2 – Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2; *COVID-19* – Coronavirus disease 2019; *WHO*-World Health Organization.

Introduction

Coronaviruses (*CoV*; *Coronaviridae* family) are a group of very diverse, enveloped, single-stranded RNA viruses that cause respiratory and intestinal diseases of varying severity in a certain types of animals, including humans [1]. According to the classification of the *International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV)*, currently, according to phylogenetic clustering, the *Orthocoronavirinae* (*Tab.1*) subfamily includes four genera of coronavirus: *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Deltacoronavirus*, *Gammacoronavirus* [2,3].

According to Table 1, before the new variant of the *SARS-CoV-2* coronavirus in 2019, only six representatives of the coronavirus were known

to have infected people and caused respiratory diseases. HCoV-229E and HCoV-NL63 from the genus *Alphacoronavirus* and HCoV-OC43, HCoV-HKU1 from the genus *Betacoronavirus* cause only mild upper respiratory tract diseases. *Severe Acute Respiratory Syndrome coronavirus (SARS-CoV)* and the *Middle East Respiratory Syndrome coronavirus (MERS-CoV)* can infect the lower respiratory tract and cause a severe respiratory syndrome in humans [3-7].

In December 2019, several patients with pneumonia of unknown etiology were identified in Wuhan, Hubei Province, China. With the help of molecular genetic analysis revealed a new etiological agent coronavirus called “severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (*SARS-CoV-2*)”. *SARS-CoV-2* is a single-stranded positive (+) RNA virus, measuring 29903 bp (GenBank number MN908947) in length and encodes 9860 amino acids [8,9]. *SARS-CoV-2* belongs to the subgenus *Sarbecovirus*, genus *Betacoronavirus*, subfamily *Orthocoronavirinae*, belong to the family *Coronaviridae* in the order *Nidovirales* [2].

Table 1 – Taxonomy of the subfamily Orthocoronavirinae (<https://talk.ictvonline.org/>).

Order	Suborder	Family	Subfamily	Genus	Subgenus	Species
Nidovirales	Coronavirineae	Coronaviridae	Orthocoronavirinae	Alphacoronavirus	Duvinacovirus	HCoV 229E
					Setracovirus	Human coronavirus NL63 NL63-related bat coronavirus strain BtKYNL63-9b
					Colacovirus	Bat coronavirus CDPHE15
					Decacovirus	Bat coronavirus HKU10 Rhinolophus ferrumequinum alphacoronavirus HuB-2013
					Luchacovirus	Lucheng Rn rat coronavirus
					Minacovirus	Mink coronavirus 1
					Minunacovirus	Miniopterus bat coronavirus 1 Miniopterus bat coronavirus HKU8
					Myotacovirus	Myotis ricketti alphacoronavirus Sax-2011
					Nyctacovirus	Nyctalus velutinus alphacoronavirus SC-2013 Pipistrellus kuhlii coronavirus 3398
					Pedacovirus	Porcine epidemic diarrhea virus
						Scotophilus bat coronavirus 512
					Rhinacovirus	Rhinolophus bat coronavirus HKU2
					Soracovirus	Sorex araneus coronavirus T14
					Sunacovirus	Suncus murinus coronavirus X74
					Tegacovirus	Alphacoronavirus 1
				Betacoronavirus	Sarbecovirus	SARS-CoV; SARS-CoV-2
					Embecovirus	HCoVHKI1; HCoVOC43 Betacoronavirus 1 China Rattus coronavirus HKU24 Murine coronavirus Myodes coronavirus 2JL14
					Merbecovirus	MERS-CoV Hedgehog coronavirus 1 Pipistrellus bat coronavirus HKU5 Tylonycteris bat coronavirus HKU4
					Nobecovirus	Eidolon bat coronavirus C704 Rousettus bat coronavirus GCCDC1 Rousettus bat coronavirus HKU9
					Hibecovirus	Bat Hp-betacoronavirus Zhejiang2013
				Delta coronavirus	Andecovirus	Wigeon coronavirus HKU20
					Buldecovirus	Bulbul coronavirus HKU11 Common moorhen coronavirus HKU21 Coronavirus HKU15 Munia coronavirus HKU13 White-eye coronavirus HKU16
					Herdecovirus	Night heron coronavirus HKU19
				Gamma coronavirus	Brangacovirus	Goose coronavirus CB17
					Cegacovirus	Beluga whale coronavirus SW1
					Igacovirus	Avian coronavirus Avian coronavirus 9203 Duck coronavirus 2714

Methods

Analytical review of the literature

An analytical review of the literature was carried out with the help of *PubMed Central* and *GISAID*, to identify relevant foreign articles published to date. Search queries included *coronavirus*, *severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*, *2019-nCoV*, *SARS-CoV-2*, *SARS-CoV*, *MERS-CoV* and *COVID-19*.

Statistical data of COVID-19

Data on the epidemiology of the disease, including the total number of confirmed cases and the total number of deaths in different parts of the world and the Republic of Kazakhstan, were obtained from the *WHO COVID-19* situation monitoring panel, available at <https://covid19.who.int>.

Schematic comparison of nomenclatures of the SARS-CoV-2

For a global schematic comparison of the nomenclature of coronavirus infection, the following main databases were used <https://www.gisaid.org/>, <https://clades.nextstrain.org/> and https://cov-lineages.org/lineage_list.html (Table 1).

Metadata of the SARS-CoV-2 genome

Genome analysis included geographic location information, human gender, human age, and viral genome clades. The global distribution of genomes included in this study was as follows: In the current study, the global distribution of SARS cov 2 genomes according to the GISAID database was obtained from six regions of the world, specifically Asia ($n = 234,132$), Africa ($n = 49,929$), Europe ($n = 2,093,605$), North America ($n = 1,203,992$) South America ($n = 72,290$), Oceania ($n = 32,250$) (<https://www.epicov.org/>) (Figure 3).

Sequences of all SARS-CoV-2 genomes by the Republic of Kazakhstan were sent to the GISAID database (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>), accessed on September 23, 2021. Only the genomes of viruses isolated from humans and those for which genomic clades were indicated ($n = 397$) were selected for analysis (Figure 4).

For age-based comparisons in this article, the indicator of people's ability to work was used <https://geographyofrussia.com>. www.gisaid.org the number of relevant patients of the Republic of Kazakhstan (397) was given on the website and, depending on age, divided into 3 groups: including children (up to 14 years old), adults (15-64 years old), elderly people (65 years and older) and people of unknown age (Table 4).

Results and discussion

Static data of a new type of coronavirus infection in the World

On March 11, 2020, 114 countries registered more than 118000 cases of infection and about 4000 deaths. Taking into account these results, the number and geographical distribution prompted the *World Health Organization (WHO)* to declare the *COVID-19* outbreak a pandemic caused by *SARS-CoV-2* [10]. As of September 23, 2021, according to *WHO* data, a total of 229,857,955 confirmed cases of *COVID-19* and 4,713,530 deaths were registered (Figure 1). The estimated global mortality rate (*CFR*) was 2.05% [11].

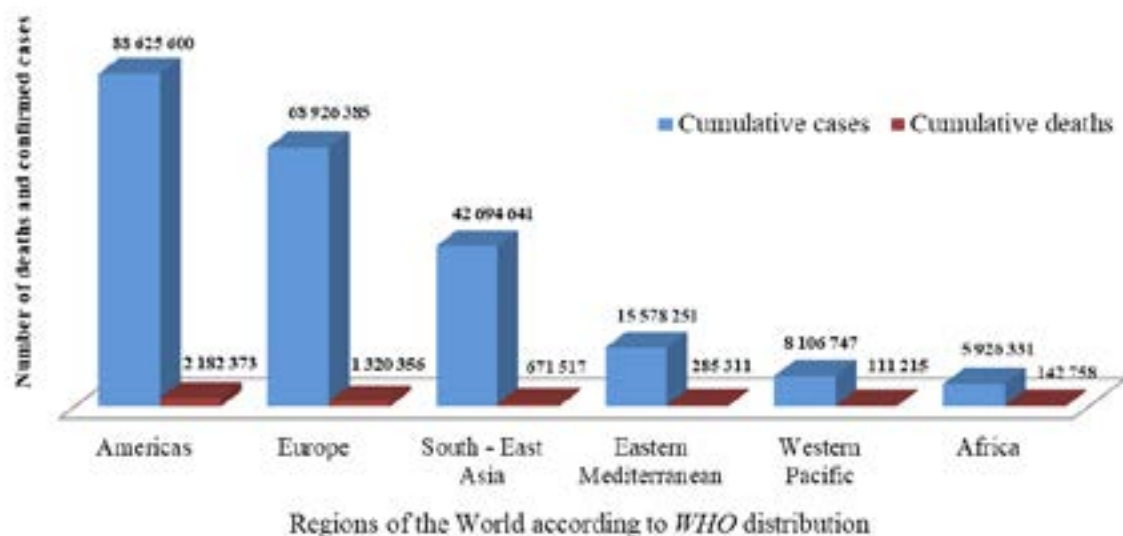


Figure 1 – The number of deaths and confirmed cases of *COVID-19* in the World.

As can be seen in Figure 1, according to *WHO* data, the largest number of *COVID-19* cases from all regions was registered on the American continents, where 88625600 infected *COVID-19* were detected. The number of deaths was 2,182,373. This is followed by Europe, where a total of 68,926,385 cases of *COVID-19* were registered, 1,320,356 deaths, and the estimated mortality rate (*CFR*) was 1.9%. Africa had a high estimated mortality rate (*CFR*) of 2.4% [11].

Schematic comparison of nomenclatures of the SARS-COV-2.

Since the onset of coronavirus infection at the end of 2019, simultaneous circulation of

various variants of the *SARS-CoV-2* virus has been established. On May 31 of this year, *WHO* identified the main variants of coronavirus infection, marking them with Greek symbols [10,12]. Currently, there are many different variants of *SARS-CoV-2* that can be combined into larger groups, including lines or branches [13], but three main nomenclatures for *SARS-CoV-2* have been proposed, which are *GISAID* (<https://www.gisaid.org/>), *Nextstrain* (<https://clades.nextstrain.org/>) and *Pango lines* (<https://cov-lineages.org/>). A schematic comparison of the nomenclatures according to the main database is presented in Table 2.

Table 2 – Schematic comparison of *GISAID*, *Nextstrain* and *Pango line* nomenclatures

WHO label	Pango lineages	Nextstrain clade	GISAID clade
-	A.1-A.6	19B	S
-	B.3- B.7; B.9 -B.10; B.13-B.16	-	L
-		19A	O
-	B.2	-	V
-	B.1.5-B.1.72; B.1.620; B.1.160; B.1.258; B.1.22.1	20A	G
Eta	B.1.525	21D	
Kappa	B.1.617.1	21B	
Delta	B.1.617.2; AY.1; AY.2	21A	GK
-	B.1.9; B.1.13; B.1.22; B.1.26; B.1.37; B.1.367.	20C	GH
-		20G	
Beta	B.1.351; B.1.351.2; B.1.351.3	20H	
Epsilon	B.1.427; B.1.429	21C	
Iota	B.1.526	21F	
-	B.1.1; B.1.1.519; B.1.1.318; B.1.1.277; B.1.1.302.	20B	GR
-	C.36.3; C.36.3.1	20D	
Mu	B.1.621	21H	
-	B.1.1	20F	
Lambda	C.37	21G	
Gamma	P.1; P.1.1; P.1.2	20J	
Zeta	P.2	21E	
Alpha	B.1.1.7	20I	GRY
-	B.1.177	20E	GV

Note: « - » The official name is not approved by WHO

The data in Table 2 indicate that in September of this year, 10 main warehouses (*S*, *O*, *L*, *V*, *G*, *GH*, *GR*, *GV*, *GK* and *GRY*) were presented according to the *GISAID* database. In 2017, Hadfield et al. We have developed a Text string database designed

to track the evolution of pathogens in real time. As of September 2021, *Nextstrain* has identified 20 main slides (19A-B, 20A-20J and 21A, 21H). In November 2020, Rambaut et al. proposed *PANGOLIN lineages* that track the transmission and

spread of *SARS-CoV-2*. The development team wrote about this in the article “A dynamic nomenclature proposal for *SARS-CoV-2* lineage to assist genomic epidemiology” [14].

Over time, all viruses, including *SARS-CoV-2* change, but most mutations practically do not affect the properties of the virus. Some mutational changes affect the characteristics of the virus, such as the rate of its spread, the severity of the associated disease or the effectiveness of vaccines, therapeutic drugs, increased morbidity, deaths, etc. Variants that relate to one or more of these criteria may be designated as “options of concern” or “designated options of interest”. Options of concern include *Alpha* (*GRY*), *Beta* (*GH/501Y.V2*), *Gamma* (*GR*), *Delta* (*GK*). *Eta* (*G/484K.V3*), *Iota* (*GH/253 G.V1*), *Kappa* (*G/452 R.V3*), *Lambda* (*GR/452 Q.V1*) and *Mu* (*GR*) belong

to the designated *SARS-CoV-2* variants of interest [15,16].

According to the *GISAID* system of nomenclature for the exchange of all influenza data, currently most of the sequenced *SARS-CoV-2* genomes have been grouped into one of the ten main clades [17]. Such clades include L, to which the reference strain of the *SARS-CoV-2* virus belongs (Wuhan-Hu-1, *GISAID* access identifier: EPI_ISL_402124 [3]), *S*, *O*, *V*, *G*, *GH*, *GR*, *GV*, *GK* and *GRY*. *SARS-CoV-2* clades differ little from the original reference strain. Clade “*S*” differs from the original strain *S76S* in *NSP4*; *L84S* in *ORF8*. Clade “*V*” will be determined by the corresponding current mutations *L37F* in *NSP6* and *G251V* in *ORF3a*, respectively [18]. Currently, the total mutational variability of *SARS-COV-2* clades according to *GISAID* data is presented in Table 3.

Table 3 – Current definition of characteristic mutations of SARS-CoV-2 phylogenetic categorization systems (www.gisaid.org)

<i>GISAID</i> clade	<i>Pango</i> lineages	Amino acid sequence substitutions
<i>G</i> , <i>GK</i> & <i>GV</i>	A, B & B.2 B.1, B.1.617.2, AY.* & B.1.177	N501S; V445F; K458R; E484Q; Y473H; V445A; G504S; S494L; F456L; G446V; S477N F490L; Y495H; N501T; G476S; T478R; G446A; K417M; N501Y; G446L; V503A; P499R; E484K; E484V; K417R K458N; ; Q498R; G504V; E484G K417N; V503F; Y453F; A475S; E484A; T500F; S477G; Q493E; K417E; A475V; G485V; F490S; ; G476D; P499L; F490V; V445I; L455F; G446S; E484D; P499S
<i>GH</i>	B.1.*	Q493R; K417N; N501Y; E484K; N439K; ; G485R; Y453H;
<i>GR</i>	B.1.1.1 & B.1.1.7	K417T; F486I; N501Y; E484K; ; Y449H; ; F490S; Q493K; ; Q498R;

As can be seen from Table 3, the substitution of amino acid sequences *T478K*, *F490F* and *E484K* was repeated by *G*, *GK*, *GV*, *GH*, *GR* clades of *SARS-COV-2*. The alternation of amino acid sequence substitutions *S494P* and *Q498R* was repeated in *G*, *GK*, *GV*, *GR* clades, and the alternation of amino acid sequence substitutions *S477I*, *E484G* and *K417N* was repeated in *G*, *GK*, *GV* clades. The alternation of amino acid sequence substitutions *S477I*, *E484G* and *K417N* was repeated in *GH*, *GR* clades.

Continental distribution of the clades *SARS-CoV-2*.

According to *GISAID*, the most common treasure in the world is *GK* (32,6%), followed by *GRY* (25,3%), *GR* (13,9%), *GH* (12,5%), *G* (8,9%) and *GV* (4,7%). Lower prevalence was noted among *O*, *L*, *S* and *V* warehouses, 1,1% 0,1%, 0,18% and 0,18% were identified, respectively. Analysis of the continental distribution of *SARS-CoV-2* clades (Figure 3) showed that the *GK* clade is often identified

among genomes from two continents, namely from Europe (36,02%) and North America (30,02%). The *GH* warehouse dominated in Africa (32,47%). *GR* clade was most common in Asia (35,1%), South America (70,2%) and Oceania (44,1%) (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>).

On March 13, 2020, the first cases of the previously unknown coronavirus *SARS-CoV-2*, which causes atypical pneumonia, were officially recorded in Kazakhstan [19]. On September 23, 2021, according to *WHO* data, a total of 944,733 cases, 15,503 cases of death were registered in Kazakhstan [11]. Clade *GRY* is most common in our country, where its share is 43,5%. Other contributions, including *GR*, *G*, *O*, *S* and *GK*, were relatively 18,6%, 17,6%, 8,06%, 8,06%, 4,7% and 5%, respectively (Figure 4). A lower prevalence was noted among the warehouses of *GH*, *GV* and *L* and identified 1,5%, 0,25% and 0,5% of the total genomes presented, respectively (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>).

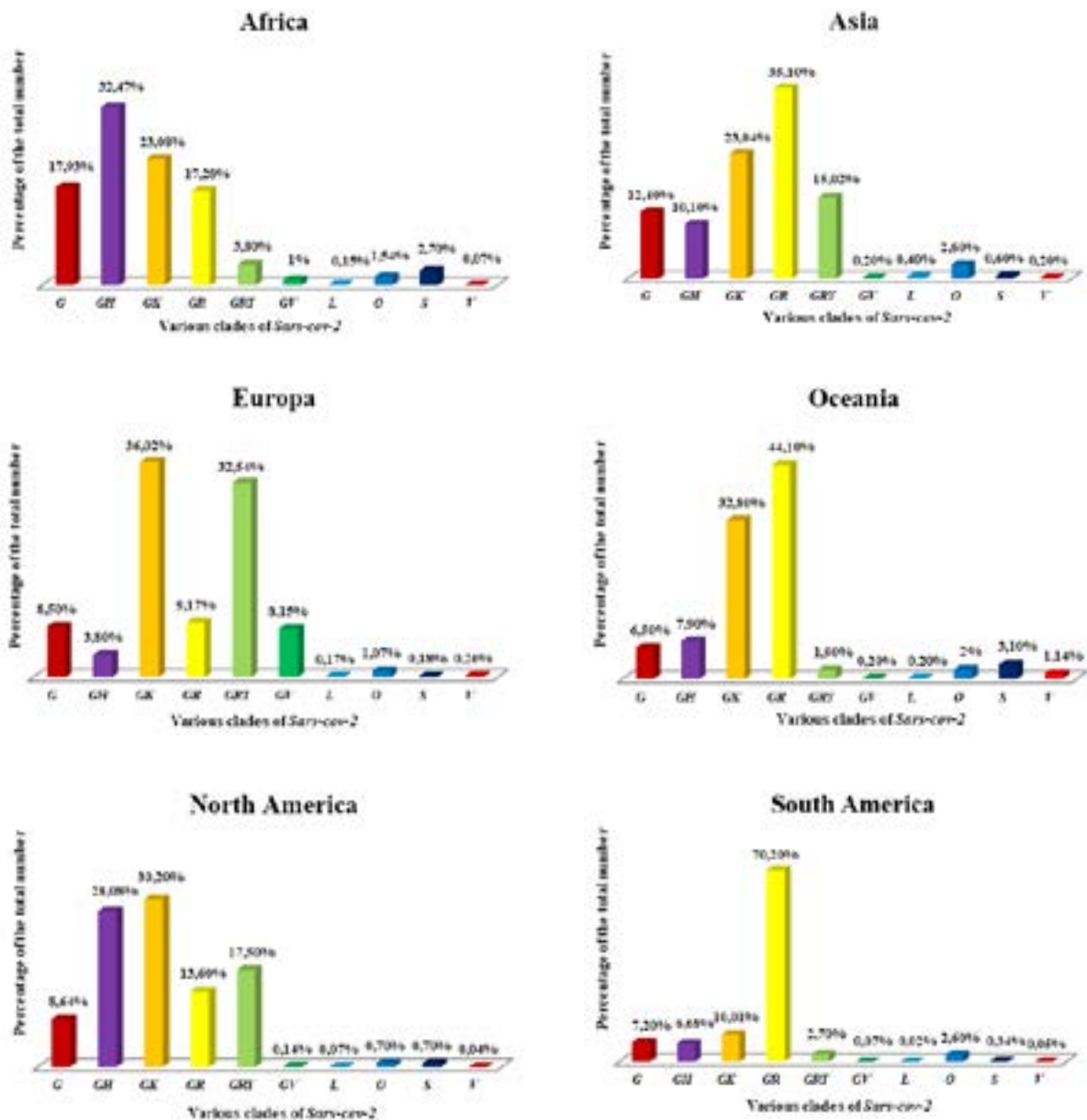


Figure 3 – Continental distribution of various *SARS-CoV-2* warehouses

As shown in Figure 4, the distribution of *SARS-CoV-2* clades across the Republic of Kazakhstan showed that the *GRY* clade is most often identified among the genomes represented from seven regions, namely from Almaty region (70,7%), Karaganda region (59%), Kostanay region (53%), Zhambyl region (53%), West Kazakhstan Region (50%), Mangystau region (50%), Pavlodar region (100%). Clade *G* was most common in the region of Aktoobe region (60%), Kyzylorda region (45%), Turkestan region (100%). The *GR* clade is the most registered

among genomes in Atyrau region (68%) and East Kazakhstan Region (57%). In the Petropavlovsk region, the *GK* clade prevailed (60%). The treasure of *O* and *S* is widespread among the dwarves in the city of Nur-Sultan 38% and 25%, respectively (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>).

Distribution of the corresponding genomes according to the *GISAID* database belonging to different clades in different age groups, 397 genomes were analyzed, which were found in the Republic of Kazakhstan (Figure 5).

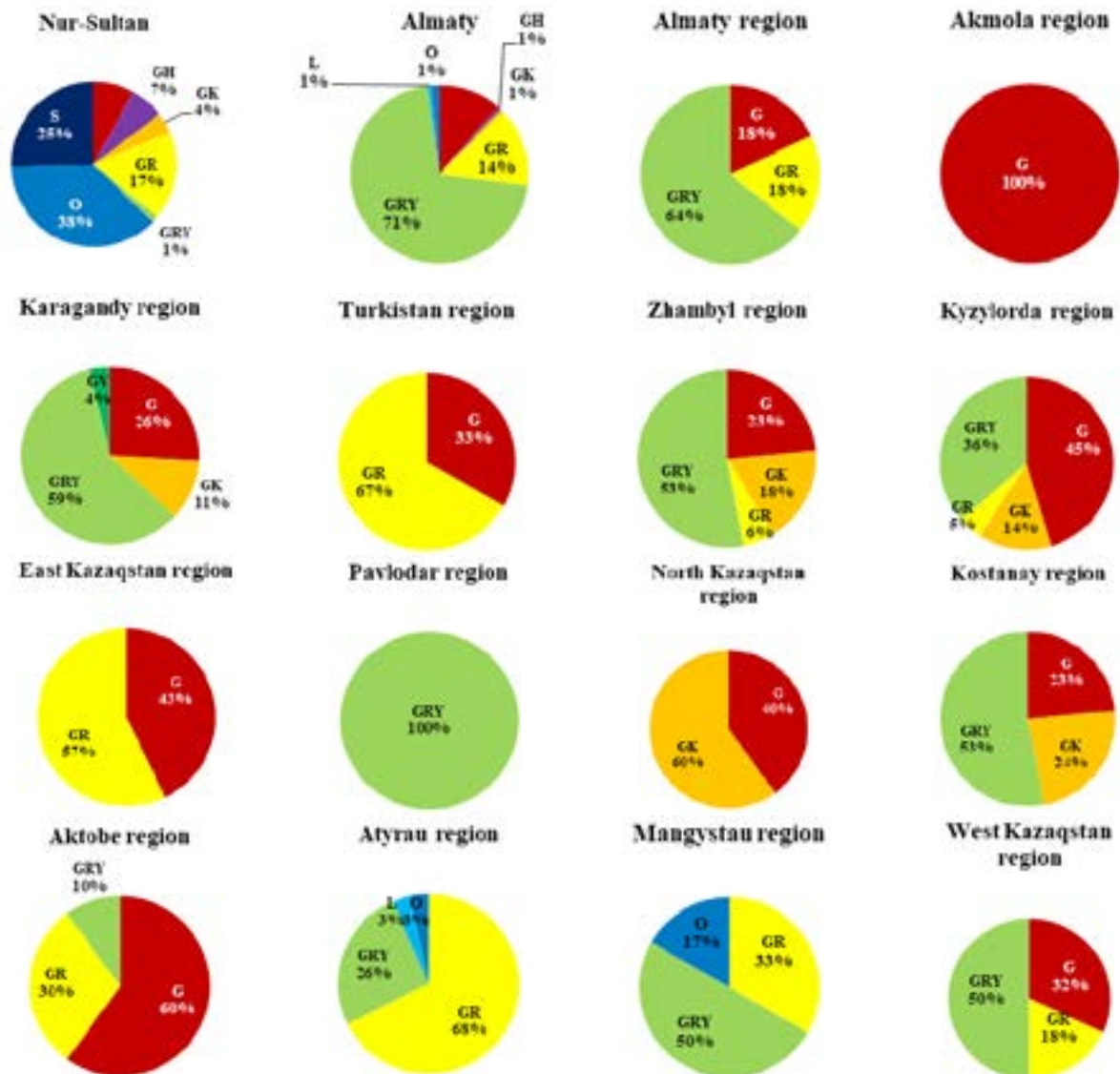


Figure 4 – Analysis of the distribution of various *SARS-CoV-2* clades across the Republic of Kazakhstan

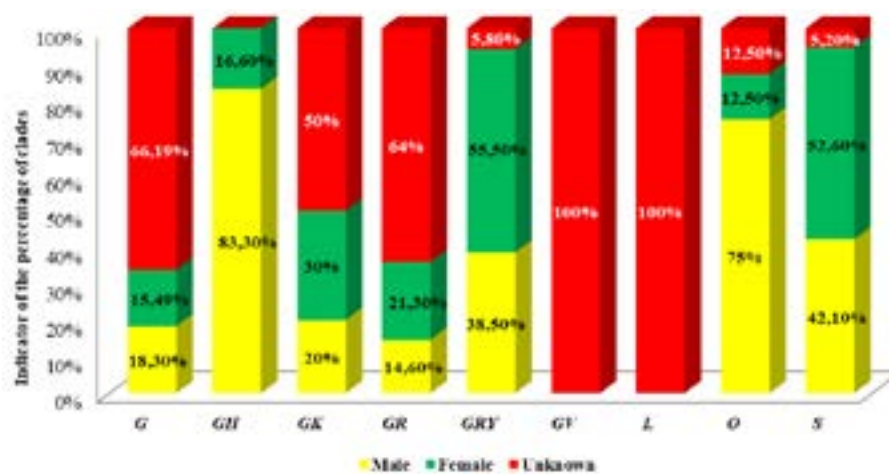


Figure 5 – The spread of the *SARS-CoV-2* clade to various gender groups

As can be seen from Figure 5, as a result of the analysis of the distribution of SARS-CoV-2 warehouses among males of the most common clades *GH* and *O*, their share was 83,3% and 75%, respectively. The *CRY* and *S* clades are often identified among the female, provided genomes for 55,5% and 52,6 %. The remaining treasures *G* (66,19 %), *GK* (50%), *GR* (64%), *GV* (100%) and

L (100%) correspond to an unknown clade (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>).

According to *GISAID* data, up to September 23, 397 SARS-CoV-2 isolates belonging to different clades in different age groups were registered in the Republic of Kazakhstan, the indicator of which is provided in Table 4 (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>).

Table 4 – Age group distribution of the SARS-CoV-2 clade

Age groups	SARS-CoV-2 clades								
	<i>G</i>	<i>GH</i>	<i>GK</i>	<i>GR</i>	<i>GRY</i>	<i>GV</i>	<i>L</i>	<i>O</i>	<i>S</i>
Children	8,5%	33,3%	10%	18,9%	12,1%	-	-	-	21,05%
Adults	57,1%	66,6%	45%	40,5%	69,9%	-	-	90,6%	68,4%
Elderly	14,2%	-	10%	9,4%	16,7%	100%	-	-	5,2%
Unknown	20%	-	35%	31,08%	1,1%	-	100%	9,3%	5,2%

Note: « - » genomes not found in the *GISAID* database

As can be seen in Table 4, SARS-CoV-2 clades registered in *GISAID* were more common in adults. *GV* clade is the most common among the elderly compared to others. As shown in table 4, clade *L* is the most common among unknown age people.

Conclusion

In December 2019, several patients with pneumonia of unknown etiology were identified for the first time in Wuhan, China. With the help of molecular genetic analysis, a new variant of coronavirus was identified from an unknown etiological agent. The rapid spread of a new variant of the SARS-CoV-2 coronavirus prompted *WHO* to declare the COVID-19 outbreak a pandemic. Currently, according to *WHO* data, a total of 229,858,719 confirmed cases of COVID-19 and 4,713,543 deaths have been registered in the world. In the Republic of Kazakhstan, there were a total of 944,733 confirmed cases, 15,503 cases of death [11].

This analysis provides statistical data on the ongoing evolution of SARS-CoV-2. According to *GISAID* data, it presents 10 clades, including *G*, *GH*, *GK*, *GR*, *GRY*, *GV*, *L*, *O* and *S*. Currently, the SARS-CoV-2 clade is the most common worldwide clade *GK* (32,6%), followed by *GRY* (25,3%), followed by *GR* (13,9%). The most common genomes in the Republic of Kazakhstan are the *GRY* clade (43,5%), followed by the *GR* clades (18,6%), and *G* (17,6%) (<https://www.gisaid.org/CoV2020/>).

Analysis of the distribution of SARS-CoV-2 clades among males in the Republic of Kazakhstan is most common clades *GH* and *O*, and among the female clades *GRY* and *S* were often identified. The spread of various SARS-CoV-2 warehouses was more common in adults. Clade *GV* was found only in the elderly. Clade *L* belongs only to people of unknown age.

The work was carried out within the framework of the grant funding project AP09058338 “Study of antiviral activity of drugs in relation to the SARS-CoV-2 virus in vitro and molecular epidemiological analysis of circulating COVID-19 strains”.

Reference

1 Benjamin W.N., Brian D.A., Craig Y., Joel D.Q., Gretchen O., Peter K., Ronald A.M., Mark Y., Michael J.B. «Supramolecular Architecture of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Revealed by Electron Cryomicroscopy». *Journal of Virology* no 80 (2006): 7918–7928.

- 2 Virus Taxonomy: 2021 Release. https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_9th_report/positive-sense-rna-viruses2011/w/posrna_viruses/222/
- 3 Fehr A.R., Perlman S. «Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis». *Methods Mol Biol* no 1282 (2015): 1–23.
- 4 van der Hoek L., Pyrc K., Jebbink M.F., Vermeulen-Oost W., Berkhout R.J.M., Wolthers K.C., Wertheim-van Dillen P.M.E., Kaandorp J., Spaargaren J., Berkhout B. «Identification of a new human coronavirus». *Nat Med* no 10 (2004): 368–373.
- 5 Woo P.C.Y., Lau S.K.P., Chu C.-m., Chan K.-h., Tsoi H.-w., Huang Y., Wong B.H.L., Poon R.W.S., Cai J.J., Luk W.-k., Poon L.L.M., Wong S.S.Y., Guan Y., Peiris J.S.M., Yuen K.-Y. «Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia». *J Virol.* no 79 (2005): 884–895
- 6 Paules C.I., Marston H.D., Fauci A.S. «Coronavirus infections—more than just the common cold». *JAMA* no 323 (2020): 707–708.
- 7 Shereen M.A., Khan S., Kazmi A., Bashir N., Siddique R. «COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses». *Journal of Advanced Research* 24 (2020): 91–98.
- 8 Wu F., Zhao S., Yu B., Chen Y.-M., Wang W., Song Z.-G., Hu Y., Tao Z.-W., Tian J.-H., Pei Y.-Y., Yuan M.-L., Zhang Y.-L., Dai F.-H., Liu Y., Wang Q.-M., Zheng J.-J., Xu L., Holmes E.C., Yong-Zhen. «A new coronavirus associated with human respiratory disease in China». *Nature* 579 (2020): 265–269.
- 9 Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R., Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G.F., Tan W. «A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019». *N Engl J Med* no 382 (2020): 727–733.
- 10 WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020 <https://www.who.int/>
- 11 WHO Coronavirus Control Panel (COVID-19) <https://www.who.int/>
- 12 WHO announces simple, easy-to-say labels for SARS-CoV-2 Variants of Interest and Concern <https://www.who.int/news/item/31-05-2021-who-announces-simple-easy-to-say-labels-for-sars-cov-2-variants-of-interest-and-concern>
- 13 Koyama T., Platta D., Parida L. «Variant analysis of SARS-CoV-2 genomes». *Bull World Health Organ* no 98 (2020): 495–504.
- 14 Rambaut A., Holmes E.C., O'Toole A., Hill V., McCrone J.T., Ruis C., du Plessis L., Pybus O.G. «A dynamic nomenclature proposal for SARS-CoV-2 lineages to assist genomic epidemiology». *Nat Microbiol* 5 (2020): 1403–1407.
- 15 Tracking SARS-CoV-2 variants <https://www.who.int/en/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants/>
- 16 SARS-CoV-2 Variant Classifications and Definitions <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/variants/variant-classifications.html>
- 17 Hamed S.M., Elkhatib W.F., Khairalla A.S., Noreddin A.M. «Global dynamics of SARS CoV-2 clades and their relation to COVID 19 epidemiology». *Scientific Reports* no 11 (2021): 1-8.
- 18 Mercatelli D., Giorgi F.M. «Geographic and genomic distribution of SARS-CoV-2 mutations». *Front Microbiol* no 11 (2020): 1-13.
- 19 Batyrshin T. V. «Kazhastane zafiksirovany pervye dva sluchaja zabolevaniya koronavirusom [The first two cases of coronavirus have been recorded in Kazakhstan].» *Sputnik Kazakhstan*. <https://ru.sputnik.kz/20200313/kazakhstan-pervyy-sluchay-koronavirus-13067637.html>. (Data obrashheniya 09.20.2021). – (In Russian)

Reference

- 1 Benjamin W.N., Brian D.A., Craig Y., Joel D.Q., Gretchen O., Peter K., Ronald A.M., Mark Y., Michael J.B. Supramolecular Architecture of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Revealed by Electron Cryomicroscopy // *Journal of Virology*. – 2006. – Vol. 80, №16. – P. 7918–7928.
- 2 Virus Taxonomy: 2021 Release. https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_9th_report/positive-sense-rna-viruses2011/w/posrna_viruses/222/
- 3 Fehr A.R., Perlman S. Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis // *Methods Mol Biol.* – Vol 1282, №2015. – P. 1–23.
- 4 van der Hoek L., Pyrc K., Jebbink M.F., Vermeulen-Oost W., Berkhout R.J.M., Wolthers K.C., Wertheim-van Dillen P.M.E., Kaandorp J., Spaargaren J., Berkhout B. Identification of a new human coronavirus. // *Nat Med.* – 2004. – Vol. 10, № 4. – P. 368–373.
- 5 Woo P.C.Y., Lau S.K.P., Chu C.-m., Chan K.-h., Tsoi H.-w., Huang Y., Wong B.H.L., Poon R.W.S., Cai J.J., Luk W.-k., Poon L.L.M., Wong S.S.Y., Guan Y., Peiris J.S.M., Yuen K.-Y. Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia // *J Virol.* – 2005. – Vol. 79, № 2. – P. 884–895.
- 6 Paules C.I., Marston H.D., Fauci A.S. Coronavirus infections—more than just the common cold // *JAMA*. – 2020. – Vol. 323, №8. – P. 707–708.
- 7 Shereen M.A., Khan S., Kazmi A., Bashir N., Siddique R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses // *Journal of Advanced Research*. – 2020. – Vol. 24. – P. 91–98.
- 8 Wu F., Zhao S., Yu B., Chen Y.-M., Wang W., Song Z.-G., Hu Y., Tao Z.-W., Tian J.-H., Pei Y.-Y., Yuan M.-L., Zhang Y.-L., Dai F.-H., Liu Y., Wang Q.-M., Zheng J.-J., Xu L., Holmes E.C., Yong-Zhen. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. // *Nature*. – 2020. – Vol. 579. – P. 265–269.
- 9 Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R., Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G.F., Tan W. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. // *N Engl J Med*. – 2020. – Vol. 382, № 8. – P. 727–733.

- 10 WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020 <https://www.who.int/>
- 11 WHO Coronavirus Control Panel (COVID-19) <https://www.who.int/>
- 12 WHO announces simple, easy-to-say labels for SARS-CoV-2 Variants of Interest and Concern <https://www.who.int/news/item/31-05-2021-who-announces-simple-easy-to-say-labels-for-sars-cov-2-variants-of-interest-and-concern>
- 13 Koyama T., Platta D., Paridaa L. Variant analysis of SARS-CoV-2 genomes // *Bull World Health Organ.* – 2020. – Vol. 98, № 7. – P. 495–504.
- 14 Rambaut A., Holmes E.C., O'Toole A., Hill V., McCrone J.T., Ruis C., du Plessis L., Pybus O.G. A dynamic nomenclature proposal for SARS-CoV-2 lineages to assist genomic epidemiology // *Nat Microbiol.* – 2020. Vol 5. – P. 1403–1407.
- 15 Tracking SARS-CoV-2 variants <https://www.who.int/en/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants/>
- 16 SARS-CoV-2 Variant Classifications and Definitions <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/variants/variant-classifications.html>
- 17 Hamed S.M., Elkhatib W.F., Khairalla A.S., Noreddin A.M. Global dynamics of SARS CoV-2 clades and their relation to COVID 19 epidemiology // *Scientific Reports.* – 2021. – Vol. 11, №8435. – P. 1-8.
- 18 Mercatelli D., Giorgi F.M. Geographic and genomic distribution of SARS-CoV-2 mutations // *Front Microbiol.* – 2020. – Vol. 11, №1800. – P. 1-13.
- 19 Батыршин Т. В Казахстане зафиксированы первые два случая заболевания коронавирусом. Sputnik Казахстан. <https://ru.sputnik.kz/20200313/kazakhstan-pervyy-sluchay-koronavirus-13067637.html>. (Дата обращения 09.20.2021)

Д.А. Тастан^{ORCID}, А. Дуйсен^{ORCID}, Л.Р. Сутуева^{ORCID}, А. Тленшиева^{ORCID},
Т. Конысбаев^{ORCID}, Т.М. Шалахметова*^{ORCID}

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

*e-mail: Tamara.Shalakhmetova@kaznu.kz

ГИСТОПАТОЛОГИЯ ОРГАНОВ БЕЛОГО АМУРА (*STENOPHARYNGODON IDELLA*) ИЗ РЕКИ ИЛЕ И КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Экосистемы Иле-Балхашского региона в последние годы подвергаются антропогенному прессингу, что приводит к снижению биоразнообразия, в том числе, промысловых рыб. В настоящем исследовании с помощью метода атомно-абсорбционной спектроскопии было определено содержание тяжелых металлов в поверхностных водах и донных отложениях реки Иле (верхнее течение, Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища. Из 9 определяемых ТМ превышение ПДК было установлено для $Fe > Zn > Pb > Cd$. Накопление данных ТМ обнаружено также в органах (жабрах, печени, толстом кишечнике, почках) у особей белого амурса, отловленных на разных участках исследуемых водоемов. С помощью гистологических и морфометрических методов оценивалось морфофункциональное состояние белого амурса и выявлены деструктивные изменения в этих же органах. При этом установлено, что характер и количественные показатели гистопатологических изменений зависят от уровня накопления ТМ и места отлова. При этом наибольшие структурные изменения обнаружены в органах у особей белого амурса из реки Иле (верхнее течение) по сравнению с рыбами из юго-восточной части Капшагайского водохранилища. В жабрах выявлены гиперплазия, слияние пластинок, некроз и отек жаберного эпителия. В печени обнаружены расширения пространств Диссе, синусоидов, дистрофия и некроз гепатоцитов, многочисленные меланомacroфагальные скопления. В толстом кишечнике – расслоение тканей стенки: мышечной, серозной, подслизистой и слизистой основы, некроз энтероцитов. В почках наблюдались: сморщивание и расхождение капилляров в сосудистых клубочках, увеличение боуменового пространства, дистрофические и некробиотические изменения эпителиоцитов проксимальных и дистальных почечных канальцев. Сделано заключение о том, что тяжелые металлы, биоаккумулированные в тканях и органах белого амурса, впоследствии ухудшают их гистопатологическое состояние и, таким образом, влияют на состояние здоровья рыб. Выявленные гистопатологические эффекты могут являться биомаркерами состояния водной среды.

Ключевые слова: река Иле, Капшагайское водохранилище, тяжелые металлы, белый амур, гистопатология.

D.A. Tastan, A. Duisen, L.R. Sutueva, A. Tlenshieva,
T. Konysbaev, T.M. Shalakhmetova*

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: Tamara.Shalakhmetova@kaznu.kz

Histopathology of organs of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) from the Ile river and the Kapshagay reservoir

The ecosystems of the Ile-Balkhash region have been subjected to anthropogenic pressure in recent years, which leads to a decrease in biodiversity, including commercial fish. In the present study, using the method of atomic absorption spectroscopy, the content of heavy metals in the surface waters and bottom sediments of the Ile River (upper reach, Panfilovsky district, Almaty region) and the southeastern part of the Kapshagay reservoir was determined. An excess of MPC among the 9 determined HMs, was found for $Fe > Zn > Pb > Cd$. The accumulation of these HMs was also found in organs (gills, liver, large intestine, kidneys) of grass carp caught in different parts of the studied water bodies. With the help of histological and morphometric methods, the morpho-functional state of grass carp was assessed and destructive changes in the same organs were revealed. At the same time, it was found that the nature and quantitative indicators of histopathological changes depend on the level of HM accumulation and the place of capture. At the same time, the greatest structural changes were found in the organs of grass carp from the Ile River (upper reach) compared with fishes from the southeastern part of the Kapshagay reservoir. In the gills, hyperplasia, fusion of the plates, necrosis and edema of the gill epithelium were

revealed. Expansion of spaces of Disse, sinusoids, dystrophy and necrosis of hepatocytes, numerous melanomacrophage accumulations were found in the liver. In the large intestine – stratification of wall tissues: muscular, serous, submucosal and mucous bases, necrosis of enterocytes. In the kidneys, wrinkling and divergence of capillaries in the vascular glomeruli, an increase in the Bowman space, dystrophic and necrobiotic changes in the epitheliocytes of the proximal and distal renal tubules were observed. It was concluded that heavy metals bioaccumulated in the tissues and organs of grass carp subsequently worsen their histopathological state and, thus, affect the health of fish. The revealed histopathological effects can be biomarkers of the state of the aquatic environment.

Key words: Ile river, Kapshagay reservoir, heavy metals, grass carp, histopathology.

Д.А. Тастан, А. Дүйсен, Л.Р. Сутуева, А. Тленшиева,
Т. Конысбаев, Т.М. Шалахметова*

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

*e-mail: Tamara.Shalakhmetova@kaznu.kz

Иле өзені және Қапшағай су қоймасындағы ақ амурдың (*Ctenopharyngodon idella*) органдарының гистопатологиясы

Иле-Балқаш өңірінің экожүйелері соңғы жылдары антропогендік қысымға ұшырауда, бұл биоалуантүрліліктің, оның ішінде кәсіптік балықтардың азаюына алып келеді. Бұл зерттеуде атомдық абсорбциялық спектроскопия әдісін қолдана отырып, Иле өзенінің (жоғарғы ағысы, Алматы облысы Панфилов ауданы) және Қапшағай су қоймасының оңтүстік-шығыс бөлігіндегі жер үсті сулары мен түп шөгінділеріндегі ауыр металдардың мөлшері анықталды. Анықталған 9 ауыр металдың ішінен $Fe > Zn > Pb > Cd$ үшін ШРК артықтығы анықталды. Зерттелетін су аймақтарының әр жерінен ауланған амур балықтарының ағзаларында (желбезінде, бауырында, тоқ ішегінде, бүйрегінде) де жинақталғаны анықталды. Гистологиялық және морфометриялық әдістердің көмегімен амур балықтарының морфо-функционалдық жағдайы бағаланып, сол мүшелердегі деструктивті өзгерістер анықталды. Сонымен бірге гистологиялық өзгерістердің сипаты мен сандық көрсеткіштері ауыр металдың жинақталу деңгейіне және балық аулау орнына байланысты екені көрсетілді. Бұл ретте Қапшағай су қоймасының оңтүстік-шығыс бөлігіндегі балықтармен салыстырғанда Иле өзенінің (жоғарғы ағыс) ақ амурының органдарында үлкен құрылымдық өзгерістер анықталды. Желбезектерде гиперплазия, пластинкалардың бірігуі, желбезек эпителийінің некрозы және ісінуі анықталды. Бауырда Disse кеңістіктерінің кеңеюі, синусоидтар, гепатоциттердің дистрофиясы мен некрозы, көптеген меланомacroфагтардың жинақталуы анықталды. Тоқ ішекте – қабырға тіндерінің стратификациясы: бұлшықетті, серозды, шырышты асты және шырышты негіздер, энтероциттердің некрозы. Бүйректерде: тамырлы гломерулада капиллярлардың мыжылуы және дивергенциясы, Боуман кеңістігінің ұлғаюы, проксимальды және дистальды бүйрек түтікшелерінің эпителиоциттерінде дистрофиялық және некробиотикалық өзгерістер байқалды. Амур балықтарының ұлпалары мен мүшелерінде жиналған ауыр металдар кейіннен олардың гистопатологиялық күйін нашарлатады және осылайша балықтардың денсаулығына әсер етеді деген қорытынды жасалды. Анықталған гистопатологиялық әсерлер су ортасының жағдайының биомаркерлері болуы мүмкін.

Түйін сөздер: Иле өзені, Қапшағай су қоймасы, ауыр металдар, ақ амур, гистопатология.

Введение

Трансграничная река Иле, которая формируется на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района Китайской Народной Республики, где для нужд орошаемого земледелия и энергетики построены и продолжают возводиться крупные гидротехнические сооружения [1]. Чрезмерный забор воды в верхнем течении реки и ее загрязнение различными ксенобиотиками может привести к резкому сокращению видового разнообразия и, безусловно, сказаться на здоровье местного населения [2]. Река Иле является основной водной артерией юго-восточного региона Казахстана. Река обеспечивает до 80

% всего притока воды в озеро Балхаш, впадая в западную часть озера. В 60-70-е годы для регулирования стока реки Иле было построено Капшагайское водохранилище. В настоящее время этот искусственный водоем – второй по величине в Казахстане, является не только источником гидравлической энергии, получаемой на Капшагайской ГЭС, но и используется для нужд ирригации, рыбоводства и является рекреационно-курортной зоной для жителей мегаполиса Алматы и Алматинской области. По данным РГП «Казгидромет» Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан за I полугодие 2020 г. качество воды в реке Иле и водохранилища Капшагай оценива-

ется как 2 и 1 класс согласно Единой системы классификации качества воды в водных объектах [3]. Негативное воздействие на экосистемы Иле-Балкашского бассейна оказало не только строительство Капшагайского водохранилища, но и хозяйственная деятельность крупных населенных пунктов – села Баканас и г. Капшагай (ныне Конаев). В районе села Баканаса располагается большой Акдалинский массив рисосеяния. Степень загрязненности может меняться в зависимости от сезона и хозяйственной активности местного населения.

Большинство водных объектов, подверженных антропогенной нагрузке, могут содержать разнообразные загрязняющие вещества с токсической активностью, которые могут перемещаться в водной среде на большие расстояния от источника загрязнения [4]. Особенную опасность для гидробионтов представляют тяжелые металлы, как неразлагаемые и накапливающиеся в организме [5].

Все вышесказанное свидетельствует о важности и необходимости проведения комплексного исследования состояния воды, донных отложений, гидробионтов реки Иле и Капшагайского водохранилища, воды которых активно используются населением в различных сферах деятельности, в том числе, для рыбозахвата.

Целью настоящей работы явилось исследование содержания тяжелых металлов в поверхностных водах и донных отложениях реки Иле и Капшагайского водохранилища, а также в органах одного из промысловых видов рыб – белого амура (*Ctenopharyngodon idella*) и оценка их гистопатологического состояния.

Материал и методы исследования

Методики сбора воды и седиментов

В 10 контрольных точках исследуемых участков верхнего течения реки Иле (Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища производили сбор, консервацию и хранение проб поверхностных вод согласно Международным стандартам и утвержденным ГОСТам [6-7]. Отбор пробы воды осуществляли на глубине 0,5-1,0 м. Пробоотборниками являлись химически стойкие чистые 1-5 литровые пластиковые емкости. Хранение и доставку до лаборатории проб воды осуществляли при низких температурах 0°C в сумках-холодильниках. Перед хранением и консервацией воду процеживали от водорослей через мелкопористое сито. Перед отбором проб

воды и седиментов производили определение ряда параметров воды с помощью следующих приборов: температуру, общую минерализацию (растворенные в воде соли) и электропроводность измеряли с помощью портативного анализатора TDS&EC-метра (Barry Century, Китай), значение pH – портативного анализатора pH-метра PH-009(I) (Barry Century, Китай), окислительно-восстановительный потенциал – портативного анализатора ORP-метра ORP169E (Barry Century, Китай), содержание растворенного кислорода – портативного анализатора DO-метра DO-pen type (Alvin Instrument, Китай).

В тех же точках исследования также в соответствии с Международными стандартами и утвержденными ГОСТами [8-10] осуществляли отбор донных отложений (седиментов) на глубине от 1 до 2 метров с помощью дночерпателей, краг и стратиметров (трубок различных диаметров). В зависимости от анализируемых загрязняющих веществ и свойств донных отложений перед хранением в пробы добавляли различные консервирующие вещества (кислоты). Пробы донных отложений хранили в охлажденном (от 0 до минус 3°C) состоянии.

Методики химического анализа воды и седиментов, органов рыб и амфибий на содержание тяжелых металлов

Важнейшим показателем качества среды обитания гидробионтов является степень чистоты поверхностных вод и донных отложений по содержанию тяжелых металлов [11]. В связи с этим во всех собранных пробах воды и седиментов были определены тяжелые металлы согласно практическим руководствам и ГОСТам. Определение ТМ проводили после соответствующей пробоподготовки на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-915 МД (г. Санкт-Петербург) [12-14].

Кроме химического анализа проб воды и седиментов, проводили физико-химический анализ проб различных тканей и органов (жабры, легкие, мышцы, печень), белого амура (*Ctenopharyngodon idella*). Содержание ТМ определяли в пробах биологических образцов с помощью метода атомно-абсорбционной спектрофотометрии, на вышеназванном приборе. Для определения концентрации ТМ кусочки органов и тканей взвешивали и высушивали при комнатной температуре. Кусочки органов помещали в фторпластиковый стакан со смесью 2 мл концентрированной HNO_3 и 1,5 мл концентрированной HClO_4 . Фторпластиковый стакан устанавливали

в герметично закрывающийся стальной стакан, который ставили в сушильный шкаф на 3 часа при температуре 105°C. После охлаждения полученный раствор переливали в пробирку, доводя объем раствора дистиллированной водой до 10 мл [15 – 16].

Измерение концентрации ТМ производили на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-915 МД (г. Санкт-Петербург) в атомно-абсорбционном режиме при длинах волн, соответствующих каждому исследуемому металлу.

Содержание металла выражали мкг/г сырой ткани, используя формулу (1):

$$C = \gamma V k / P \quad (1)$$

где С – содержание металла; γ – концентрация; V – объем раствора, мл; k – коэффициент разбавления, кратный 10; P – навеска ткани, г.

Методика приготовления гистологических препаратов

Кусочки органов размером 5 x 5 x 5 мм фиксировали в 10% нейтральном формалине в течение 10 дней. После фиксации кусочки органов промывались в проточной воде в течение 12–24 часов, затем обезживали 90% изопропиловым спиртом и заливали в парафин [17]. Затем изготавливались срезы толщиной 5–7 мкм, которые после удаления парафина и проведения по спиртам восходящей крепости, окрашивали краской гематоксилин и эозин. Затем заключали под покровное стекло в синтетическую среду Bio-Mount (Bio-Optica, Italy). Анализ окрашенных гистологических препаратов и их фотографирование производили с помощью микроскопа Leica DMLB2 с цифровой камерой Leica DFC 320 (Germany) при различных увеличениях.

Методика статистической обработки результатов

Результаты количественных исследований подвергались статистической обработке. Во всех случаях определяли средние значения и ошибку средней величины. Достоверность различий средних величин оценивали, используя t-критерий Стьюдента. Различия считались достоверными при доверительной вероятности равной 0,95. Статистическую обработку и графическое представление материалов осуществляли с помощью приложения Microsoft Excel 7.0.

Результаты и их обсуждение

Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах и донных отложениях реки Иле (верхнее течение, Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища

Результаты данного исследования представлены на рисунках 1–2. В соответствии с ежегодными данными Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан о состоянии объектов окружающей среды, представленными в выпусках Информационного экологического вестника, многие водоемы Казахстана, в том числе р.Иле, загрязнены в большей степени тяжелыми металлами [1]. В связи с этим проводилось исследование в поверхностных водах и донных отложениях реки Иле (верхнее течение Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища на содержания тяжелых металлов. При этом определялись классы опасностей и ПДК (предельно- допустимая концентрация) этих тяжелых металлов для рыбохозяйственных водоемов, установленных в соответствии с ГОСТ. 17.4.1.0283 [2]. Выявление ТМ в поверхностных водах и седиментов проводилось с помощью высокочувствительного метода атомно- абсорбционной спектроскопии. Было определено 9 ТМ: Pb, Cr, Co, Mn, Ni, Cd, Cu, Zn, Fe.

Как следует из представленных на рисунке 1 данных превышение ПДК выявлено у 4 из 9 исследованных ТМ. Причем превышение ПДК для Pb, Cd, Zn, Fe в поверхностных водах верхнего течения р.Иле (Панфиловский район, Алматинская область) по сравнению с поверхностными водами юго-восточной части Капшагайского водохранилища составляет соответственно 1.4, 1.5, 1.9 и 2.1 раза. Из результатов настоящего исследования видно, что превышение ПДК тяжелых металлов распределяется в следующем порядке: Fe > Zn > Pb > Cd как для поверхностных вод верхнего течения р.Иле, так и для юго-восточной части Капшагайского водохранилища, но в последнем в меньшей степени.

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях, также, как и в поверхностных водах, превышало ПДК для Pb Cd, Zn, Fe. При этом превышение ПДК для этих металлов в донных отложениях верхнего течения р. Иле было в 1.5, 1.4, 1.9 и 1.5 раз по сравнению с уровнем ТМ в седиментах из юго-восточной части Капшагайского водохранилища.

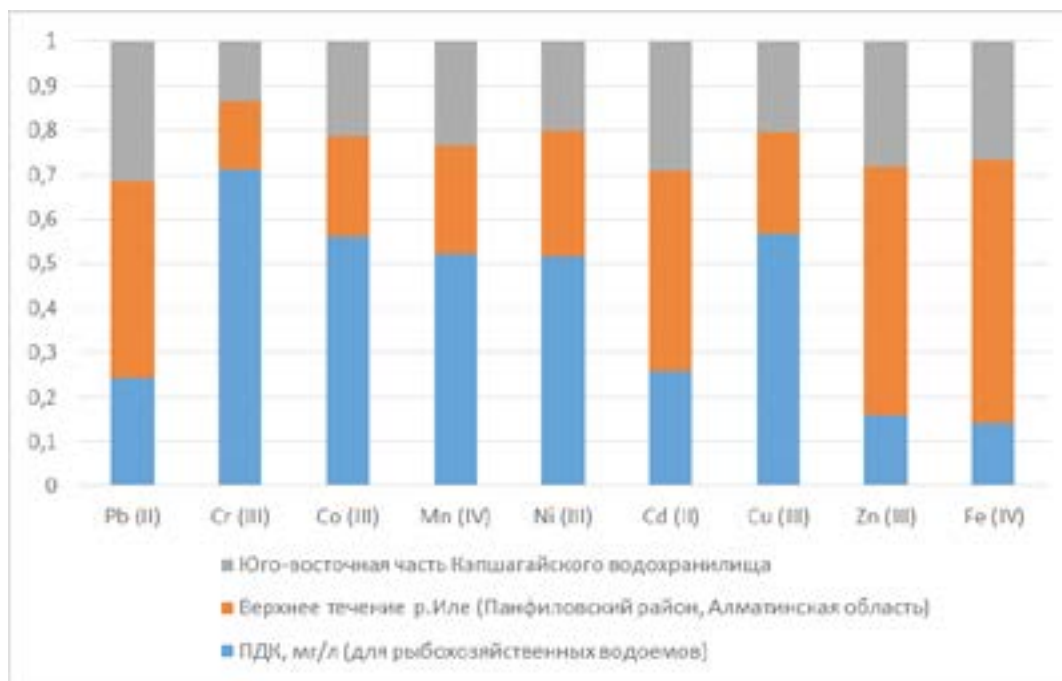


Рисунок 1 – Содержание ТМ в поверхностных водах реки Или (верхнее течение, Панфиловского района Алматинской области) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища, 2021-2022 гг., мг/л

Результаты этого исследования свидетельствуют о том, что тяжелые металлы содержатся в поверхностных водах и в донных отложениях

верхнего течения р. Иле в большем количестве по сравнению с юго-восточной частью Капшагайского водохранилища.

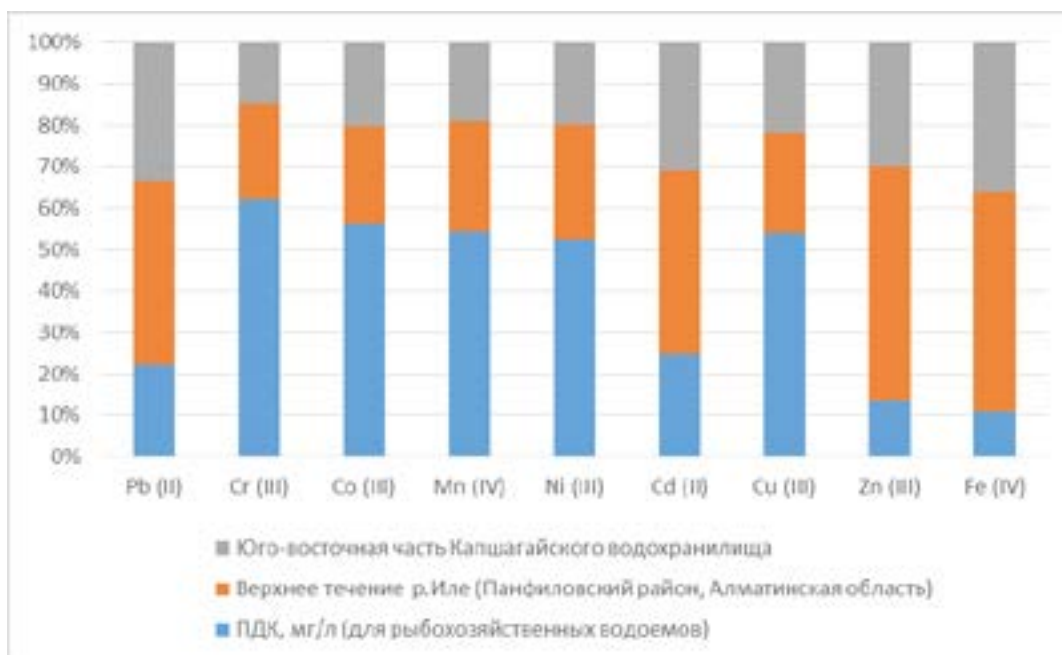


Рисунок 2 – Содержание ТМ в донных отложениях реки Или (верхнее течение, Панфиловского района Алматинской области) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища, 2021-2022 гг., мг/л

Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб из реки Иле (верхнее течение, Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища

В органах и тканях рыб из реки Иле (верхнее течение) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища были определено содержание ТМ, превышающих ПДК в поверхностных водах и седиментах, то есть Pb, Cd, Zn, Fe. Результаты данного исследования приведены в таблице 1.

Тяжелые металлы накапливались во всех исследуемых органах: жабрах, печени, толстой кишке, почках у рыб как из р.Иле, так и из Капшагайского водохранилища. При этом, сравнительный анализ показал, что содержание Pb, Cd, Zn, Fe в органах и тканях белого амура из реки Иле (верхнее течение) превышает уровень у рыб из юго-восточной части Капшагайского водохранилища. Это также подтверждается наибольшим превышением ПДК практически в два раза для этих металлов во исследуемых органах у рыб из реки Иле (верхнее течение) (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание ТМ в органах и тканях белого амура (*Ctenopharyngodon idella*) из реки Иле (верхнее течение Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища, мкг/г.

Пункты исследования	Объект	Белый амур (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)			
	ТМ	Pb	Cd	Zn	Fe
	ПДК мкг/г [▲]	1,0	0,2	40,0	30,0
Верхнее течение р.Иле (Панфиловский район, Алматинская область)	жабры	1,80 ± 0,13*	0,43 ± 0,07*	117,20 ± 4,54*	112,60 ± 4,20*
	> ПДК	1,80	2,15	2,93	3,75
	печень	1,94 ± 0,16*	0,49 ± 0,07*	130,50 ± 4,30*	142,24 ± 5,42*
	> ПДК	1,94	2,45	3,26	4,74
	толстая кишка	1,98 ± 0,13*	0,36 ± 0,08*	124,30 ± 3,90*	130,44 ± 4,80*
	> ПДК	1,98	1,8	3,10	4,35
	почки	1,68 ± 0,10*	0,46 ± 0,06*	123,30 ± 5,20*	138,22 ± 5,40*
	> ПДК	1,68	2,30	3,08	4,61
Юго-восточная часть Капшагайского водохранилища	жабры	0,90 ± 0,08	0,28 ± 0,06	58,60 ± 1,90	56,94 ± 3,62
	> ПДК	0,90	1,40	1,46	1,89
	печень	0,97 ± 0,12	0,25 ± 0,09	65,25 ± 3,42	71,24 ± 3,80
	> ПДК	0,97	1,25	1,63	2,37
	толстая кишка	0,99 ± 0,16	0,18 ± 0,06	62,18 ± 2,24	65,40 ± 2,80
	> ПДК	0,99	0,90	1,55	2,18
	почки	0,86 ± 0,11	0,23 ± 0,06	61,60 ± 2,80	69,20 ± 3,92
	> ПДК	0,86	1,15	1,54	2,31

Примечание: [▲]ПДК в сырой рыбе; * P≥0,05 по сравнению с показателями у рыб из Юго-восточной части Капшагайского водохранилища.

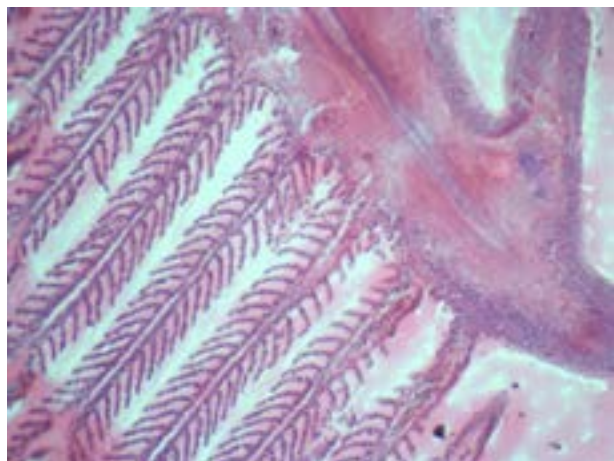
Исследование гистоструктуры органов белого амура из реки Иле (верхнее течение, Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища

В жабрах белого амура из реки Иле (верхнее течение) наблюдались такие гистопатологические изменения как гиперплазия, слияние пластинок, эпителиальный некроз. У основания пластинок в покрывающем их вторичном жабберном эпителии (ламеллы) наблюдались отёки (рисунок 3, А). Кроме того, в ряде ламелл

была отмечена деструкция сосудистого слоя, в виде кровоизлияний и полнокровия. Подобные изменения в жабрах были зарегистрированы у разных рыб из пресноводных водоемов, подвергшихся воздействию тяжелых металлов. [18 – 21]. Таким образом, эпителиальная выстилка пластинок рыб может реагировать на присутствующие в поверхностных водах и седиментах тяжелые металлы, создавая в тканях осморегуляторный дисбаланс [22-24]. Эти деструктивные процессы, по-видимому связаны, со значительным накоплением в жабрах Pb, Cd, Zn, Fe,

особенно у рыб из реки Иле (верхнее течение). У рыб из юго-восточной части Капшагайского водохранилища в жабрах подобные деструк-

тивные изменения первичного и вторичного жаберного эпителия не были обнаружены (рисунок 3, Б).



А



Б

А – Гиперплазия, слияние пластинок, некроз и отек жаберного эпителия,

Б – Первичный и вторичный эпителий без изменений.

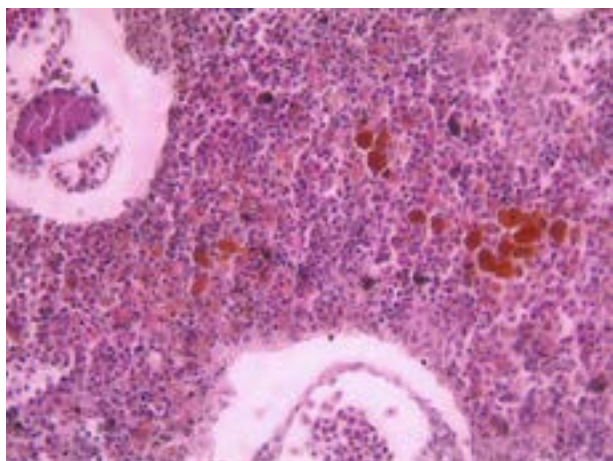
Рисунок 3 – Гистоструктура жабр белого амура: А- из реки Иле (верхнее течение),

Б – из юго-восточной части Капшагайского водохранилища. Окраска: гематоксилин-эозин. X 200.

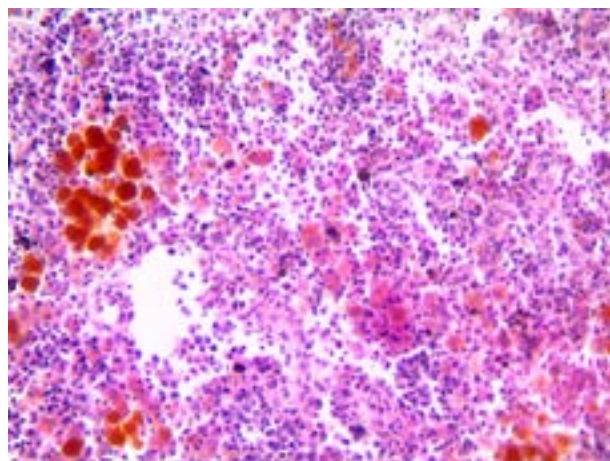
Одним из важнейших органов жизнедеятельности рыб, участвующем в процессах нормального пищеварения и детоксикации эндо- и экзогенных веществ, является печень. Результаты исследования гистоструктуры печени белого амура из реки Иле (верхнее течение) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища представлены на рисунке 4, А,Б. У белого амура из верхнего течения реки Иле наблюдаются значительные изменения в микроскопическом строении органа: клетки паренхимы печени изменили радиальное расположение и хаотично формировали структуру органа из-за резкого расширения пространств Диссе, синусоидов и некроза большинства гепатоцитов (рисунок 4, А). Эти участки выявлялись как светлые или «пустые». В паренхиме органа обнаруживались центры скопления и отдельные лежащие меланомacroфаги. Меланомacroфагальные центры – это скопления местных макрофагов, содержащие пигмент гемосидерин, из-за чего они выглядят бурно-красными на фоне розово окрашенных гепатоцитов. Их многочисленность в печени рыб свидетельствуют о присутствии в водной среде токсикантов [25]. У рыб из юго-восточной части Капшагайского водохранилища каких-либо патологий, кроме периваскулярного отёка одного

из крупных кровеносных сосудов, обнаружено не было (рисунок 4, Б).

В стенке толстой кишки белого амура из реки Иле (верхнее течение) обнаруживалось расщепление тканей: мышечной, серозной, подслизистой и слизистой основы (рисунок 5,А). Как известно, структурно-функциональной единицей слизистой оболочки тонкой и толстой кишки является комплекс крипта-ворсинка. В толстом кишечнике крипты более развиты, чем в тонком кишечнике. Они располагаются плотнее, чем в тонкой кишке и имеют более широкий просвет, содержат камбиальные элементы эпителия. У белого амура их верхнего течения реки Иле наблюдается изменение соотношения крипт и ворсинок в результате утраты отдельных ворсинок. Кроме того, наблюдается многочисленные бокаловидные клетки, которыми, как известно, богата толстая кишка. Но в данном случае это может свидетельствовать также о функциональной нагрузке на орган, так как просвете органа видны окрашенные эозином непереваренные розовые растительные волокна. Белый амур, как известно, является исключительно травоядной рыбой и попадающие с пищей поллютанты могут концентрироваться данными волокнами, накапливаясь, вызывая токсический эффект.



А



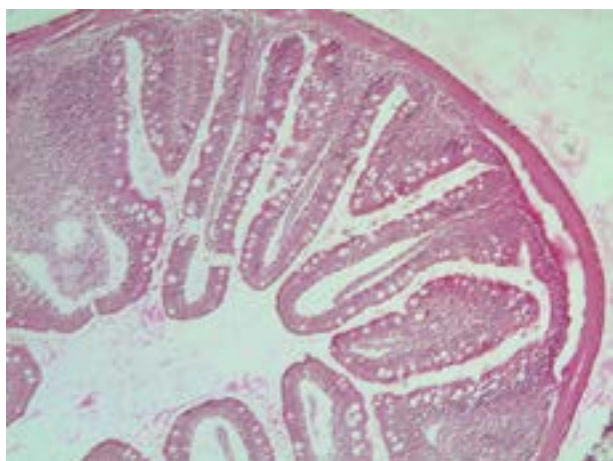
Б

А – Расширение пространств Диссе, синусоидов, дистрофия и некроз гепатоцитов, многочисленные меланомакрофагальные скопления; Б – Трубоччатое строение паренхимы печени сохранено, внутрисекреторная экзокринная ткань поджелудочной железы, ацинус организован столбчатыми цилиндрическими клетками без каких-либо патологий, периваскулярный отёк крупного кровеносного сосуда.

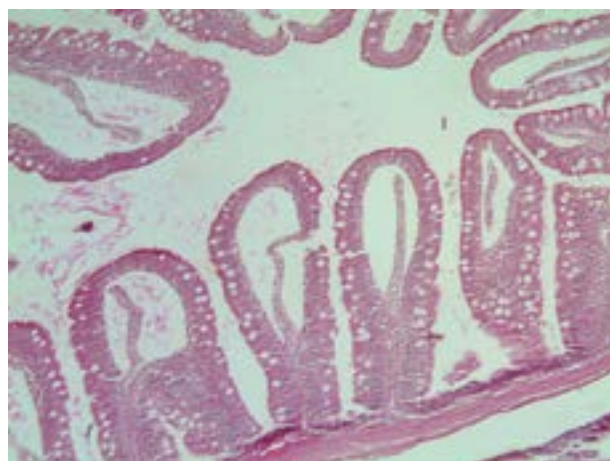
Рисунок 4 – Гистоструктура печени белого амура: А- из реки Иле (верхнее течение), Б – из юго-восточной части Капшагайского водохранилища. Окраска: гематоксилин-эозин. X 200.

В толстой кишке белого амура из юго-восточной части Капшагайского водохранилища обнаруживалось отслоение мышечного слоя и серозной оболочки не повсеместно как у рыб из верхнего течения реки Иле, а только в отдельных участках (рисунок 5,Б). Если у рыб из верхнего течения реки Иле патологические процессы охватывали весь орган, то у рыб из

юго-восточной части Капшагайского водохранилища – отдельные кишечные ворсинки. Проплиферация камбиальных элементов на дне крипты активная, видны растущие ворсинки, что свидетельствует о высоких регенераторных возможностях органа. Бокаловидные клетки равномерно распространены по кишечным ворсинкам.



А



Б

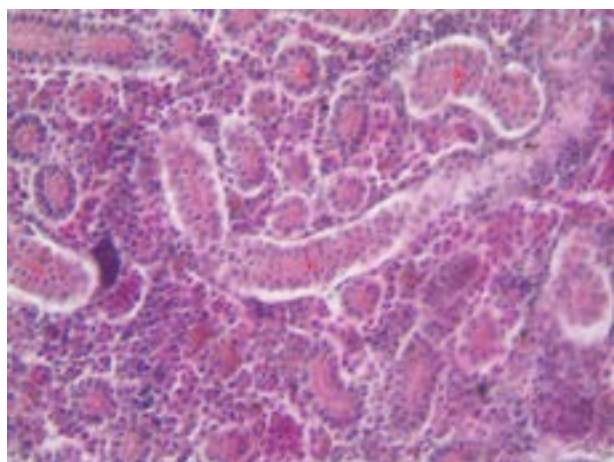
А – Расслоение тканей стенки толстой кишки: мышечной, серозной, подслизистой и слизистой основы. Многочисленные бокаловидные клетки и растительные волокна в просвете органа.

Б – Отслоение мышечного слоя и серозной оболочки на отдельном участке и некроз энтероцита на одной кишечной ворсине.

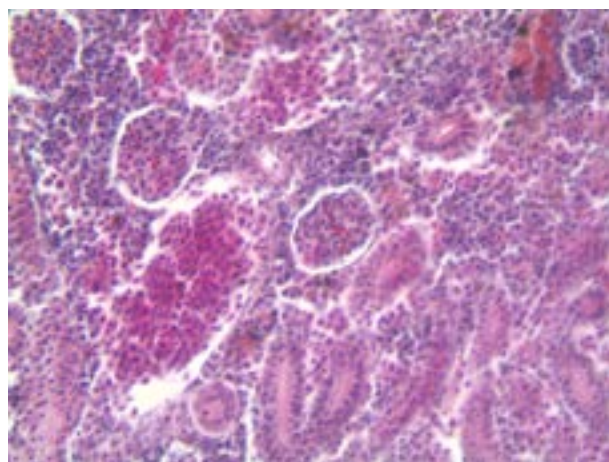
Рисунок 5 – Гистоструктура толстой кишки белого амура: А – из реки Иле (верхнее течение), Б – из юго-восточной части Капшагайского водохранилища. Окраска: гематоксилин-эозин. X 200.

Почки, являясь органом выведения продуктов метаболизма и поступающих в организм органических и неорганических соединений, становятся мишенью для них. Исследование гистоструктуры почек белого амура (*Stenopharyngodon idella*) из верхнего течения реки Иле и юго-восточной части Капшагайского водохранилища представлены на рисунках 6, А,Б. У белого амура из верхнего течения реки Иле наблюдались изменения в корковом веществе почек: неравномерное распределение сосудистых клубочков и разрушение в виде сморщивания и/или синехий (расхождения капилляров), увеличение боуменова пространства. Деструктивные процессы затрагивали проксимальные и дистальные почечные каналцы в виде дистрофических и некробиотических изменений эпителиоцитов (рисунок 6, А). Изменения в системе кровообращения заключались в полнокровии

сосудов и кровоизлияниях. В паренхиме органа обнаруживались воспалительные инфильтраты из лейкоцитов, лимфоцитов, гистиоцитов. У некоторых особей наблюдался отёк паренхимы органа в виде расширенных интерстициальных пространств между почечными канальцами. У рыб из юго-восточной части Капшагайского водохранилища гистоструктура почек по большей части сохранена (рисунок 6, Б). Микроскопическое строение сосудистых клубочков и почечных канальцев в пределах нормы. Почечные канальцы прилежат друг к другу. Эпителиоциты проксимальных канальцев имеют характерную высокую призматическую форму, а дистальных – низкую. Цитоплазма эпителиальных клеток канальцев гомогенно окрашена в розовый цвет эозином, а ядра – гематоксилином в синий цвет. Ядра располагаются ближе к базальной мембране.



А



Б

А – Разрушение сосудистых клубочков в виде сморщивания и/или синехий (расхождения капилляров), увеличение боуменова пространства. Дистрофические и некробиотические изменения эпителиоцитов проксимальных и дистальных почечных канальцев. Полнокровие сосудов, кровоизлияния.

Воспалительные инфильтраты из лейкоцитов, лимфоцитов, гистиоцитов;

Б – Микроскопическое строение сосудистых клубочков и почечных канальцев в пределах нормы.

Рисунок 6 – Гистоструктура почек белого амура: А – из реки Иле (верхнее течение),

Б – из юго-восточной части Капшагайского водохранилища. Окраска: гематоксилин-эозин. X 200.

Таким образом, сравнительное исследование микроскопического строения органов белого амура из реки Иле (верхнее течение) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища выявило гистопатологические изменения в разных органах белого амура, причем у рыб, обитающих в верхней части реки Иле, в большей степени по сравнению с особями из Капшагайского водохранилища, что, по-видимому связано

с наибольшим накоплением у них Pb, Cd, Zn, Fe (Таблица 1).

Для доказательства визуальных наблюдений были предприняты количественные морфометрические исследования, результаты, которого приведены в Таблице 2. Видно, что объем отёчной ткани жаберного эпителия и кровоизлияний у белого амура из верхнего течения реки Иле в 4,9 и 2,2 раза превышает, а

длина ламелл, наоборот, в 2,1 раза ниже таких же показателей у рыб из юго-восточной части Капшагайского водохранилища, что соответствует гистопатологическим изменениям в данном органе (рисунок 3, А, Б). В толстом кишечнике у белого амура из верхнего течения реки Иле высота ворсинок в 1,8 раза снижалась по сравнению с рыбами из юго-восточной части Капшагайского водохранилища за счет сдувания эпителия на верхушках, а глубина крипт и толщина стенки в 2,8 и 1,7 раза увеличивалась, соответственно. В печени у белого амура из верхнего течения реки Иле по сравнению с рыбами из юго-восточной части Капшагай-

ского водохранилища число интактных (неповрежденных) гепатоцитов в 1,6 раза снижалось, а количество дистрофически измененных и некротизированных клеток резко возрастало. При этом, многократно увеличивалось количество меланомакрофагов и воспалительных инфильтратов (Таблица 2, Рисунок 4,А,Б). В почках у белого амура из верхнего течения реки Иле по сравнению с рыбами из юго-восточной части Капшагайского водохранилища диаметр сосудистых клубочков уменьшался в 1, 2 раза, видимо за счет сморщивания, а диаметр почечных канальцев во столько же раз увеличивалось из-за отека.

Таблица 2 – Морфометрические показатели в органах белого амура (*Ctenopharyngodon idella*) из реки Иле (верхнее течение Панфиловский район, Алматинская область) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища

Органы	Показатели	Река Иле (верхнее течение, Панфиловский район, Алматинская область)	Юго-восточная часть Капшагайского водохранилища
Жабры	Отек	$8,1 \pm 7,1^* \text{ мм}^3$	$1,65 \pm 0,59 \text{ мм}^3$
	Кровоизлияние	$7,75 \pm 1,74^* \text{ мм}^3$	$3,46 \pm 1,11 \text{ мм}^3$
	Длина ламелл	$73,37 \pm 33,34 \text{ мкм}$	$157,17 \pm 26,39^* \text{ мкм}$
Толстая кишка	Высота ворсинок	$1143,67 \pm 298,317^* \text{ мкм}$	$2021,29 \pm 335,873 \text{ мкм}$
	Глубина крипта	$456,013 \pm 133,053^* \text{ мкм}$	$163,897 \pm 84,571 \text{ мкм}$
	Толщина стенки	$164,507 \pm 43,804^* \text{ мкм}$	$94,976 \pm 19,221 \text{ мкм}$
Печень	Количество интактных гепатоцитов	$12598 \pm 96^{**}$	19598 ± 78
	Количество дистрофических гепатоцитов	$790 \pm 52^{***}$	14 ± 5
	Количество некротизированных гепатоцитов	264 ± 38	-
	Количество меланомакрофагов	$184 \pm 40^{**}$	68 ± 15
	Воспалительные инфильтраты	34 ± 9	-
Почки	Диаметр дистальных канальцев	$170,178 \pm 25,102 \text{ мкм}$	$175,81 \pm 26,736 \text{ мкм}$
	Диаметр проксимальных канальцев	$201,314 \pm 21,943^* \text{ мкм}$	$167,64 \pm 18,414 \text{ мкм}$
	Диаметр сосудистых клубочков	$276,861 \pm 26,386^* \text{ мкм}$	$325,987 \pm 32,846 \text{ мкм}$
	Длина боуменова пространства	$47,377 \pm 7,76^* \text{ мкм}$	$26,462 \pm 8,13 \text{ мкм}$
Примечание: измерение проводилось на 5 препаратах от 5 особей в 10 случайных полях зрения при x400. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ по сравнению с показателями у рыб из нижней части реки Иле			

Заключение

Исследование содержания тяжелых металлов: Pb, Cr, Co, Mn, Ni, Cd, Cu, Zn, Fe в поверхностных водах и седиментах из разных участков реки Иле (верхнее течение) и юго-восточной части Капшагайского водохранилища выявило превышение ПДК для четырех из них: $\text{Fe} > \text{Zn} >$

$\text{Pb} > \text{Cd}$. Эти металлы обнаруживались в разных органах белого амура (*Ctenopharyngodon idella*), отловленных в исследуемых участках, и вызывали гистопатологические изменения, соответствующие уровню их накопления. Установлено, что наибольшему токсикологическому воздействию были подвержены гидробионты, в частности, рыбы в верхнем течении реки Иле. Воды и

седименты юго-восточной части Капшагайского водохранилища, хоть содержат выявленные ТМ, но в значительно меньшей степени по сравнению с верхним течением реки Иле. Морфо-функциональное состояние белого амура из юго-восточной части Капшагайского водохранилища также свидетельствует о более благоприятных условиях водной среды для рыб.

Как известно, патофизиологическим механизмом действия тяжелых металлов могут быть окислительно-восстановительные реакции с образованием свободных радикалов и,

следовательно, способные вызывать биохимические и морфологические изменения [26-27]. Характер вызванных морфо-функциональных особенностей в организме рыб можно широко использовать для оценки состояния водных экосистем. Таким образом, они могут служить биомаркерами загрязнения окружающей среды [28]. В ряде токсикологических исследований было показано, что изменения в разных органах рыб являются наиболее распространенными реакциями на загрязнители окружающей среды [29-30].

Литература

1. Информационный бюллетень о трансграничном переносе токсичных компонентов в объектах окружающей среды за 1 полугодие 2021 года, Нур-Султан 2021, министерство экологии, геологии и природных ресурсов республики Казахстан, республиканское государственное предприятие «Казгидромет»
2. Burlibaev M.Zh., Dostaj Zh.D., Mirhashimov I., Nikolaenko A.Ju. Sovremennoe sostojanie hozjajstvennoj dejatel'nosti v Ile-Balhashskom bassejne. Integririvannoe upravlenie vodnymi resursami v Ile-Balkashskom bassejne. UNDP. – Almaty, 2011. – P. 3-16.
3. РГП “Казгидромет” Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК. Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды Республики Казахстан [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ecology/informacionnyy-byulleteni-o-sostoyanii-okruzhayushey-sredy-respubliki-kazahstan>.
4. Paul K.S. Lam. Use of biomarkers in environmental monitoring. // *Ocean & Coastal Management*. – 2009. – №52. – P.348-354.
5. Zhang W, Ma L, Abuduwaili J, Ge Y, Issanova G, Saparov G. (2020) Distribution characteristics and Assessment of heavy metals in the surface water of the Syr Darya River, Kazakhstan. *Pol J Environ Studies* 29(1): 979-988.
6. Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (Качество воды. Отбор проб. Руководство по составлению программ отбора проб) // Международный стандарт. ISO 5667-1:1982.
7. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб // Межгосударственный стандарт. - 2012. - 25с.
8. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis // Межгосударственный стандарт. - 2003. - 25с.
9. ГОСТ 17.1.5.01–80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 7 с.
10. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2008. – 17с.
11. Будников Г.Н. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соросовский образовательный журнал. - 1998. - № 5. - С.23-29.
12. Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязненной воды: практическое руководство. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 678 с.
13. СанПиН 42-128-4433-87 “Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве” (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР от 30 октября 1987 г. N 4433-87).
14. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. - М.: Изд. ВНИИРО. - 1999. - 304с.
15. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. – Москва: Мир, 1976. – 235 с.
16. Золотов Ю.А., Кузьмин И.М. Концентрирование микроэлементов. - М.: Химия, 1982. 186 с.
17. Викторов И.В., Прошин С.С. Применение изопропилового спирта в гистологических методах: обезвоживание и заливка ткани в парафин, обработка парафиновых срезов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2003. – №7. – С.119–120.
18. Alazemi, B.M.; Lewis, J.W. & Andrews, E.B. 1996. Gill damage in the freshwater fish *Gnathnonemus petersii* (Family: Mormyridae) exposed to selected pollutants: An ultrastructure study. *Environmental Technology* 17: 225-238.
19. Arellano, J.M.; Storch, V. & Sarasquete, C. 1999. Histological changes and copper accumulation in liver and gills of the Senegalese sole, *Solea senegalensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 44: 62-72.
20. Askari Hesni, M.; Dadolahi-Sohrab, A.; Savari, A. & Mortazavi, M.S. 2011. Gill Histopathological Changes in Milkfish (*Chanos chanos*) Exposed to Acute Toxicity of Diesel Oil. *World Applied Sciences Journal* 14 (10): 1487-1492.
21. Besirovic H, Alic A, Prasovic S, et al. Histopathological effects of chronic exposure to cadmium and zinc on kidneys and gills of brown trout (*Salmo trutta m. fario*). *Turk J Fish Aquat Sci*. 2010;10:169–185.

22. Fatima M, Usmani N. Histopathology and bioaccumulation of heavy metals (Cr, Ni and Pb) in fish (*Channa stratus* and *Heteropneustes fossilis*) tissue: A study for toxicity and ecological impacts. *Pak J Biol Sci* 2013;16:412–420.
23. Wani A, Sikdar-Bar M, Borana K, et al. Histopathological alterations induced in gill epithelium of African catfish, *Clarias gariepinus*, exposed to copper sulphate. *Asian J Exp Biol Sci*. 2011;2:278–282.
24. Azadeh Atabati, Alireza Keykhosravi, Majid Askari-Hesni, Jafar Vatandoost, Mina Motamedi Effects of Copper Sulfate on gill histopathology of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) //Iran. *J. Ichthyol.* (March 2015), 2(1): 35–42.
25. C. F. Sales, R. F. Silva, M. G. C. Amaral, F. F. T. Domingos, R. I. M. A. Ribeiro, R. G. Thomé & H. B. Santos. Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost//Neotropical Ichthyology, 15(1): e160041, 2017.
26. Farombi E, Adelowo O, Ajimoko Y. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicator of environmental pollution in African catfish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *Int J Environ Res Public Health*. 2007;4:158–165.
27. Javed M, Ahmad M, Usmani N, et al. Multiple biomarker responses (serum biochemistry, oxidative stress, genotoxicity and histopathology) in *Channa punctatus* exposed to heavy metal loaded waste water. *Sci Rep Nat*.2017;7:1675.
28. Javed M, Usmani N. Accumulation of heavy metals and human health risk assessment via the consumption of freshwater fish *Mastacembelus armatus* inhabiting, thermal power plant effluent loaded canal. *SpringerPlus*. 2016;5:776.
29. Fatima M, Usmani N, Hossain MM. Heavy metal in aquatic ecosystem emphasizing its effect on tissue bioaccumulation and histopathology: a review. *J Environ Sci Technol*. 2014;7:1–15.
30. Mehana, El-Sayed. (2014). Impact of water pollution with heavy metals on fish health:Overview and updates. *Global Veterinaria*. 12. 219-231.

References

1. Информационный бюллетень о трансграничном переносе токсичных компонентов в объектах окружающей среды за 1 полугодие 2021 года, Nur-Sultan 2021, министерство экологии, геологии и природных ресурсов республики Казахстан, республиканское государственное предприятие «Казгидромет»
2. Burlibaev M.Zh., Dostaj Zh.D., Mirhashimov I., Nikolaenko A.Ju. Sovremennoe sostojanie hozjajstvennoj dejatel'nosti v Ile-Balhashskom bassejne. Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami v Ile-Balkashskom bassejne. UNDP. – Almaty, 2011. – P. 3-16.
3. RGP “Kazgidromet” Ministerstva ekologii, geologii i prirodnih resursov RK. Informatsionnyye byulleteni o sostoyanii okruzhayushchey sredy Respubliki Kazakhstan [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ecology/informacionnye-byulleteni-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-respubliki-kazakhstan>.
4. Paul K.S. Lam. Use of biomarkers in environmental monitoring. // *Ocean & Coastal Management*. – 2009. - №52. – P.348-354.
5. Zhang W, Ma L, Abuduwaili J, Ge Y, Issanova G, Saparov G. (2020) Distribution characteristics and Assessment of heavy metals in the surface water of the Syr Darya River, Kazakhstan. *Pol J Environ Studies* 29(1): 979-988.
6. Water quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (Kachestvo vody. Otbor prob. Rukovodstvo po sostavleniyu programm otbora prob) // *Mezhdunarodnyy standart. ISO 5667-1:1982*.
7. GOST 31861-2012. Voda. Obshchiye trebovaniya k otboru prob // *Mezhdunarodnyy standart*. - 2012. - 25c.
8. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis // *Mezhdunarodnyy standart*. - 2003. - 25c.
9. GOST 17.1.5.01–80. Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchiye trebovaniya k otboru prob donnykh otlozheniy vodnykh ob'ektov dlya analiza na zagryaznenost'. – M.: IPK Izd-vo standartov, 2002. – 7 c.
10. GOST 12536–79. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya granulometrichesko (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava. – M.: Standartinform, 2008. – 17c.
11. Budnikov G.N. Tyazhelyye metally v ekologicheskom monitoringe vodnykh sistem // *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*. - 1998. - № 5. - C.23-29.
12. Drugov YU. S., Rodin A. A. Analiz zagryaznennoy vody: prakticheskoye rukovodstvo. - M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012. — 678 c.
13. SanPiN 42-128-4433-87 “Sanitarnyye normy dopustimyykh kontsentratsiy khimicheskikh veshchestv v pochve” (utv. zamestitelem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha SSSR ot 30 oktyabrya 1987 g. N 4433-87).
14. Perechen' rybokhozyaystvennykh normativov: predel'no dopustimyykh kontsentratsiy (PDK) i oriyentirovochno bezopasnykh urovney vozdeystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody vodnykh ob'ektov, imeyushchikh rybokhozyaystvennoye znacheniye. - M.: Izd. VNIRO. - 1999. - 304c.
15. Prays V. Analiticheskaya atomno-absorbtsionnaya spektroskopiya. – Moskva: Mir, 1976. – 235 c.
16. Zolotov YU.A., Kuz'min I.M. Kontsentrirvaniye mikroelementov. - M.: Khimiya, 1982. 186 c.
17. Viktorov I.V., Proshin S.S. Primenenie izopropilovogo spirta v gistologicheskikh metodakh: obezvozhivanie i zalivka tkani v parafin, obrabotka parafinovykh srezov // *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny*. – 2003. – №7. – C.119–120.
18. Alazemi, B.M.; Lewis, J.W. & Andrews, E.B. 1996. Gill damage in the freshwater fish *Gnathnonemus petersii* (Family: Mormyridae) exposed to selected pollutants: An ultrastructure study. *Environmental Technology* 17: 225-238.
19. Arellano, J.M.; Storch, V. & Sarasquete, C. 1999. Histological changes and copper accumulation in liver and gills of the Senegalese sole, *Solea senegalensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 44: 62-72.
20. Askari Hesni, M.; Dadolahi-Sohrab, A.; Savari, A. & Mortazavi, M.S. 2011. Gill Histopathological Changes in Milkfish (*Chanos chanos*) Exposed to Acute Toxicity of Diesel Oil. *World Applied Sciences Journal* 14 (10): 1487-1492.

21. Besirovic H, Alic A, Prasovic S, et al. Histopathological effects of chronic exposure to cadmium and zinc on kid-neys and gills of brown trout (*Salmo trutta m. fario*). *Turk J Fish Aquat Sci.* 2010;10:169–185.
22. Fatima M, Usmani N. Histopathology and bioaccumulation of heavy metals (Cr, Ni and Pb) in fish (*Channa stratus* and *Heteropneustes fossilis*) tissue: A study for toxicity and ecological impacts. *Pak J Biol Sci* 2013;16:412–420.
23. Wani A, Sikdar-Bar M, Borana K, et al. Histopathological alterations induced in gill epithelium of African catfish, *Clarias gariepinus*, exposed to copper sulphate. *Asian J Exp Biol Sci.* 2011;2:278–282.
24. Azadeh Atabati, Alireza Keykhosravi, Majid Askari-Hesni, Jafar Vatandoost, Mina Motamedi Effects of Copper Sulfate on gill histopathology of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) //Iran. *J. Ichthyol.* (March 2015), 2(1): 35–42.
25. C. F. Sales, R. F. Silva, M. G. C. Amaral, F. F. T. Domingos, R. I. M. A. Ribeiro, R. G. Thomé & H. B. Santos. Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost//*Neotropical Ichthyology*, 15(1): e160041, 2017.
26. Farombi E, Adelowo O, Ajimoko Y. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicator of environmental pollution in African catfish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *Int J Environ Res Public Health.* 2007;4:158–165.
27. Javed M, Ahmad M, Usmani N, et al. Multiple biomarker responses (serum biochemistry, oxidative stress, genotoxicity and histopathology) in *Channa punctatus* exposed to heavy metal loaded waste water. *Sci Rep Nat.* 2017;7:1675.
28. Javed M, Usmani N. Accumulation of heavy metals and human health risk assessment via the consumption of freshwater fish *Mastacembelus armatus* inhabiting, thermal power plant effluent loaded canal. *SpringerPlus.* 2016;5:776.
29. Fatima M, Usmani N, Hossain MM. Heavy metal in aquatic ecosystem emphasizing its effect on tissue bioaccumulation and histopathology: a review. *J Environ Sci Technol.* 2014;7:1–15.
30. Mehana, El-Sayed. (2014). Impact of water pollution with heavy metals on fish health: Overview and updates. *Global Veterinaria.* 12. 219-231.

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

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

МРНТИ 34.31.33: 62.99.37

<https://doi.org/10.26577/EJE.2022.v71.i2.07>

С.В. Кушнарченко^{1*}, Н.В. Ромаданова¹, Т.Т. Турдиев¹,
М.М. Аралбаева¹, Қ.Р. Калыбаев²

¹РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений», Казахстан, г. Алматы

²РГУ «Сайрам-Угамский государственный национальный природный парк»,

Казахстан, Туркестанская область

*e-mail: svetlana_bio@mail.ru

СОХРАНЕНИЕ В КРИОБАНКЕ ОБРАЗЦОВ ГРЕЦКОГО ОРЕХА ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПОПУЛЯЦИЙ САЙРАМ-УГАМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА

Грецкий орех (*Juglans regia* L.) является одной из наиболее экономически важных орехоплодных культур. В Казахстане дикорастущая популяция грецкого ореха зарегистрирована на юге страны и охраняется на территории Сайрам-Угамского государственного национального природного парка. В результате экспедиций 2018–2019 г.г. проведено описание 136 образцов *Juglans regia* по дескрипторам Международного института изучения генетических ресурсов растений (International Plant Genetic Resources Institute), собраны плоды 73 образцов грецкого ореха, отличающиеся высоким разнообразием по размеру, форме и массе орехов, выходу ядра, окраске и текстуре скорлупы и другим параметрам. Для сохранения биоразнообразия *Juglans regia* был разработан эффективный метод криоконсервации изолированных зародышевых осей. После поверхностной дезинфекции 0,1% раствором сулемы и промывания стерильной дистиллированной водой, зародышевые оси высушивали в потоке стерильного воздуха в ламинар-боксе в течение 1 часа до относительной влажности 12,1%, помещали в криопробирки и погружали в сосуд Дьюара с жидким азотом. У 72,4% зародышевых осей после криогенного хранения отмечена регенерация растений на питательной среде Драйвера-Куньюки с 1 мг/л 6-бензиламинопурина и 0,01 мг/л индолилмасляной кислоты. Создана криогенная коллекция 73 образцов грецкого ореха. Впервые генетический материал *Juglans regia*, произрастающий в Казахстане, сохранен в криогенном банке при температуре -196°C.

Ключевые слова: *Juglans regia* L., орех грецкий, криоконсервация, криобанк, изолированные зародышевые оси

С.В. Кушнарченко^{1*}, Н.В. Ромаданова¹, Т.Т. Турдиев¹,
М.М. Аралбаева¹, Қ.Р. Қалыбаев²

¹«Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» ШЖҚ РМК, Қазақстан, Алматы қ.

²«Сайрам-Өгем мемлекеттік ұлттық табиғи паркі» РММ, Қазақстан, Түркістан облысы

*e-mail: svetlana_bio@mail.ru

Сайрам-Өгем мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің бірнеше популяцияларынан алынған грек жаңғақ үлгілерін криобанкте сақтау

Грек жаңғағы (*Juglans regia* L.) – экономикалық маңызды жаңғақ культурасының бірі болып табылады. Қазақстанда жабайы өсетін грек жаңғағының популяцияны еліміздің оңтүстігінде тіркелген және Сайрам-Өгем мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің аумағында қорғауға алынған. Экспедициялардың нәтижесінде 2018–2019 ж. Халықаралық өсімдіктердің генетикалық ресурстар институтының (International Plant Genetic Resources Institute) дескрипторлары бойынша *Juglans regia*-ның 136 түрі сипатталды, жаңғақтардың мөлшері, пішіні мен салмағы, ядро шығымдылығы, қабықтың түсі мен құрылымы бойынша өте әртүрлі грек жаңғағының 73 түрінің жемістері жиналды. *Juglans regia* биоәртүрлілігін сақтау үшін оқшауланған ұрықтық осьтерді эффективті криоконсервациялау әдісі әзірленді. 0,1% сулема ерітіндісімен бетін дезинфекциялап, стерильді дистилденген сумен шайғаннан кейін ұрықтық осьтерді ламинар бокстің ішінде стерильді ауа ағынында 1 сағат бойы 12,1% салыстырмалы ылғалдылыққа дейін кептірілді сосын криопробиркаға салып сұйық азоты бар дьюар сауытына батырылды. Ұрықтық осьтердің 72,4% криогенді сақтаудан кейін Драйвер-Куньюки қоректік ортада 1 мг/л 6-бензиламинопурин және

0,01 мг/л индолилмай қышқылы бар өсімдік регенерациясы байқалды. 73 грек жаңғақ үлгісінің криогендік коллекциясы жасалды. Қазақстанда өсетін *Juglans regia* тұқымының генетикалық материалы алғаш рет криогендік банкте -196°C температурада сақталды.

Түйін сөздер: *Juglans regia* L., грек жаңғағы, криоконсервация, криобанк, оқшауланған ұрықтық осьтер

S.V. Kushnarenko^{1*}, N.V. Romadanova¹, T.T. Turdiyev¹,
M.M. Aralbayeva¹, K.R. Kalybayev²

¹ Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

² Sairam-Ugam State National Natural Park, Kazakhstan, Turkestan region

*e-mail: svetlana_bio@mail.ru

**Preservation in a cryobank of *Juglans regia* L.
accession from several populations
in the Sairam-Ugam State National Natural Park**

Persian walnut (*Juglans regia* L.) is one of the most economically important nut crops. In Kazakhstan, the wild-growing population of *Juglans regia* is registered in the south of the country and is protected on the territory of the Sairam-Ugam State National Natural Park. As a result of expeditions in 2018-2019 136 accessions of *Juglans regia* were described according to the descriptors of the International Plant Genetic Resources Institute, fruits of 73 accessions of walnuts were collected, which are highly diverse in terms of size, shape and weight of nuts, kernel yield, color and texture of the shell and other parameters. To conserve the biodiversity of *Juglans regia*, the efficient cryopreservation technique has been developed for isolated embryonic axes. After surface disinfection with 0.1% mercuric chloride solution and rinsing with sterile distilled water, the embryonic axes were desiccated under laminar flow 1 hour to moisture content of 12.1%, placed in cryovials, and immersed in a Dewar vessel with liquid nitrogen. In 72.4% of embryonic axes after cryogenic storage, plant recovery was noted on the Driver-Kuniyuki walnut medium with 1 mg/l 6-benzylaminopurine and 0.01 mg/l indolylbutyric acid. A cryogenic collection of 73 *Juglans regia* accessions has been established. For the first time, the genetic material of *Juglans regia*, growing in Kazakhstan, has been stored in a cryogenic bank at -196°C.

Key words: *Juglans regia* L., walnut, cryopreservation, cryobank, isolated embryonic axes

Введение

Орех грецкий – *Juglans regia* L. относится к семейству Ореховые (*Juglandaceae* A. Rich. Ex Kunth.), распространен в умеренных и субтропических регионах северного полушария. Вид сохранился в диком состоянии в Западном Тянь-Шане [1-3], в Киргизии реликтовые леса *J. regia* до сих пор занимают значительные территории – около 47 000 га, хотя в последние десятилетия отмечается заметное сокращение ареала этого вида [4]. В Казахстане орех грецкий охраняется на территории Сайрам-Угамского государственного национального природного парка, где находится дикорастущая популяция в пойме реки Угам (Угамский очаг). Здесь *Juglans regia* не образует крупных зарослей, деревья формируют небольшие группы площадью 0,6-8 га и сосредоточены в наиболее влажных местах [3, 5].

Орех грецкий отличается высоким полиморфизмом, разнообразие форм проявляется прежде всего в морфологических признаках плодов: размерах, форме, окраске и толщине скорлупы, выходу ядра, а также содержанию жира и других химических соединений [6]. Большое разнообразие

по многим морфологическим характеристикам, в том числе размеру и форме орехов, толщине и текстуре скорлупы, массе ядра было отмечено при обследовании Угамской популяции [5]. Высокий уровень генетического разнообразия был выявлен на основе использования 8 микросателлитных ДНК-маркеров (SSR-маркеров) в 11 исследованных природных популяциях Киргизии [4]. Формы ореха грецкого также различаются по срокам цветения, устойчивости к болезням, урожайности, регулярности плодоношения и др. На основе обширных молекулярно-генетических и морфометрических исследований 44 природных популяций евразийского континента наиболее высокое генетическое разнообразие было выявлено в популяциях грецкого ореха в Пакистане и Индии, что дало возможность предположить, что эти южноазиатские популяции содержат предположительно предковые формы орехов [7, 8].

Важность сохранения генетического разнообразия дикорастущего грецкого ореха обусловливается фактом, что селекция этой орехоплодной культуры часто осуществляется методом отбора высокоурожайных и устойчивых к стресс-

факторам растений из природных популяций. Высокое разнообразие морфологических признаков у грецкого ореха Угамской популяции свидетельствует о чрезвычайной важности этого генетического материала для селекции ценной орехоплодной культуры и необходимости его надежного сохранения.

В настоящее время криоконсервация считается единственным методом долгосрочного сохранения ценных генетических ресурсов растений [9, 10]. Для многих важных сельскохозяйственных культур, таких как злаки, хранение семян представляет собой достаточно рутинную задачу. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (The Food and Agriculture Organization of the United Nations, ФАО) разработала стандарты сохранения таких ортодоксальных семян, хорошо переносящих обезвоживание. Образцы семян подсушивают в контролируемых условиях при температуре 5-20°C до 10-25% относительной влажности, в зависимости от вида, и помещают на долгосрочное хранение при температуре $-18 \pm 3^\circ\text{C}$ (базовые коллекции). Активные коллекции семян сохраняют в условиях среднесрочного хранения при низких положительных температурах 5-10°C и относительной влажности $15 \pm 3^\circ\text{C}$ [11]. В отличие от семян, вегетативно размножаемые культуры гораздо труднее сохранить в течение длительного времени. По мнению международного научного сообщества, криоконсервация – это единственный способ долгосрочного сохранения многих ценных плодовых, ягодных, овощных и орехоплодных культур, размножаемых вегетативно [12-15]. Незаменим этот метод при необходимости сохранить на долгий срок короткоживущие семена, например, грецкого или лесного орехов, у которых после одного-полутора лет хранения существенно снижается жизнеспособность [16]. Орехи целиком невозможно сохранить в жидком азоте из-за их большого размера и высокого содержания жира. Однако зародышевые оси, изолированные из семян, оказались подходящим эксплантом для криоконсервации [17]. Для успешной криоконсервации изолированных зародышевых осей требуется их подсушивать в асептических условиях ламинар-бокса до оптимальной относительной влажности [18-19].

Целью настоящей работы явилась разработка протокола криоконсервации изолированных зародышевых осей и создание криобанка образ-

цов грецкого ореха, отобранных из нескольких популяций Сайрам-Угамского государственного национального природного парка.

Материалы и методы

Морфологическое описание образцов грецкого ореха (деревья, листья, плоды) было проведено с использованием дескрипторов, рекомендованных Международным институтом изучения генетических ресурсов растений (International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) [20]. В полевых условиях координаты участков произрастания орехов на местности фиксировались с помощью GPS-навигатора ETREX (Garmin).

Собранные в Сайрам-Угамском государственном национальном парке орехи до начала экспериментов хранились при температуре $+10 \pm 2^\circ\text{C}$. Для изолирования зародышевых осей орехи промывали в мыльном растворе и освобождали ядро (зародыш) от скорлупы. В асептических условиях ламинар-бокса из ядер орехов выделяли зародышевые оси с прилегающей частью семядолей, поверхностно дезинфицировали в 0,1% растворе сулемы в течение 7 мин, после чего трижды промывали стерильной дистиллированной водой. Исследовали влияние высушивания изолированных зародышевых осей на их жизнеспособность и регенерацию растений после криоконсервации в жидком азоте. По 10 зародышевых осей помещали в чашки Петри и подсушивали в потоке стерильного воздуха в ламинар-боксе в течение 0, 1 или 2 час, затем переносили в криопробирки и погружали в сосуды Дьюара на 1 час. Размораживали криопробирки при температуре $+4^\circ\text{C}$, после чего изолированные зародышевые оси помещали в пробирки с питательной средой Драйвера и Куньюки (DKW) [21] с добавлением 0,1 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП); 0,01 мг/л индолилмасляной кислоты (ИМК); 4 г/л агара; 1,75 г/л джелрайта, 20 г/л сахарозы, pH 5,7. Повторность экспериментов трехкратная, количество зародышевых осей в каждом варианте опыта составляло 30 шт.

Для определения относительной влажности по 10 зародышевых осей в трехкратной повторности, подсушенных ламинар-боксе в течение 0, 1 и 2 час, помещали в стеклянные бюксы с притертыми крышками и выдерживали в сухожаровом шкафу при температуре 103°C в течение 16 час. Относительную влажность определяли как разницу между сырой и сухой массой [22] по следующей формуле 1:

$$\% \text{ относительной влажности} = - [(С_{\text{сыр}} - С_{\text{сух}}) / (С_{\text{сыр}})] \times 100\% \quad (1)$$

где $S_{\text{сыр}}$ – сырая масса изолированных зародышевых осей;

$S_{\text{сух}}$ – сухая масса изолированных зародышевых осей;

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием стандартных методов. Для сравнительной оценки средних величин был использован t -критерий Стьюдента [23]. Статистически значимыми считались различия при $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В результате научной экспедиции в сентябре 2019 г. было проведено обследование насаждений и сбор растительного материала грецкого ореха на территории Сайрам-Угамского государственного национального природного парка в Тюлькубасском филиале в ущельях Кокбулак и Машат. В начале 50-х годов прошлого столетия была произведена посадка в этих ущельях грецкого ореха семенами из природных популяций.

Все исследованные деревья были пронумерованы и, в соответствии с дескрипторами [20], было описано 65 деревьев (образцов) грецкого ореха (рисунок 1).

Обследованные популяции находятся в ущелье Кокбулак на высоте 778-860 м над уровнем моря и в ущелье Машат – 647-671 м. У 34 образцов были собраны орехи для изучения морфологических характеристик плодов и сохранения в криогенном банке. Растительность в месте

сбора представлена в основном разреженным лесом (61,5%), иногда густым лесом (23,1%), кустарниковыми зарослями (10,8%), травянистой растительностью с редкими деревьями и кустарниками (4,6%) (рис. 1 а, б). Грецкий орех в основном представлен молодыми жизнеспособными сильными одно- (53,8%), реже двух- (27,7%), трех- (12,3%) и четырехствольными деревьями (6,2%). В среднем диаметр основного ствола составляет $137,9 \pm 53,2$ см, диаметр второго ствола – $110,7 \pm 31,3$ см, третьего – $111,5 \pm 50,2$ см. Возраст деревьев 60-70 лет (72,3%), реже более молодые деревья (27,7%). Форма кроны – вытянутая (38,5%) и раскидистая (35,4%), чуть в меньшей степени округлая (26,2%) (рис. 1 б). Преобладают высокие деревья (более 20 м – 72,3%), деревья высотой от 10 до 20 м составляют 24,6%, низкорослых деревьев менее 4%. Побеги неопущенные, цвет молодых однолетних побегов – зеленые, более старых – коричневые, главный черешок – зеленого цвета. Длина сложного листа варьировала от 23,4 до 59,9 см, среднее значение – $39,15 \pm 4,39$ см; ширина – от 13,2 до 44,1 см; среднее значение – $26,05 \pm 3,07$ см. На сложном листе расположено 5, 7 или 9 простых широко-эллиптических листочков с цельнокрайними краями пластинки. Длина простых коротких листочков колеблется от 2,0 до 13,3 см, среднее значение – $6,14 \pm 1,76$; длина простых длинных листочков колеблется от 8,2 до 30,7 см, среднее значение – $15,68 \pm 2,74$. Ширина узких коротких простых листочков находится в диапазоне от 1,0 до 11 см, среднее значение – $3,8 \pm 0,87$; ширина широких листочков колеблется от 5,7 до 17,2 см, среднее значение – $9,94 \pm 1,41$.



а, б – взрослые плодоносящие деревья, образцы № 20 и 54; в – плоды
Рисунок 1 – Орех грецкий в Сайрам-Угамском государственном национальном природном парке, Тюлькубасский филиал, ущ. Кокбулак

Плодоношение в основном слабое, отмечено у 63,1% образцов, у 23,1% – отсутствует, тип плодоношения в основном верхушечный. Орехи различались по массе, размеру, форме и окраске скорлупы. Плоды в основном округлой (86,0%), реже коротко- (12,0%) и удлинненно-трапецевидной (2,0%) формы (рис. 1 в). Длина орехов варьировала от $24,9 \pm 2,1$ до $40,1 \pm 3,1$ мм; ширина составляла от $20,9 \pm 1,6$ до $33,8 \pm 2,2$ мм. Текстура скорлупы орехов очень грубая, неровная (78,0%), редко средняя (14,3%), еще реже шероховатая (7,1%). Цвет скорлупы темный (42,0%) и очень темный (36,0%) редко средний (14,0%) и светлый (8,0%). Масса орехов со скорлупой варьировала от $6,2 \pm 1,2$ до $13,1 \pm 2,7$ г. Масса ядра – от $1,53 \pm 0,7$ до $6,8 \pm 2,1$ г; выход ядра составил 24,9-65,8%. Для коммерческих сортов грецкого ореха имеются определенные требования в отношении качества плодов. Так, масса орехов должна находиться в пределах 12-18 г, при этом, выход ядра должен быть не менее 50% [24, 25]. В исследованных дикорастущих популяциях были выявлены образцы, соответствующие вышеуказанным параметрам.

В процессе разработки протокола криоконсервации изолированных зародышевых осей изучали влияние относительной влажности / длительности высушивания осей в потоке стерильного воздуха в ламинар-боксе на их выживаемость после криоконсервации. Рассчитанная относительная влажность зародышевых осей без высушивания составляла $16,3 \pm 0,4\%$; после одного часа высушивания снижалась до $12,1 \pm 0,9\%$; после двух часов – до $7,1 \pm 0,6\%$. Жизнеспособность зародышевых осей после замораживания в жидком азоте существенно зависела от длительности высушивания их в ламинар-боксе. Так, без высушивания только 60% зародышевых осей выживали после криоконсервации; высушивание в течение 1 час достоверно повышало процент жизнеспособных осей, развивающихся в растения, до 72,4% (рис. 2). Высушивание в течение двух часов снижало посткриогенную жизнеспособность осей в среднем до 56,7%, при этом до 36,7% возрастала доля некротизированных эксплантов, не способных к дальнейшему развитию, по сравнению с вариантами без высушивания или высушиванием в течение 1 часа (рис. 2).

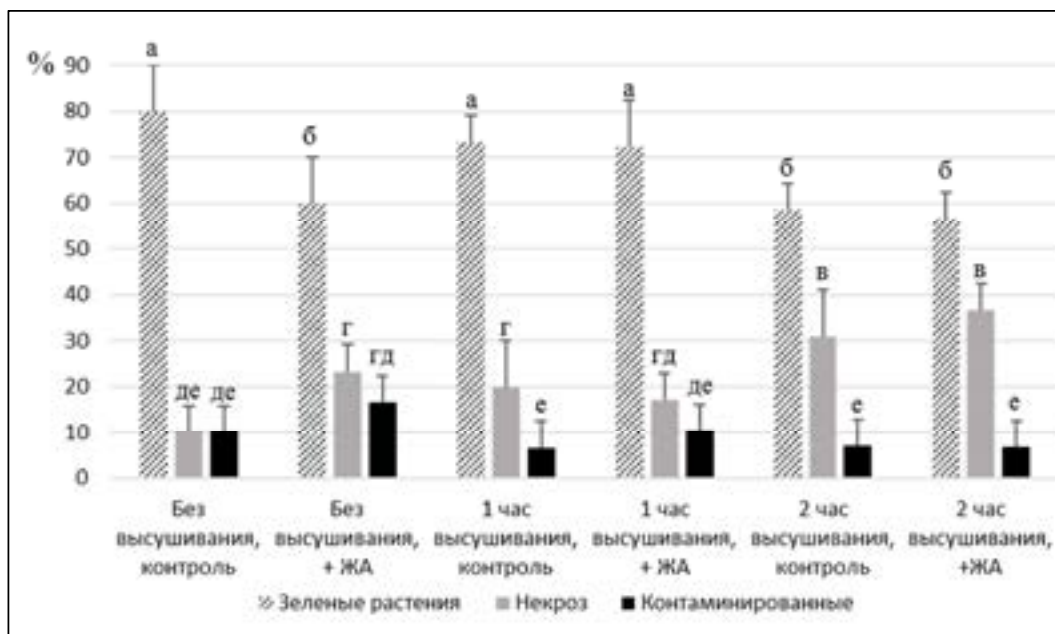
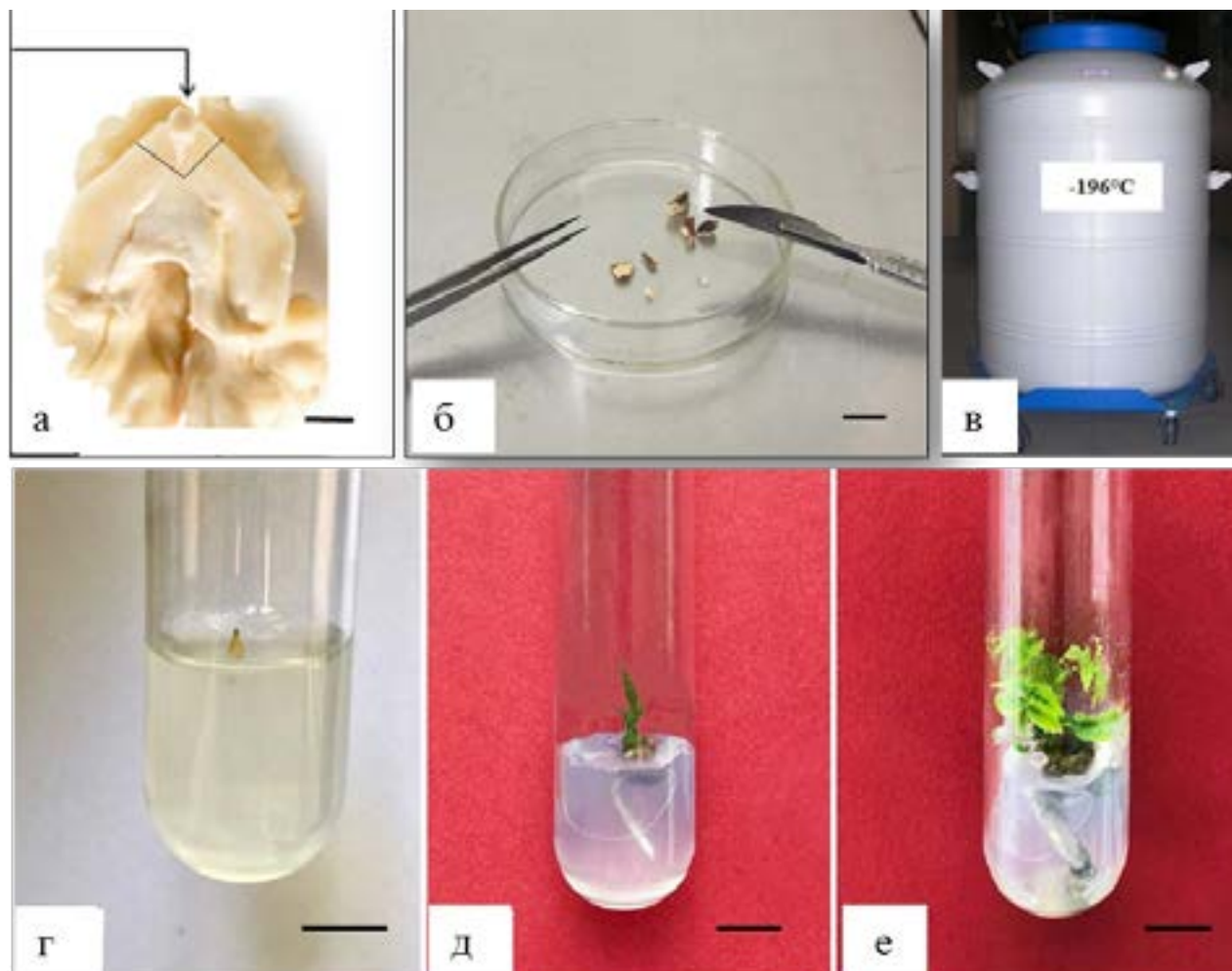


Рисунок 2 – Результаты криоконсервации зародышевых осей грецкого ореха после различной длительности высушивания в ламинар-боксе.

Данные, обозначенные различными буквами, достоверно отличаются при $P < 0,05$. (ЖА – жидкий азот)

Таким образом, оптимальная длительность высушивания зародышевых осей в течение 1 часа до достижения ими 12,1% относительной влажности позволила получить высокий процент регенерации растений после криоконсервации. В среднем 72,4% зародышевых осей после цикла замораживания-оттаивания оставались жизнеспособными и на питательной среде формировали полноценные растения (рис. 3). Этот

процент жизнеспособности зародышевых осей вполне соответствует данным литературы. Так, от 70 до 90% проростков различных культур были получены из криоконсервированных зародышевых осей с относительной влажностью 7,8-11,5% [18, 19]. В работе американских исследователей сообщается о сохранении 75-96% жизнеспособности после криоконсервации зародышевых осей различных видов *Corylus* [17].



а – изолирование зародышевой оси (показано стрелкой) с прилегающей частью семядолей;
 б – подсушивание зародышевых осей в потоке стерильного воздуха в ламинар-боксе;
 в – криоконсервация зародышевых осей в сосуде Дьюара; г-е – развитие растений после помещения зародышевых осей на питательную среду DKW с 0,1 мг/л БАП и 0,01 мг/л ИМК (г), через одну неделю (д) и один месяц (е). Шкала увеличения 1 см.

Рисунок 3 – Этапы криоконсервации изолированных зародышевых осей грецкого ореха

В криогенный банк на длительное хранение были помещены 73 образца, отобранные из различных популяций Сайрам-Угамского государственного национального природного парка, в том числе 39 образцов, собранных в 2018 году в пойме реки Угам в ущелье Бак-Шелпек (Угамский филиал) [5] и 34 образца – из насаждений в ущельях Кокбулак и Машат (Тюлькубасский филиал). Создана криогенная коллекция, состоящая из 73 образцов дикорастущего *Juglans regia* (411 зародышевых осей).

Заключение

Дикорастущая популяция *Juglans regia* в Казахстане, охраняемая на территории Сайрам-Угамского государственного национального природного парка, представляет собой самую северную часть естественного ареала грецкого ореха. В работе представлены результаты по описанию и сбору дикорастущих образцов грецкого ореха, отличающихся высоким полиморфизмом по размеру, форме и массе орехов, выходу ядра, окраске и текстуре скорлупы, а также другим параметрам. Для сохранения этого ценного генетического материала разработан эффективный метод криоконсервации зародышевых осей, изолированных их семян

грецкого ореха. Разработанный протокол криоконсервации позволяет сохранить в среднем 72,4% жизнеспособных зародышевых осей, после размораживания способных формировать полноценные растения на питательной среде. Создана криогенная коллекция 73 дикорастущих образцов *Juglans regia*. Ценный генетический материал грецкого ореха, произрастающего на территории Казахстана, впервые сохранен на длительное время в криогенном банке Института биологии и биотехнологии растений при температуре -196°C.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта AP08855758 «Разработка эффективной технологии микроклонального размножения коммерчески ценных сортов грецкого ореха для производства высококачественного посадочного материала, адаптированного к условиям юго-востока Казахстана».

Авторы выражают благодарность сотрудникам Сайрам-Угамского государственного национального природного парка за помощь в организации экспедиций и сбора растительного материала.

Литература

- 1 Флора Казахстана / под ред. Н.В. Павлова. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1960. – Т. 3. – 459 с.
- 2 Байтенов М.С. Флора Казахстана. Родовой комплекс флоры. – Алматы: «Ғылым», 2001. – Т. 2. – 279 с.
- 3 Джангалиев А.Д., Салова Т.Н., Туреханова Р.М. Дикие плодовые растения Казахстана. – Алматы: КазгосИНТИ, 2001. – 135 с.
- 4 Torokeldiev N., Ziche M., Gailing O., Finkeldey R. Genetic diversity and structure of natural *Juglans regia* L. populations in the southern Kyrgyz Republic revealed by nuclear SSR and EST-SSR markers // Tree Genetics & Genomes. – 2019. – Vol. 15. – P. 5-16.
- 5 Утегенова Г.А., Кушнаренко С.В., Қалыбаев Қ.Р., Шораұлы Б., Огарь Н.П. Оценка состояния дикорастущей популяции ореха грецкого (*Juglans regia* L.) в Казахстане // Ізденістер, нәтижелер. Исследования, результаты. – 2019. – № 2. – С. 276-285.
- 6 Martinez M.L., Labuckas D.O., Lamarque A.L., Maestri D.M. Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products // J. Sci. Food Agric. – 2010. – Vol. 90. – P. 1959-1967.
- 7 Roor W., Konrad H., Mamadjanov D., Geburek T. Population differentiation in common walnut (*Juglans regia* L.) across major parts of its native range – insights from molecular and morphometric data // J Hered. – 2017. – Vol. 108 (4). – P. 391-404.
- 8 Bernard A., Lheureux F., Dirlwanger E. Walnut: past and future of genetic improvement // Tree Genetics & Genomes. – 2018. – Vol. 14. – P. 1-28.
- 9 Pence V., Ballesteros D., Walters C., Reed B.M., Philpott M., Dixon K.W., Pritchard H.W., Culley T.M., Vanhove A.C. Cryo-biotechnologies: Tools for expanding long-term *ex situ* conservation to all plant species // Biological Conservation. – 2020. – Vol. 250. – 8 p.
- 10 Jenderek M., Reed B.M. Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA National Plant Germplasm System // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. – 2017. – Vol. 53. – P. 299-308.
- 11 ФАО. Стандарты генных банков для генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Изд. второе, испр. и доп.. – Рим, 2015. – 167 с.
- 12 Ochatt S., Lambardi M., Panis B., Pathirana R., Revilla M. A., Wang Q.C. Cryopreservation and *in vitro* banking: a cool subject – Preface from the editors // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2021. – Vol. 144. – P. 1–5.

- 13 Zhang J.M., Lu X.X., Xin X., Yin G.K., He J.J., Huang B., Jiang D., Chen X.L. Cryopreservation of *Citrus* anthers in the National Crop Genebank of China // *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant.* – 2017. – Vol. 53. – P. 318-327.
- 14 Engelmann F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity // *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant.* – 2011. – Vol. 47 (1). – P. 5-16. DOI: 10.1007/s11627-010-9327-2
- 15 Vollmer R., Villagaray R., Cárdenas J., Castro M., Chávez O., Anglin N. L., Ellis D. A large-scale viability assessment of the potato cryobank at the International Potato Center (CIP) // *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant.* – 2017. – Vol. 53. – P. 309-317.
- 16 Mehlenbacher S.A. Hazelnut (*Corylus*). Genetic resource of temperate fruit and nut crops // *Acta Horticulturae.* – 1991. – Vol. 290. – P. 790-836.
- 17 Reed B.M., Hummer K.E. Long-term storage of hazelnut embryonic axes in liquid nitrogen // *Acta Horticulturae.* – 2001. – Vol. 556. – P. 77-79. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.556.24
- 18 Normah M.N., Makeen A.M. Cryopreservation of excised embryos and embryonic axes. In: B.M. Reed (ed.). *Plant Cryopreservation: A Practical Guide.* Springer Science + Business Media, LLC. – 2008. – P. 211-240.
- 19 Normah M.N., Choo W.K., Kushnarenko S.V., Reed B.M. Cryopreservation of orthodox and recalcitrant seed. In: Trigiano R.N. & Gray D.J. (eds.). *Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology.* CRC Press. Taylor & Francis Group, LLC. – 2011. – P. 507-514.
- 20 Descriptors for walnut (*Juglans* spp.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy. – 1994. – 51 p.
- 21 Driver J.A., Kuniyuki A.H. *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock [*Juglans hindsii* x *Juglans regia*, tissue culture] // *HortScience.* – 1984. – Vol. 12. – P. 507-509.
- 22 Reed B.M., Schwanke S., Shala R. Pear seeds retain viability after liquid nitrogen immersion // *HortScience.* – 2001. – Vol. 36 (6). – P. 1121-1122.
- 23 Лакин Г.Ф. Биометрия. Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
- 24 Cosmulescu S., Botu M. Walnut biodiversity in south-western Romania-resource for perspective cultivars // *Pak. J. Bot.* – 2012. – Vol. 44. – P. 307-311.
- 25 Khadivi-Khub A. Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut for morphological characters in Markazi province from Iran // *Braz. J. Bot.* – 2014. – Vol. 37. – P. 273-281.

References

- 1 *Flora Kazakhstan.* [Flora of Kazakhstan]. Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR, 1960, T. 3. (In Russian)
- 2 Bajtenov, M.S. *Flora Kazakhstan. Rodovoj kompleks flory.* [Flora of Kazakhstan. Generic complex of flora]. Almaty: Fylym, 2001, T. 2. (In Russian)
- 3 Dzhangaliev, A.D., Salova, T.N., and Turekhanova, R.M. *Dikie plodovye rasteniya Kazakhstan.* [Wild fruit plants of Kazakhstan]. Almaty: KazgosINTI, 2001. (In Russian)
- 4 Torokeldiev, N., Ziehe, M., Gailing, O., and Finkeldey R. “Genetic diversity and structure of natural *Juglans regia* L. populations in the southern Kyrgyz Republic revealed by nuclear SSR and EST-SSR markers”. *Tree Genetics & Genomes* 15, (2019): 5-16. <https://doi.org/10.1007/s11295-018-1311-8>
- 5 Utegenova, G.A., Kushnarenko, S.V., Kalybaev, K.R., SHorayly, B., and Ogar', N.P. “Ocenka sostoyaniya dikorastushchej populacii orekha greckogo (*Juglans regia* L.) v Kazahstane [Assessment of the state of the wild-growing population of walnut (*Juglans regia* L.) in Kazakhstan]”. *Izdenister, natizheler. Issledovaniya, rezul'taty* no 2 (2019): 276-285. (In Russian)
- 6 Martinez, M.L., Labuckas, D.O., Lamarque, A.L., and Maestri D.M. “Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products”. *J. Sci. Food Agric.* 90, (2010): 1959-1967. DOI 10.1002/jsfa.4059
- 7 Roor, W., Konrad, H., Mamadjanov, D., and Geburek, T. “Population differentiation in common walnut (*Juglans regia* L.) across major parts of its native range – insights from molecular and morphometric data”. *J Hered.* 108, no. 4. (2017): 391-404. <https://doi.org/10.1093/jhered/esw122>
- 8 Bernard, A., Lheureux, F., and Dirlwanger, E. “Walnut: past and future of genetic improvement”. *Tree Genetics & Genomes* 14 (2018): 1-28. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1214-0>
- 9 Pence, V., Ballesteros, D., Walters, C., Reed, B.M., Philpott, M., Dixon, K.W., Pritchard, H.W., Culley, T.M., and Vanhove A.C. “Cryobiotechnologies: Tools for expanding long-term *ex situ* conservation to all plant species”. *Biological Conservation*. 250 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108736>
- 10 Jenderek, M., and Reed, B.M. “Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA National Plant Germplasm System”. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant* 53 (2017): 299-308. DOI: 10.1007/s11627-017-9828-3
- 11 FAO. *Standarty gennyh bankov dlya geneticheskikh resursov rastenij dlya proizvodstva prodovol'stviya i vedeniya sel'skogo hozyajstva.* [FAO. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture]. Izd. vtoroe, ispr. i dop. Rim, 2015. (In Russian)
- 12 Ochatt, S., Lambardi, M., Panis, B., Pathirana, R., Revilla, M. A., and Wang, Q.C. “Cryopreservation and *in vitro* banking: a cool subject – Preface from the editors”. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 144 (2021): 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01985-1>
- 13 Zhang, J.M., Lu, X.X., Xin, X., Yin, G.K., He, J.J., Huang, B., Jiang, D., and Chen, X.L. “Cryopreservation of *Citrus* anthers in the National Crop Genebank of China”. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant* 53 (2017): 318-327. DOI 10.1007/s11627-017-9848-z
- 14 Engelmann, F. “Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity”. *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant.* 47 (2011): 5-16. DOI: 10.1007/s11627-010-9327-2

- 15 Vollmer, R., Villagaray, R., Cárdenas, J., Castro, M., Chávez, O., Anglin, N. L., and Ellis, D. "A large-scale viability assessment of the potato cryobank at the International Potato Center (CIP)". *In Vitro Cell. Dev. Biol. – Plant* 53 (2017): 309-317. DOI 10.1007/s11627-017-9846-1
- 16 Mehlenbacher, S.A. "Hazelnut (*Corylus*). Genetic resource of temperate fruit and nut crops". *Acta Horticulturae* 290 (1991): 790-836.
- 17 Reed, B.M., and Hummer, K.E. "Long-term storage of hazelnut embryonic axes in liquid nitrogen". *Acta Horticulturae* 566 (2001): 77-79. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.556.24
- 18 Normah, M.N., and Makeen, A.M. "Cryopreservation of excised embryos and embryonic axes". In: B.M. Reed (ed.). *Plant Cryopreservation: A Practical Guide*. Springer Science + Business Media, LLC, 2008: 211-240.
- 19 Normah, M.N., Choo, W.K., Kushnarenko, S.V., and Reed B.M. "Cryopreservation of orthodox and recalcitrant seed". In: Trigiano R.N. & Gray D.J. (eds.). *Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology*. CRC Press. Taylor & Francis Group, LLC, 2011: 507-514.
- 20 *Descriptors for walnut (Juglans spp.)*. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy, 1994.
- 21 Driver, J.A., and Kuniyuki, A.H. "In vitro propagation of Paradox walnut rootstock [*Juglans hindsii* x *Juglans regia*, tissue culture]". *HortScience* 12 (1984): 507-509.
- 22 Reed, B.M., Schwanke, S., and Shala, R. "Pear seeds retain viability after liquid nitrogen immersion". *HortScience* 36, no 6, (2001): 1121-1122.
- 23 Lakin, G.F. *Biometriya. Ucheb. posobie dlya biol. spec. vuzov*. M.: Vyssh. shk., 1990. (In Russian)
- 24 Cosmulescu, S., and Botu, M. "Walnut biodiversity in south-western Romania-resource for perspective cultivars". *Pak. J. Bot.* 44 (2012): 307–311.
- 25 Khadivi-Khub A. "Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut for morphological characters in Markazi province from Iran". *Braz. J. Bot.* 37 (2014): 273–281. DOI: 10.1007/s40415-014-0080-3

B.B. Osmonali , **A.B. Kusmangazinov*** , **M.S. Kurmanbayeva** 

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: adil_06.1996@mail.ru

ECONOMICALLY VALUABLE SPECIES GROWING IN NORTHERN KYZYLKUM AND THEIR SIGNIFICANCE FOR PRACTICAL USE

Unique genetic resources of plant biodiversity are concentrated in Kazakhstan. Economically important species make a significant contribution to the structure of the Earth in comparison with taxa with insignificant or unknown economic use, many economically valuable species of Kazakhstan are of global importance.

The purpose of this work is to identify economically valuable species of Northern Kyzylkum within the Republic of Kazakhstan. Objects and methods of research: To collect and identify species, classical botanical, route-reconnaissance; ecological-systematic; ecological-geographical methods were used. The main groups of useful plants of economically valuable flora species of Northern Kyzylkum were identified: woody, food, medicinal, fodder, decorative, technical species.

During the research, it was revealed that 310 economically valuable species belonging to 62 families and 196 genera are found in Northern Kyzylkum within the Republic of Kazakhstan. According to the results of the classification, the dominant families are determined: Poaceae Barnhart has 34 genera, 58 species; Asteraceae Dumortier – 24 genera, 46 species; Chenopodiaceae Vent. – 19 genera, 30 species; Fabaceae Juss. – 11 genera, 23 species. The study analyzed 200 types of medicinal, 100 types of fodder, 22 types of decorative, 11 types of sand fixers, 9 types used for fuel according to significant economic valuable characteristics. According to the classification of economically valuable species by life forms, tree forms were identified in 6 species: *Salix alba* L., *Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk, *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Haloxylon persicum* Bunge ex Boiss., 44 shrubs and semi-shrubs, 155 perennials, 105 biennial and annual plants.

Key words: economically-valuable species, Northern Kyzylkum, fodder, medicinal, useful, decorative.

Б.Б. Осмонали, Ә.Б. Құсманғазинов*, М.С. Курманбаева

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

*e-mail: adil_06.1996@mail.ru

Солтүстік Қызылқұмда өсетін шаруашылыққа құнды түрлер және оларды практикалық қолдану үшін маңызы

Қазақстанда өсімдік биоалуантүрлілігінің бірегей генетикалық ресурстары шоғырланған. Экономикалық маңызды түрлер пайдалылығы аз немесе белгісіз таксондармен салыстырғанда Жер құрылымына айтарлықтай үлес қосады, Қазақстанның көптеген шаруашылық-құнды түрлерінің әлемдік маңызы бар.

Жұмыстың мақсаты Қазақстан Республикасы аумағында Солтүстік Қызылқұмның шаруашылық-бағалы түрлерін анықтау болып табылады. Зерттеу объектілері мен әдістері: түрлерді жинау және анықтау үшін классикалық ботаникалық, маршруттық-рекогносцировкалық; экологиялық-жүйелік; экологиялық-географиялық әдістер пайдаланылды. Солтүстік Қызылқұм флорасының экономикалық тұрғыдан құнды түрлерінің пайдалы өсімдіктерінің негізгі топтары айқындалды: ағаштар, дәрілік, жемшөп, сәндік, техникалық түрлер.

Зерттеу барысында Қазақстан Республикасының солтүстік Қызылқұмда 62 тұқымдасқа жататын 310 шаруашылық құнды түрі кездесетіні анықталды. Жіктеу нәтижесі бойынша басым тұқымдастар: Poaceae Barnhart – 34 туыс, 58 түр; Asteraceae Dumortier – 24 туыс, 46 түр; Chenopodiaceae Vent. – 19 туыс, 30 түр; Fabaceae Juss. – 11 туыс, 23 түрі анықталды. Маңызды құнды белгілері бойынша талдау нәтижесінде 200 түр – дәрілік, 100 түр – жемшөптік, 22 түр сәндік, 11 түр құм ұстайтын, 9 түр отынға пайдаланылатыны нақтыланды. Экономикалық құнды түрлердің тіршілік формалары бойынша жіктелуіне сәйкес: ағаштар 6 түр *Salix alba* L., *Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk, *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Haloxylon persicum* Bunge ex Boiss, 44 түр жартылай бұталар мен бұталар, 155 түр көпжылдық, 105 түр екі жылдық және бір жылдық өсімдіктер екенін көрсетті.

Түйін сөздер: шаруашылық құнды түрлер, Солтүстік Қызылқұм, жем-шөп, дәрілік, пайдалы, сәндік.

Б.Б. Осмонали, А.Б. Құсмангазинов*, М. С. Курманбаева

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

*e-mail: adil_06.1996@mail.ru

Хозяйственно ценные виды, произрастающие в Северном Кызылкуме, и их значение для практического использования

В Казахстане сконцентрированы уникальные генетические ресурсы растительного биоразнообразия. Экономически важные виды вносят значительный вклад в структуру Земли по сравнению с таксонами с незначительным или неизвестным экономическим использованием, многие хозяйственно-ценные виды Казахстана имеют мировое значение.

Целью данной работы является выявить хозяйственно-ценные виды Северного Кызылкума в пределах Республики Казахстан. Объекты и методы исследования: Для сбора и определения видов, использовались классические ботанические, маршрутно-рекогносцировочные; эколого-систематические; эколого-географические методы. Были выделены основные группы полезных растений экономически ценных видов флоры Северного Кызылкума: древесные, пищевые, лекарственные, кормовые, декоративные, технические виды.

В ходе исследований было выявлено, что в Северном Кызылкуме в пределах Республики Казахстан встречаются 310 хозяйственно ценных видов, относящихся к 62 семействам и 196 родам. По результатам классификации определены доминирующие семейства: Poaceae Barnhart насчитывает 34 рода, 58 видов; Asteraceae Dumortier – 24 рода, 46 видов; Chenopodiaceae Vent. – 19 родов, 30 видов; Fabaceae Juss. – 11 родов, 23 видов. В исследовании проанализированы по значимым хозяйственным ценным признакам 200 видов лекарственных, 100 видов кормовых, 22 вида декоративных, 11 видов закрепителей песков, 9 видов, используемых для топлива. Согласно классификации хозяйственно-ценных видов по жизненным формам, были выявлены древесные формы у 6 видов: *Salix alba* L., *Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk, *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Haloxyton persicum* Bunge ex Boiss., 44 кустарников и полукустарников, 155 многолетников, 105 двулетних и однолетних растений.

Ключевые слова: хозяйственно-ценные виды, Северный Кызылкум, полезные, кормовые, лекарственные, декоративные.

Introduction

Plants are globally recognized as a vital part of the world's biodiversity and as one of the planet's most important resources. Many thousands of wild plants are important economically and culturally, providing food, medicine, fuel, clothing and shelter, medicine, fuel, clothing and shelter worldwide. Plants play a key role in maintaining the Earth's ecological balance and the stability of its ecosystems because of their high ecological and economic values and functions. Recent ongoing climate change is undoubtedly affecting the distribution of species of economic importance, not only in Kazakhstan, but worldwide.

The solution tasks is to conserve endangered plant species in their natural habitat. Solving this problem will be an important step forward in halting the loss of diversity in the spread of endangered species. Endangered species include various medicinal plants, tree species and wild relatives of crops that are important for life support.

One of the most pressing problems of our time is therefore the depletion of plant resources. The protection and rational use of economically valuable species consists in a proper, rationed collection that eliminates the possibility of depletion. This

problem is most relevant for arid territories, which is associated with a whole complex of negative factors. The main ones among them are: climate warming and anthropogenic load. Anthropogenic factors affecting the state of vegetation cover include: livestock (the impact of grazing on pastures); plowing of land for crops; haymaking; pyrogenic; technogenic, including transport; residential; harvesting of plant raw materials. The impact of the human factor in arid climate conditions is especially great in river valleys, which are characterized by high population density. Economically important species of plants are organisms that are well established in culture or are of potential use to humans, i.e. species that are at some stage of domestication and have traits and characteristics that are of practical interest for utilization in human livelihoods.

The Kyzylkum desert is located in the interfluvium of the two largest Central Asian rivers the Amu Darya and the Syr Darya on an area of more than 300,000 km². Its eastern borders run along the low-mountain ranges of Pistaltau, Nuratau and Aktau, extending to the Sundukli sands in the south-east. The Amu Darya is a natural border in the south, west and northwest, separating Kyzylkum from Karakum. The modern territory of Kyzylkum has increased by

about 4 million hectares in the north-west due to the drying up of the Aral Sea. Moreover, this territory is mainly represented by powerful salt marshes and marching sands, and less often by elevations, bumpy sands, which are also characteristic of the entire north-western Kyzylkum. According to the botanical and geographical zoning, E. I. Rachkovskaya et al. (2003) [1] refers the main part of Kyzylkum to the South Turan province. At the same time, its small territory from the north (the south-eastern part of the Aral Sea) and the south-east are assigned to the North Turan and mountain-Middle-Asian provinces, respectively [2] (Fig. 1).

The Kyzylkum is the largest pasture region at the current level of development of productive forces in

agricultural production. It is dominated by pastures of year-round use, which make up almost 80% of the total area of the district [3].

This vast desert area is diverse in geological and geomorphological terms: powerful sand formations (ridges, mounds, dunes); remnant mountain territories; plains, depression pits. Most of Kyzylkum consists of flat plateaus and low-lying clay plains. Flat plateaus are based on Cretaceous rocks covered with a cloak of sand and gravel deposits. Kyzylkum is also characterized by the fact that some of its massifs lose their typical features – flatness; in particular, numerous ravines, low hills or other relief formations become more frequent in places.



Figure 1 – Kyzylkum (Northern Kyzylkum within the Kyzylorda region)

There are also alluvial low plains in the geomorphology of Kyzylkum, and the relief of the Priaralsk part was formed under the influence of the Aral Sea. The deposition of loose and fixed sands characterize the eastern shore.

The sands of Kyzylkum are the product of centuries-old destruction of the sediments that make up the plateau itself. They have a characteristic reddish colour, which owes its name to the entire Kyzylkum desert [4].

In one word, according to the nature of the relief forms and their composition, there are Aeolian, ridge-bumpy sands, inter-ridge plains, outlier hills, depressions, undulating plains, etc. The local population usually divides the territory of

the Kyzylkum desert into two ecologically distinct zones: sandy Kyzylkum, simply called “Kyzyl” and non-sandy Kyzylkum [4].

Sandy elevations usually alternate with sandy depressions, or between ridge plains. The length of the sand formations varies from several meters to several kilometers. The most height of the ridges often reaches 12-15 meters or more. The depressions and plains between the ridge elevations differ in the occupied areas, and they are more often randomly designed.

The profile of desert-sandy soils and formations is poorly differentiated into genetic horizons with or without an inconspicuous crust on the surface. They contain little humus (about 0.5%), which is more often formed at a certain (5-6 cm) depth [5].

Kyzylkum has features peculiar to the Turan agro-climatic province [6, 7].

The variety of ecological conditions of the Kyzylkum desert also left its mark on the vegetation cover, especially on its sandy massifs, which led to the development of psammophiles. The ecological regime and, accordingly, the plant conditions in the sandy desert are determined by the water-physical properties of sand, this kind of substrate [8].

The distinctive ecological environment of the sandy part of the desert naturally leaves a certain imprint on the formation of the vegetation cover, its composition and structure. Thus, the total number of plant species in different regions of the sandy desert of Central Asia is different: it is 215 species in Muyunkum, 275 species for the Ural-Emben sands, Kazakhstan sand deserts – 718 species [9, 10].

M. G. Popov [11] notes that the sandy deserts open up before us “an amazing, incomparable landscape, full of grandeur and beauty. In front of the naturalist, they additionally discover the original biological environment and the corresponding world of organisms of adaptations unknown in other landscapes” (p. 100). These epithets of the famous botanist – geographer about the sandy deserts, first, refer to the Kyzylkum desert with good reason.

Shrubs and trees play a dominant role in the vegetation cover of the Kyzylkum sandy desert. These include saxaul (white, black), sand acacia, species of the genus *Calligonum*, conifer, astragalus [4].

If there are 320-718 species in the flora of the sandy deserts of Central Asia, then the sandy part of Kyzylkum accounts for 320 species of flowering plants belonging to 31 families and 134 genera [10, 12, 13].

Among the variety of pasture types in the region, about 2 million hectares account for pastures on saline lands. It is this factor that is the main cause of botanical poverty and the relative sparseness of the vegetation cover of these pastures. The use of forage lands of the solyanka desert of Kyzylkum is of a narrow seasonal (autumn–winter) nature, their productivity is 60-70% lower than other types of pastures. In order to increase the feed productivity of the low-productive karakul-growing pastures of Kyzylkum, it is necessary to develop and improve the technology of phytomelioration of these pastures. Halophytic vegetation certainly plays an

important role in solving this important national economic problem.

Relevance of the work. The study of economically valuable species has increased many times in the last decade, as most people have recently begun to pay attention to more natural foods, medicines, etc. Especially in medicine, they have begun to develop new drugs from plant raw materials. Also, in the agricultural business, the interest began to take their turn in pasture plants and the omission of pastures at the expense of natural vegetation. Of course, the use of vegetation is more understandable in mountainous areas, and the species population is naturally much larger. Vegetation is used in a very peculiar way in desert areas, not counting forage species. The Kyzylkum desert (Kazakhstan part) is chosen as an example and a selection of groups of historically used species.

Novelty of the study: In Northern Kyzylkum (within Kazakhstan) there have not yet been works on the characteristic species for this territory, and in particular the economically valuable species that are given in our work have not been given.

The purpose of the work: Identification and analysis of valuable species in economic application within the Northern Kyzylkum.

Materials and Methods

Economically valuable species growing in Northern Kyzylkum within the Republic of Kazakhstan.

In the course of research, classical botanical (route-reconnaissance; ecological-systematic; ecological-geographical) methods were used. The herbarium material of the (AA) Institute of Botany and Phytointroduction's collections was studied. The herbarium was collected based on the method. Fundamental summaries were used to identify the collected material. A new scheme of floral zoning has been adopted to indicate the distribution of species within the territory of Kazakhstan [13-20].

Vegetation was studied using traditional methods of field geobotanical studies. Standard land area: in the steppes and deserts – 10x10 sq.m. or 15x15 sq.m.

Literary data and expedition materials of 2017 and 2020 were used, as well as herbarium samples of the Herbarium Fund of the AA “Institute of Botany and Phytointroduction” were viewed (Fig. 2).



Figure 2 – Working moments during the expedition period and in the Herbarium Fund of the Institute of Botany and Phytointroduction (AA)

Results and Discussion

During the expedition works, 25 points indicating vegetation of this location were recorded (coordinates that were recorded (Fig. 3, Table 1). Based on the results of the expedition, an analysis of economically valuable species of the Northern Kyzylkum within Kazakhstan was carried out, a list

of families with the number of genera and species was compiled (Table 2) and herbarium specimens from the herbarium collection of the Institute of Botany and Phytointroduction were also used. As a result of the research, 310 economically valuable species belonging to 62 families and 196 genera were found in Northern Kyzylkum in the Republic of Kazakhstan.

Table 1 – GPS-coordinates

№	Latitude	Longitude	Altitude above sea level	13	N 44°27'50.86»	E 63°46'36.61»	h-95 m
1	N 44°34'25.20»	E 62°58'14.60»	h-95m	14	N 44°26'6.82»	E 63°47'14.78»	h-75 m
2	N 45° 09' 31,5»	E 63°12'23.3»	h-112m	15	N 44°25'8.95»	E 63°48'49.26»	h-105 m
3	N 44°50'33.67»	E 63°13'15.73»	h-102m	16	N 44°25'28.39»	E 63°50'6.52»	h-100 m
4	N 44°51'51.50»	E 63°12'38.77»	h-118m	17	N 44°24'23.04»	E 63°52'41.02»	h-111 m
5	N 44°49'23.34»	E 63°18'0.95»	h-105m	18	N 44°24'56.19»	E 63°54'15.10»	h-90 m
6	N 44°37'30.14»	E 63°24'20.20»	h-100m	19	N 44°30'49.46»	E 65°37'15.80»	h-103 m
7	N 44°41'31.29»	E 63°30'40.98»	h-85m	20	N 44°30'53.28»	E 65°33'37.64»	h-102 m
8	N 44°42'14.98»	E 63°33'42.80»	h-103m	21	N 44°27'43.57»	E 65°37'54.73»	h-92 m
9	N 44°44'1.14»	E 63°39'27.69»	h-98m	22	N 44°29'34.38»	E 65°39'37.63»	h-96 m
10	N 44°45'22.42»	E 63°45'16.42»	h-101m	23	N 44°26'5.84»	E 65°42'43.02»	h-90 m
11	N 44°31'57.93»	E 63°38'37.75»	h-110m	24	N 44°25'39.91»	E 65°43'3.02»	h-105 m
12	N 44°30'5.11»	E 63°43'13.38»	h-80m	25	N 44°25'8.82»	E 65°41'57.36»	h-100 m

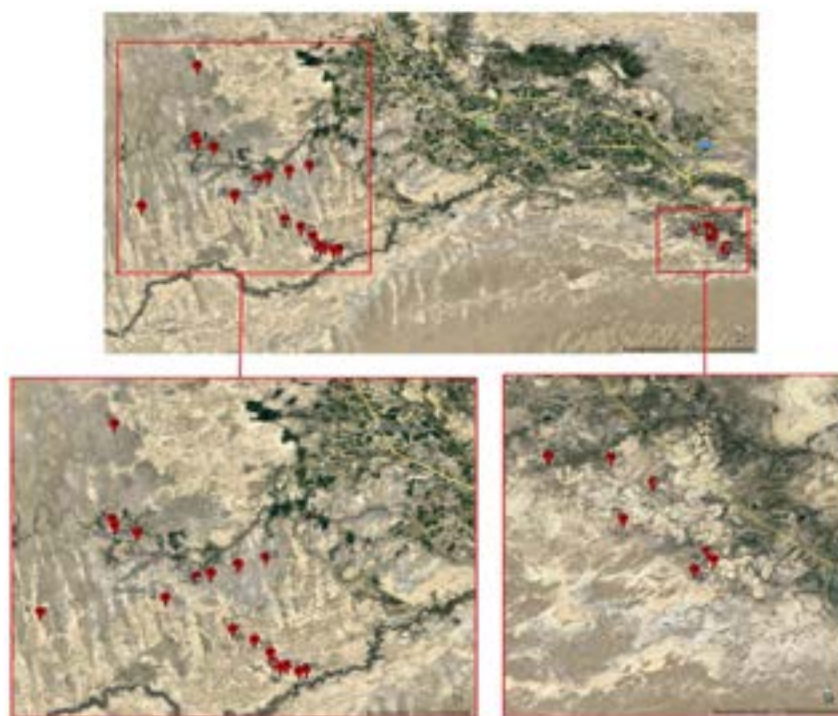


Figure 3 – Map showing the points marked in 2017 and 2020

Table 2 – Families of economically valuable species identified from expedition and herbarium (AA) data

№	Family	Amount of genera in the Family	Amount of species in the Family
	Ephedraceae Dumort.	1	2
	Nymphaeaceae DC.	1	1
	Ceratophyllaceae A. Gray.	1	1
	Ranunculaceae Juss.	4	6
	Berberidaceae Torr. et Gray	2	3
	Papaveraceae Juss.	3	4
	Hypecoaceae (Dumort.) Willk.	1	1
	Fumariaceae DC.	1	1
	Caryophyllaceae Juss.	7	7
	Amaranthaceae Juss.	1	1
	Chenopodiaceae Vent.	19	30
	Polygonaceae Juss.	6	11
	Limoniaceae Lincz.	1	2
	Hypericaceae Juss.	1	1
	Primulaceae Vent.	2	2
	Tamaricaceae Link.	1	6
	Salicaceae Mirb.	2	4
	Cucurbitaceae Juss.	1	1
	Brassicaceae Burnett	6	6
	Malvaceae Juss.	4	4

Continuation of the table

№	Family	Amount of genera in the Family	Amount of species in the Family
	Cannabiaceae Endl.	1	1
	Urticaceae Juss.	1	1
	Euphorbiaceae J. St.-Hil.	2	4
	Thymelaeaceae Juss.	1	2
	Rosaceae Juss.	1	2
	Lythraceae Jaume.	1	1
	Onagraceae Juss.	1	1
	Haloragaceae R. Br.	1	1
	Fabaceae Juss.	11	23
	Aceraceae Lindl.	1	1
	Rutaceae Juss.	1	3
	Peganaceae Tiegh.	1	1
	Oxalidaceae Lindl.	1	1
	Biebersteiniaceae I. Agardh	1	1
	Elaeagnaceae Lindl.	1	1
	Apiaceae Lindl. (Umbelliferae)	5	5
	Rubiaceae Juss.	2	3
	Apocynaceae Juss.	1	1
	Solanaceae Juss.	4	6
	Convolvulaceae Juss.	1	3
	Cuscutaceae Dumort.	1	3
	Boraginaceae Juss.	5	6
	Scrophulariaceae Juss.	3	5
	Plantaginaceae Lindl.	1	3
	Lamiaceae Lindl. (Labiatae Juss.)	6	6
	Asteraceae Dumortier	24	46
	Butomaceae Rich.	1	1
	Alismataceae Vent.	2	2
	Potamogetonaceae Dumort.	1	6
	Najadaceae Juss.	1	1
	Melanthiaceae Botsch.	1	1
	Iridaceae Juss.	1	1
	Liliaceae Juss.	1	1
	Alliaceae J. Agardh	1	3
	Ixioliriaceae Nakai	1	1
	Asparagaceae Juss.	1	1
	Cyperaceae Juss.	3	5
	Poaceae Barnhart	34	58
	Araceae Juss.	1	1
	Lemnaceae F. Gray	1	1
	Sparganiaceae Rudolphi	1	1
	Typhaceae Juss.	1	1
Total amount		196	310

This table shows that the dominant species from the families Chenopodiaceae Vent., Fabaceae Juss., Asteraceae Dumortier, Poaceae Barnhart, Polygonaceae Juss., Brassicaceae Burnett, Ranunculaceae Juss., Caryophyllaceae Juss., Apiaceae Lindl. and Lamiaceae Lindl. The family Poaceae has the highest number of economically valuable species 58 and the Asteraceae family 46 species.

A list of 310 economically valuable species was compiled, taking into account their life forms 6 woody species, 44 semi-shrubs and shrubs,

155 perennials, 105 biennials and annuals were identified. Woody plants of the Northern Kyzylkum include *Salix alba* L., *Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk, *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Haloxylon persicum* Bunge ex Boiss, fig. 4

The analysis of the studied species for their economic value revealed that 200 species had medicinal properties, 100 were fodder plants, 22 were used as ornamental plants, and sand fixers and plants used for fuel were also identified, Fig. 5.

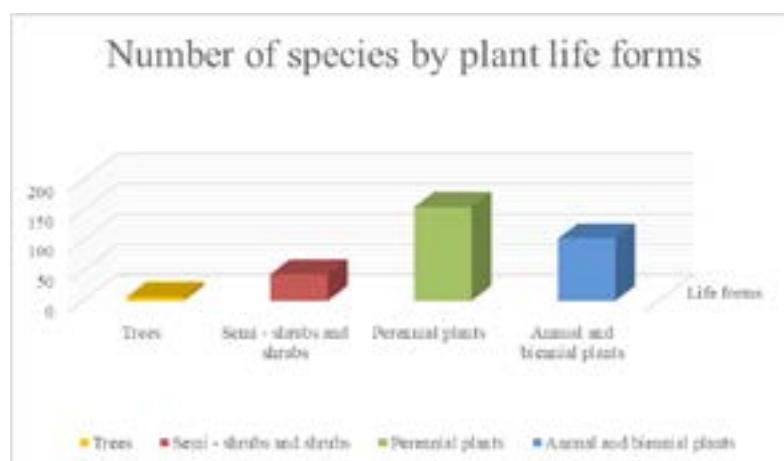


Figure 4 – Classification of economically valuable species by life forms

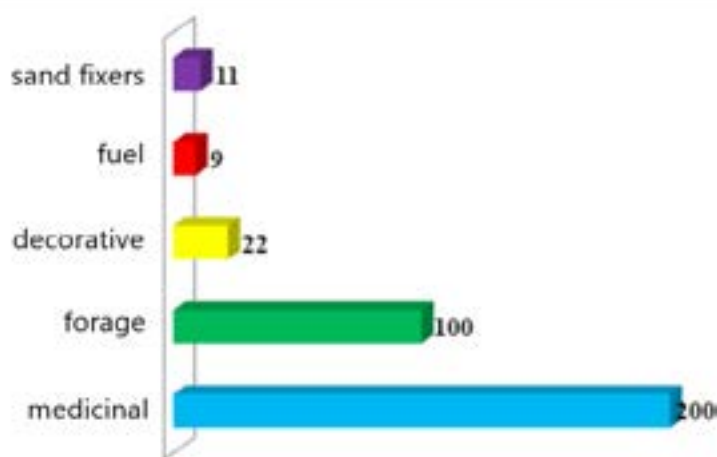


Figure 5 – Number of species by economically important characteristics

Fodder species mainly are the families Poaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae [21-36]. The main value of course for the food base is the family Poaceae (all species (*Echinochloa crusgalli* (L.)

Beauv., *Setaria viridis* (L.) Beauv., *Stipa caucasica* Schmalh., *S. caspia* C. Koch., *S. lessingiana* Trin., *S. hohenackerana* Trin., *S. sareptana* Becker., *Crypsis aculeata* (L.) Ait., *Phleum paniculatum*

Huds, *Alopecurus ventricosus* Pers., *Polypogon semivertillatus* (Forssk.) Hyll., *Agrostis gigantea* Roth., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *C. pseudophragmites* (Hall. f.) Koeler, etc.) and Fabaceae (half of species (*Trigonella grandiflora* Bunge, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *M. albus* Medik., *Trifolium repens* L., *Halimodendron halodendron* (Pall). Voss, *Astragalus flexus* Fisch., *A. campylorrhynchus* Fisch. et Mey., *A. commixtus* Bunge, *A. filicaulis* Fisch. et Mey., *A. rutilobus* Bunge, *A. paucijugus* C.A. Mey., *A. turczaninowii* Kar. et Kir., etc.). A forage species of

the family Chenopodiaceae (mainly annual species, sometimes perennials and shrubs (*Chenopodium glaucum* L. (Fig. 6A), *Atriplex cana* C.A. Mey. (Fig. 6B), *Halimione verrucifera* (Bieb.) Aell., *Krascheninnikovia ewersmanniana* (Stschegel. ex Losinsk.) Botsch. et Ikonn., *Kochia prostrata* (L.) Schrad. (Fig. 6C), *K. scoparia* (L.) Schrad., *Agriophyllum squarrosum* (L.) Moq., *Kalidium foliatum* (Pall.) Moq. (Fig. 6D), *Salicornia europaea* L. (Fig. 6E), *Petrosimonia sibirica* (Pall.) Bunge (Fig. 6F), *Nanophyton erinaceum* (Pall.) Bunge and etc.).

A- *Chenopodium glaucum*B- *Atriplex cana*C- *Kochia prostrata*D- *Kalidium foliatum*E- *Salicornia europaea*F- *Petrosimonia sibirica*

Figure 6 – Fodder plants

The main ornamental species of Northern Kyzylkum are used in urban landscaping and botanical gardens located in the desert zone. Ornamental species are not only woody shrubs, but also perennial herbaceous species (*Tamarix litvinowii* Gorschk. (Fig. 7A), *T. laxa* Willd. (Fig. 7B), *T. hispida* Willd., *T. leptostachys* Bunge, *T. smyrnensis* Bunge, *T. ramosissima* Ledeb., *Lavatera thuringiaca* L., *Hibiscus trionum* L., *Halimodendron halodendron* (Pall). Voss, *Nepeta micrantha* Bunge, *Antirrhinum majus* L., *Ziziphora tenuior* L., etc).

In the desert zone, the most valuable economic parameters are sand fixers and fuel ones. Of course, the sand fixers did not have much significance in its history, but now such species are necessary for deserts. The main anchorage of the sands is still the saxaul (*Haloxylon persicum* Bunge ex Boiss.), but there are other species (*Dendrostellera arenaria* Pobed., *D. macrorhachis* Pobed., *Halothamnus subaphylla* (C.A. Mey.) Aell., *Salsola richteri* (Moq.) Kar. ex Litv., *Elaeagnus angustifolia* L., etc.)

A- *Tamarix litvinowii*B- *T. laxa***Figure 7** – Ornamental species

According to a survey of the population of desert zones and in historical terms, fuel species ((*Krascheninnikovia ewersmanniana* (Stschegel. ex Losinsk.) Botsch. et Ikonn., *Haloxylon persicum* Bunge ex Boiss., *Populus diversifolia* Schrenk (Fig. 8A), *P. pruinosa* Schrenk (Fig. 8B), etc.) are plants that are used mainly in cold periods of the year, but are harvested almost all year round. It was also revealed that these species are used not only for the firebox, but also for fencing vegetable gardens or cattle pens, and even as a palisade near the house (*Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk, *Elaeagnus angustifolia* L. etc.).

Interesting facts about the species *Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk, these species are included in the Red Book of the Kyzylorda region, and *P. pruinosa* Schrenk. is in the Red Book of Kazakhstan. These species usually grow near rivers, but sometimes they can be seen in harsh deserts, which means that ground water is close enough under these trees.

The valley of the ancient Zhanadarya Delta is the border of the Kyzylkums in the subzone of the southern deserts of the South Turan province. In the Kyzylkums of the Kyzylorda region, psammophyte-shrub-white Saxaul communities and sagebrush groups on broken sands dominate. Of the plants, the most characteristic are *Calligonum eriopodum*, *Anisantha tectorum*, *Ferula foetida*, *Secale sylvestre*, *Mausolea eriocarpa* etc.

For all elements of the relief, especially in the floodplain, vegetation of salt marshes is represented on soils with excessive salinization by depressions,

with a low level of saline water occurrence, where hyperhalophytes from the Chenopodiaceae family settle. These are: succulent perennial succulent pickles – *Halocnemum strobilaceum* at the edges of the shores, *Kalidium foliatum*, *K. caspicum* on plump salt marshes, *Halostachys caspica* and *Suaeda microphylla* in places of secondary salinization; annual pickles, such as *S. crassa* and others, *Salicornia europaea* on wet (black) salt marshes, as well as representatives of the genera *Climacoptera* and *Petrocimonina*.

Among the useful species there are many rare plants that are protected and in need of state protection. Of the economically valuable species of the desert part of the Syrdarya river valley, listed in the Red Book of Kazakhstan (2014), it should be noted the species of gray-leaved poplar (*Populus pruinosa*). It is found on the terraces of rivers, and sometimes on the churts of sands.

In the lower reaches of the Syr Darya, tugai groves were marked by churrot sands and lake terraces. Currently, the tugai forests have been greatly reduced due to the drying up of the Aral Sea and the associated lowering of the groundwater level, the regulation of runoff by a system of hydraulic structures, the intake of large volumes of river water for irrigation of fields, forest fires, man-made winter water discharge and a number of other environmental problems of our time. There is an increase in the activity of *Elaeagnus oxycarpa*. Tugai forests, confined to river valleys, are the most economically used territory. It is here that a significant number of weed species are concentrated, some of which are

of economic importance. Despite the considerable diversity of flora species of the Syrdarya river valley with useful properties, the analysis of the demand

for work to assess their resource potential and actual harvesting over the past 10-15 years indicates the inefficient use of plant raw materials.



A-*Populus diversifolia*



B-*Populus pruinosa*

Figure 8 – Wood fuels

So, the most popular species, both in the Soviet and modern periods, is *Glycyrrhiza glabra*. Taking into account the wide distribution (in the form of pure thickets and as a subdominant) and, accordingly, large reserves of this species in the Syrdarya River valley, a licorice root processing plant was built in the Kyzylorda region.

Conclusion

In conclusion, it was revealed that 310 economically valuable species are found, which belong to 196 genera and 62 families in the Northern Kyzylkum within the Republic of Kazakhstan. The calculation of significant economic values was carried out: medicinal – 200 species, forage – 100 species, decorative – 22 species, anchors – 11 species, fuel – 9 species. Also, fuel-based tree-shrub species are used as palisade, fences, etc., and the species *Populus diversifolia* Schrenk, *P. pruinosa* Schrenk can serve as indicators of close groundwater. Moreover, according to the data shown by literary, herbarium (AA) and expedition work, this territory still needs to study economically valuable species and protect some rare species that are not used rationally.

Funding

This research was carried out and funded by the Committee on Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, No. AP08856696 “Ethnographic and geoarchaeological study of agricultural and pastoral landscapes in the desert deltas of Kazakhstan: historical phases of development and desolation”.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

All authors thank to the Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan for the grant project No. AP08856696 “Ethnographic and geoarchaeological study of agricultural and pastoral landscapes in the desert deltas of Kazakhstan: historical phases of development and desolation”

References

1. Rachkovskaya E. I. Prirodnye osobennosti Kazakhstana i Srednej Azii // Botanicheskaya geografiya Kazakhstana i Srednej Azii (v predelakh pustynnoj oblasti). [Natural features of Kazakhstan and Central Asia. Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region)]. St. Petersburg: BIN. (2003): 13-17. (in Russian).
2. Shomurodov Kh. F., Khasanov F. O. Kormovye rasteniya pustyni Kyzylkum. [Forage plants of the Kyzylkum desert]. *Arid Ecosystems*, vol 20, no. 3 (60). (2014): 94-101. (in Russian).
3. Sinkovsky L. P., Savchenko I. V. Prirodnye kormovye ugod'ya Evroaziatskoj aridnoj oblasti. [Natural feeding grounds of the Eurasian arid region]. *Problems of desert development*, no 5 (1981): 3-14. (in Russian).
4. Zakhidov T. Z. Biotsenozy pustyni Kyzylkum. [Biocenoses of the Kyzylkum desert]. Ed., "Fan", Tashkent, (1971): 304. (in Russian).
5. Butskov N. A., Nasyrov Ya. M. Pochvy Jugo-Zapadnyh Kyzilkumov. [Soils of the South-Western Kyzylkums]. Tashkent, (1961): 200. (in Russian).
6. Babushkin L. N., Kogay N. A., Zakirov Sh. S. Agroklimaticheskie usloviya sel'skogo hozyajstva Uzbekistana. [Agroclimatic conditions of agriculture in Uzbekistan]. "Mehnat" Publishing house, Tashkent, (1985): 160. (in Russian).
7. Balashova E. N., Sabinina I. G., Semenova O. A. Klimaticheskoe opisanie Kyzylkuma. [Climatic description of Kyzylkum]. Collection of works of the Tashkent Hydrometeorological Observatory, Tashkent, (1961): 5-42. (in Russian).
8. Makhmudov M. M. Agrobiologicheskie osnovy i tekhnologiya uluchsheniya pastbishch Kyzylkum. [Agrobiological bases and technology of improvement of pastures of Kyzylkum]. Abstract of the doctoral dissertation, Tashkent. (1998): 50. (in Russian).
9. Korovin E. P. Rastitel'nost' Srednej Azii i Yuzhnogo Kazakhstana. [Vegetation of Central Asia and Southern Kazakhstan], book 1 Ed. AN UzSSR, Tashkent, (1961): 432. (in Russian).
10. Ortikova L. S., Makhmudov M. M., Sindarov Sh. K. Ekologicheskie usloviya pustyni Kyzylkum v svyazi s fitomelioraciej pastbishch. [Ecological conditions of the Kyzylkum desert in connection with the phytomelioration of pastures]. I International Scientific and Practical Internet Conference "Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management" dedicated to the 25th anniversary of the Caspian Research Institute of Arid Agriculture. (2016): 264-274. (in Russian).
11. Gaevskaya L. S. Karakulevodcheskie pastbishcha Srednej Azii. [Karakul-growing pastures of Central Asia]. Tashkent, "Fan", (1971): 332. (in Russian).
12. Kurochkina L. Ya. Psammofil'naya rastitel'nost' pustyn' Kazakhstana. [Psammophilic vegetation of the deserts of Kazakhstan]. Alma-Ata, (1978): 271. (in Russian).
13. Melnikova R. D. Psammofil'naya rastitel'nost' Psammophyta. [Psammophyta Psammophyta vegetation]. Vegetation cover of Uzbekistan, vol. III, Tashkent, (1973): 4-80. (in Russian).
14. Lednev S. A., Koroleva T. V., Semenov I. N., Klink G. V., Krechetov P. P., Sharapova A. V., Karpachevskiy A. M. The natural regeneration of desert ecosystem vegetation at the 2013 crash site of a Proton-M launch vehicle, Republic of Kazakhstan // *Ecological Indicators*, no 101 (2019): 603–613.
15. Lednev S. A., Semenov I. N., Korolevaa T. V., and Sharapovaa A. V. State of Desert Phytocenoses in the Republic of Kazakhstan at Crash Sites of Launch Vehicles // *Arid Ecosystems*, vol. 10, no 3 (2020): 244–250.
16. Krechetov, P.P., Neronov, V.V., Koroleva, T.V., and Chernistova, O.V., Transformation of the soil-vegetation cover in carrier rocket first-stage impact areas // *Arid Ecosyst.*, vol. 1, no 1 (2011): 59–64.
17. Voronina P. Yu., Shuyskayaa E. V., Toderichb K. N., Rajabovd T. F., Ronzhinae D. A., and Ivanovae L. A. Distribution of C4 Plants of the Chenopodiaceae Family According to the Salinization Profile of the Kyzylkum Desert // *Russian Journal of Plant Physiology*, vol. 66, no 3 (2019): 375–383.
18. Saribaeva Sh. U. and Shomurodov Kh. F. Actual State of Coenopopulations of *Astragalus cenralis* Sheld. under Conditions of Kuldzhuktau Ridge (Kyzylkum Desert) // *Arid Ecosystems*, vol. 7, no 4 (2017): 265–270.
19. Shomurodov, Kh.F. and Khasanov, F.U. Fodder plants of the Kyzyl Kum Desert, *Arid Ecosyst.*, vol. 4, no 3 (2014): 208–213.
20. Baitenov M. S. Flora of Kazakhstan. Almaty. Vol. 2 (2001): 280. (in Russian).
21. Gosudarstvennyj kadastr rastenij Kyzylordinskoj oblasti [State Plant Cadastre of the Kyzylorda region] – Almaty – (2013): 410. (in Russian).
22. Krasnaya kniga Kazakhstana. [Red Book of Kazakhstan]. – 2nd Ed., revised and expanded. Volume 2.: Plants (coll. auth.). – Astana, "ArtPrintXXI" LLP, (2014): 452. (in Russian).
23. Tuhtaeva H.T., Rahmatov Ju.B., Bozorkulova Sh.A. Vodnye resursy pustyn' Central'nogo Kyzylkuma [Water resources of the deserts of Central Kyzylkum] // Chullanish muammolari: dynamics, bakholash, yechim. Halkaro ilmiy-amaliy conference materialari. Samarkand, (2019): 182-184. (in Russian).
24. Hasanov F.O., Shomuradov H.F., Kadyrov G. Kratkij ocherk i analiz endemizma flory pustyni Kyzylkum [A brief essay and analysis of the endemism of the flora of the Kyzylkum desert]. Vol. 96. no. 2 (2011): 237-245. (in Russian).
25. Rachkovskaja E.I., Safronova I.N., Volkova E.A. Botaniko-geograficheskoe rajonirovanie Kazakhstana i Srednej Azii [Botanical and geographical zoning of Kazakhstan and Central Asia] // Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region). Saint-Petersburg: BIN. (2003): 192-222. (in Russian).
26. Zheng Y, Jiao P, Zhao Z, Li Z. Clonal growth of *Populus pruinosa* Schrenk and its role in the regeneration of riparian forests. *Ecological Engineering*, no 94 (2016): 380-392.

27. Lednev, S.A., Koroleva, T.V., Semenov, I.N., Klink, G.V., Krechetov, P.P., Sharapova, A.V., and Karpachevskiy, A.M., The natural regeneration of desert ecosystem vegetation at the 2013 crash site of a Proton-M launch vehicle, Republic of Kazakhstan, *Ecol. Indic.*, vol. 101, (2019): 603–613.
28. Meirman, G.T., Dimeyeva, L., Dzhambaykov, K., Wucherer, W., and Breckle, S.-W., Seeding experiments on the dry Aral Sea floor for phytomelioration, in *Sustainable Land Use in Deserts*, New York: Springer- Verlag, (2012): 318–322.
29. Ebrahimi, M., Mohammadi, F., Fakhireh, A., and Bameri, A., Effects of *Haloxylon* spp. of different age classes on vegetation cover and soil properties on an arid desert steppe in Iran, *Pedosphere*, vol. 29, no. 5 (2019): 619–631.
30. Abduraimov, O.S. The morphological indexes of *Tulipa buhseana* Boiss. in different cenopopulations, *Eur. Appl. Sci.*, no. 7 (2015): 3–5.
31. Abduraimov, O.S. and Shomurodov, H.F. The ontogenesis and ontogenetic structure of *Tulipa micheliana* Th. Hoog (Liliaceae) coenoticpopulations in Uzbekistan // *J. Nov. Appl. Sci.*, no. 4 (2015): 1089–1096.
32. Shuyskaya E., Toderich K., Gismatullina L., Rajabov T., Khohlov S. Genetic diversity of two annual *Salsola* species (Chenopodiaceae) among habitat types in desert plant communities // *Biologia*. vol 72, no 3 (2017): 267—276.
33. Lega M., Fior S., Li M., Leonardi S. & Varotto C. Genetic drift linked to heterogeneous landscape and ecological specialization drives diversification in the Alpine endemic columbine *Aquilegia thalictrifolia* // *Heredity*,. vol 105, (2014): 542–554.
34. Stikhareva T., Ivashchenko A., Kirillov V., Rakhimzhanov A. Floristic diversity of threatened woodlands of Kazakhstan formed by *Populus pruinosa* Schrenk // *Turk J Agric For*, vol 45 (2021): 165-178.
35. Hautier Y, Tilman D, Isbell F, Seabloom EW, Borer ET et al. Anthropogenic environmental changes affect ecosystem stability via biodiversity // *Science*, vol 348 (2015): 336-340.
36. Zheng Y, Jiao P, Zhao Z, Li Z Clonal growth of *Populus pruinosa* Schrenk and its role in the regeneration of riparian forests. *Ecological Engineering*,.vol 94 (2016): 380-392.

А.В. Жигайлов^{1,2}, А.С. Машжан^{1,4*}, А.О. Бисенбай^{1,2,4},
Е.О. Остапчук^{1,2}, Ю.В. Перфильева^{1,2}, Э.Р. Мальцева^{1,2,3},
Д.А. Найзабаева^{1,2,4}, Ж.А. Бердыгулова¹, Ю.А. Скиба^{1,2,3},
С.М. Мамадалиев¹

¹Филиал РГП «Национальный центр биотехнологии», Казахстан, г. Алматы

²РГП «Институт молекулярной биологии и биохимии
им. М.А. Айтхожина» КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

³Научное сообщество «Тетис», Казахстан, г. Алматы

⁴Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

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

АНАЛИЗ РИСКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСПЫ ВЕРБЛЮДОВ В КАЗАХСТАНЕ

Верблюдоводство является важным направлением отечественного животноводства. Значительные территории Казахстана заняты пустынями, а верблюды – одни из немногих домашних животных, способных к жизни на таких землях. Оспа верблюдов является самой важной в экономическом плане вирусной болезнью мозолоногих. Ранее на территории страны происходили эпизоотии этой инфекции. Важно, что последнее десятилетие поголовье верблюдов в стране постоянно увеличивается, поэтому риски, связанные с возникновением новых эпизоотий, многократно возрастают. Для обеспечения эффективных мер по контролю этой опасной болезни верблюдов необходимо провести тотальный мониторинг всей территории страны. Спорадические серологические исследования проводились прежде только в Мангистауской области, уровень серопревалентности к возбудителю оспы верблюдов для других областей страны не определен. Критично, чтобы такой мониторинг был проведен до старта кампании по вакцинации верблюдов вакциной отечественного производства, чтобы можно было оценить эффективность проводимой вакцинации. В статье приводятся данные по анализу рисков, связанных с распространением оспы верблюдов в Казахстане, а также результаты подготовительных работ для проведения мониторинга территории страны в отношении оспы верблюдов.

Ключевые слова: оспа верблюдов, вирус оспы верблюдов, Orthopoxvirus, эпизоотология, эпидемиология.

A.V. Zhigailov^{1,2}, A. Mashzhan^{1,4*}, A.O. Bissenbay^{1,2,4}, Y.O. Ostapchuk^{1,2},
Y.V. Perfiljeva^{1,2}, E.R. Maltseva^{1,2,3}, D.A. Naizabayeva^{1,2,4}, Zh.A. Berdygulova¹,
Y.A. Skiba^{1,2,3}, S.M. Mamadaliyev¹

¹Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

²M.A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Kazakhstan, Almaty

³Tethys Scientific Society, Kazakhstan, Almaty

⁴Kazakh National University Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty

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

Analysis of the risks of the spread of camelpox in Kazakhstan

Camel breeding is an important area of domestic animal husbandry. Significant territories of Kazakhstan are occupied by deserts, and camels are one of the few domestic animals capable of living on such lands. Camelpox is the most economically important viral callus disease of camelids. Previously, epizootics of this infection occurred in the country. It is important that the number of camels in the country has been constantly increasing over the past decade, so the risks associated with the emergence of new epizootics are multiplying. To ensure effective measures to control this dangerous disease of camels, it is necessary to carry out total monitoring of the entire territory of the country. Sporadic serological studies were previously carried out only in the Mangystau region, the level of seroprevalence to the camelpox pathogen for other regions of the country has not been determined. It is critical that such monitoring is carried out before the start of the camel vaccination campaign with a domestically produced vaccine, so that the effectiveness of the vaccination can be assessed. The article presents data on the analysis of

risks associated with the spread of camelpox in Kazakhstan, as well as the results of preparatory work for monitoring the country's territory in relation to camelpox.

Key words: camelpox, camelpox virus, Orthopoxvirus, epizootology, epidemiology.

А.В. Жигайлов^{1,2}, А.С. Машжан^{1,4*}, А.О. Бисенбай^{1,2,4}, Е.О. Остапчук^{1,2},
Ю.В. Перфильева^{1,2}, Э.Р. Мальцева^{1,2,3}, Д.А. Найзабаева^{1,2,4}, Ж.А. Бердыгулова¹,
Ю.А. Скиба^{1,2,3}, С.М. Мамадалиев¹

¹«Ұлттық биотехнология орталығы» РМК Алматы қаласындағы филиалы, Қазақстан, Алматы қ.

²«М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты»,
ШЖҚ РМК (ИМББ), Қазақстан, Алматы қ.

³Ғылыми бірлестік «Тетис», Қазақстан, Алматы қ.

⁴«Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті», Қазақстан, Алматы қ.

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

Қазақстанда түйе шешегінің таралу тәуекелдерінің талдау

Түйе шаруашылығы – отандық мал шаруашылығының маңызды саласы болып табылады. Қазақстанның елеулі аумақтарын шөлейттер басып жатыр, ал түйе болса мұндай жерлерде тіршілік етуге қабілетті санаулы үй жануарларының бірі болып табылады. Түйе шешегі – сірітабандылардың экономикалық тұрғыда ең маңызды вирустық ауруы болып табылады. Бұған дейін еліміздің аумағында бұл инфекцияның эпизоотиясы орын алған болатын. Соңғы онжылдықта елімізде түйе бастарының саны ұлғаюына байланысты, жаңа эпизоотиялардың пайда болуына байланысты тәуекелдердің еселеп артуын ескерген маңызды. Түйелердің осы қауіпті ауруымен күресуде тиімді шараларын қамтамасыз ету үшін, еліміздің барлық аумағында толық мониторинг жүргізу қажет. Спорадикалық серологиялық зерттеулер бұрын тек Маңғыстау облысында жүргізілген, республиканың басқа аймақтары үшін түйе шешек қоздырғышының серопреваленттік деңгейі анықталмаған. Мұндай мониторингтің отандық вакцинамен түйеге егу науқаны басталғанға дейін жүргізілуі өте маңызды, себебі бұл екпенің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Осы мақалада Қазақстанда түйе шешек ауруының таралуына байланысты тәуекелдердің талдау деректері, сондай-ақ түйе шешек ауруына қатысты ел аумағында мониторинг жүргізуге дайындық жұмыстарының нәтижелері көрсетілген.

Түйін сөздер: түйе шешегі, түйе шешек вирусы, Orthopoxvirus, эпизоотология, эпидемиология.

Введение

Оспа верблюдов (camelpox) – высоко контагиозная болезнь мозлоногих, характеризующаяся увеличением лимфатических узлов, лихорадкой, развитием кожных образований (узелков, папул, сыпи), абортами и гибелью молодняка [1]. Болезнь эндемична на Ближнем Востоке, в Африке и в Азии. В качестве болезни животных оспа верблюдов включена МЭБ (Международное эпизоотическое бюро) в список болезней обязательной декларации [2].

Вирус оспы верблюдов (*Camelpox virus*, CMLV), возбудитель верблюжьей оспы, является представителем рода *Orthopoxvirus* (OPXV), подсемейства *Chordopoxvirinae* семейства *Poxviridae* [3]. Поксвирусы – самые крупные в мире вирусы; их вирионы имеют кирпичеобразную или овоидную форму. Геном поксвирусов представлен двунитевой линейной ДНК, свернутой в гантелеподобные структуры, и покрыт двухслойным капсидом. Геном CVLV (205 719 тыс. пар оснований) представлен 211 отдельными генами. Нуклеокапсид окружает двух-

слойная липопротеидная оболочка, в которую встроены фибры воронкообразной формы. Вирус реплицируется в цитоплазме в так называемых тельцах включения. Его вирионы чувствительны к детергентам и дезинфектантам [1].

Одним из основных отличий ортопоксвирусов от других поксвирусов является их способность к гемагглютинации. К роду поксвирусов помимо CMLV относятся вирус коровьей оспы (CPXV), вирус натуральной оспы (VARV), вирус осповакцины (VACV), оспы обезьян (MPXV), осповирус енотов (RCNPV), осповирус полевок (VPXV), осповирус скунсов (SKPXV) и мышинный вирус эктромелии (ECTV) [6]. Из всех поксвирусов, способных заражать скот, CMLV генетически наиболее близок к возбудителю натуральной оспы, *Variola major* [1], причем эти два вируса близки по некоторым другим биологическим и патологическим признакам [1]. CMLV может заражать людей и приводить к умеренным клиническим проявлениям в виде кожных высыпаний, температуры и рвоты [4, 5]. По этой причине его относят ко второй группе риска для инфекций человека.

Основной путь передачи вируса – контактный. Заразными являются вирусосодержащие выделения (слизь) и абортный материал. CMLV также был детектирован в основных эктопаразитах верблюдов, клещах *Hyalomma dromedarii* [6], но трансмиссивный путь передачи, если и существует, не играет первостепенного значения [1].

Оспу верблюдов необходимо дифференцировать от некробациллеза, ящура, грибковых поражений кожи, чесотки, контагиозной эктимы, папилломавирусной инфекции и бруцеллеза, а также от укусов членистоногих. Для целей диагностики используют широкий спектр серологических методов, таких как РТГА, реакцию нейтрализации, ИФА, а также прямые методы изоляции вируса и методы на основе ПЦР. Все ортопоксвирусы серологически являются кросс-реактивными в пределах рода [2, 7]. В то же время, клинические симптомы у верблюдов может вызывать только CMLV [2, 7]. Поражающие верблюдов парапоксвирусы и папилломавирусы не имеют кросс-реактивности с вирусом верблюжьей оспы, поэтому эти две инфекции четко дифференцируются от верблюжьей оспы серологическими методами.

Специфического лечения не предусмотрено, хотя на животных моделях показана эффективность в подавлении вируса некоторых противовирусных препаратов [8]. В качестве профилактики используют вакцинацию: в мире разработаны как живые, так и инактивированные вакцины. Относительно высокую эффективность показали вакцины на основе вируса осповакцины [2]. Атенуированные вакцины более эффективны, вызванный ими иммунитет более продолжителен в сравнении с инактивированными вакцинами. В то же время, широкое их применение на свободных от вируса территориях сопряжено с большими рисками распространения мезогенных штаммов вируса в здоровой популяции, что может сопровождаться снижением продуктивности верблюдов (понижением удоев и скорости набора веса животными).

Целью настоящей работы является выяснение эпизоотологической ситуации в Казахстане по оспе верблюдов, проведение анализа рисков для установления районов, наиболее подверженных заносу вируса извне и распространению инфекции во время вспышек, организация сбора образцов от верблюдов в рамках мониторинговой программы для проведения лабораторных тестов, а также оптимизацию лабораторных методов анализа для рутинной диа-

гностики этой опасной болезни мозолоногих животных.

Материалы и методы

Эпидемиологические методы

Все расчеты эпидемиологических параметров проводились в программе EpiInfo v. 7.2.2.2 (CDC).

Общий размер выборки для проведения мониторингового исследования в отношении оспы верблюдов был определен по формуле:

$$\text{Размер выборки (n)} = N * [Z^2 * p * (1-p)/e^2] / [N - 1 + (Z^2 * p * (1-p)/e^2)] \quad (1)$$

где N – размер популяции;

Z – критическое значение нормального распределения при требуемом уровне достоверности;

p – ожидаемый уровень превалентности, %;

e – допустимая погрешность.

Сбор образцов от животных

Сбор образцов от верблюдов проводится в рамках государственной мониторинговой программы, финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан. Получено заключение этической комиссии РГП на ПХВ «Национальный центр биотехнологии» (протокол №4 от 3.12.2021).

Сбор крови и сыворотки проводился квалифицированными ветеринарами. На месте, где предполагалось произвести прокол, выстригали шерсть и кожу дезинфицировали 5% раствором йода. Забор крови осуществляли из яремной вены животных в пробирки Venosafe для сбора цельной крови (содержащие K₂EDTA) и пробирки для сыворотки (содержащие активатор коагуляции), оснащенные безопасной иглой (Venoject Quick Fit Needle). Для получения сыворотки пробирки Venosafe с собранной в них кровью после образования сгустка центрифугировали при 1200 x g в течение 10 мин при 4°C.

Анализ рисков

Для анализа риска и прогнозирования использовали надстройку в Microsoft Excel – Decision Tools Suite 6.0 Professional (Palisade).

Анализ нуклеотидных последовательностей

Выравнивание нуклеотидных последовательностей гена *ATIP*, кодирующего белок включения А-типа (A-type inclusion protein) и *C18L*,

кодирующего анкириновый белок (ankyrin repeat protein), видов OPXV и их генотипов проводили посредством алгоритма MUSCLE в программе MEGA-X.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) и электрофорез ДНК

По 2,5 мкл образцов ДНК анализировались методом классической ПЦР с использованием HotTaq ДНК-полимеразы (СибЭнзим) по методике производителя. Объем реакционных смесей составлял 20 мкл. Температурный режим: 8 мин при 95°C – 1 цикл; 30 сек при 94°C; 30 сек при 58°C, 1 мин при 72°C – 40 циклов; 5 мин при 72°C, 5 мин при 4°C – 1 цикл.

Электрофорез ДНК проводили в системе для электрофореза EasyCast D2 (Fisher Scientific). По 10 мкл реакционных смесей наносили на 1,5% агарозный гель, содержащий 0,2 мг/мл бромистого этидия (Sigma) и проводили электрофорез в 1х ТАЕ-буфере (Thermo Fisher Scientific). Визуализацию полос проводили в проходящем УФ-свете на гель-документирующей системе (Bio-Rad).

Результаты и обсуждение

Анализ эпизоотологической ситуации в Казахстане по оспе верблюдов

На территории нашей страны значительные вспышки оспы верблюдов фиксировались, начиная с 1930 года. Мощные эпизоотии оспы верблюдов наблюдались периодически в Мангистауской и Атырауской областях КазССР: в 1930, 1942–43 гг., 1965–1969 гг. [9] и в 1996 г. [10]. Эти эпизоотии сопровождались существенным уменьшением поголовья верблюдов в республике.

В марте 2020 г. началась эпидемия оспы верблюдов в Бейнеуском районе Мангистауской области. Заболело более тридцати животных. Летальных случаев среди взрослых особей зафиксировано не было. Наблюдались мертворожденные верблюжата и выкидыши у беременных самок. В Бейнеуском, Таженском и Сынгырлауском сельских округах района был введен карантин [11]. Эти события указывают на циркуляцию вируса в этой области Казахстана.

В конце 2020 года стартовала программа по вакцинации поголовья верблюдов в стране с использованием отечественной аттенуированной вакцины [12]. К настоящему времени привиты

животные из опытных групп из Мангистауской и Актыбинской областей, но в ближайшей перспективе -проведение широкомасштабной вакцинации верблюдов в рискованных по инфекции районах страны. Чтобы в дальнейшем можно было оценить эффективность этой превентивной меры борьбы с ортопоксвирусом верблюдов, должен быть проведен серологический мониторинг животных.

Анализ риска заноса инфекции на территорию страны

Наиболее вероятно проникновение инфекции из Туркменистана. Прежде, когда эта страна входила в состав СССР, на ее территории происходили крупные эпизоотии оспы верблюдов, именно оттуда на территорию КазССР распространилась данная инфекция в 1965-1969 гг., вызвав эпизоотию в Мангистауской области. В 2018 и 2019 гг. в Балканском велаяте, граничащем с Мангистауской областью Казахстана, фиксировалось заболевание верблюдов с падежом как молодняка, так и взрослых особей [13]. Хотя падеж скота был объяснен в официальных источниках голодом среди животных, описываемые клинические признаки полностью указывали на оспу верблюдов. Туркменистан граничит с Ираном, где вспышки этой инфекции регистрируются ежегодно [14].

В Узбекистане прежде также фиксировались спорадические случаи и даже эпизоотии оспы верблюдов, но в настоящее время какая-либо информация в отношении этого государства отсутствует. В России больше всего верблюдов и наибольшая их плотность – в Астраханской области (здесь сосредоточено до 70% всех верблюдов РФ), граничащей с двумя областями Казахстана, Атырауской и Западно-Казахстанской. Там в основном разводят бактрианов калмыцкой породы. Последние годы ситуация с оспой верблюдов на севере Каспия спокойная, но в советское время здесь фиксировались вспышки этой инфекции.

Официальные данные в отношении случаев оспы верблюдов на территории Китая отсутствуют, однако нельзя исключать распространение инфекции на приграничные с Китаем районы Алматинской области РК в случае распространения оспы верблюдов в граничащем с РК Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая, где верблюдоводство распространено; кроме того, там распространены и дикие двугорбые верблюды.

Поголовье и плотность верблюдов в Казахстане

Риск возникновения эпизоотий оспы верблюдов и скорость распространения инфекции тем выше, чем выше плотность верблюдов

в заданной местности. Наивысшая плотность верблюдов в нашей стране – в Мангистауской области, далее по этому показателю следуют Кызылординская, Туркестанская, Атырауская и Карагандинская области (рисунок 1А).

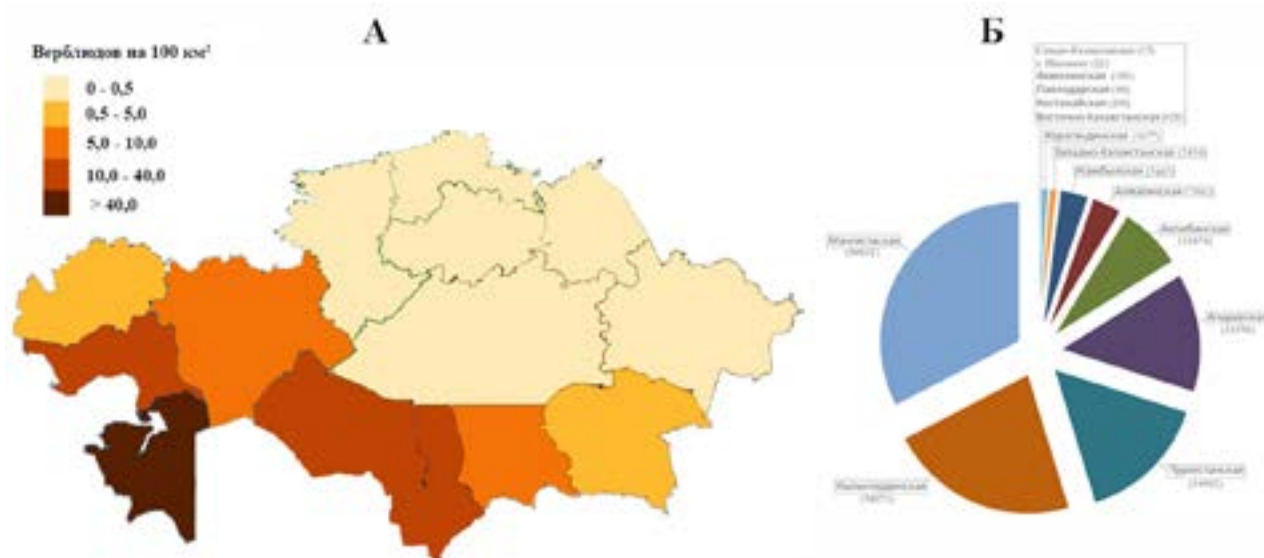


Рисунок 1 – Данные по плотности и поголовью верблюдов по областям. А – Плотность верблюдов. Б – Общее поголовье верблюдов по областям. Представлены данные на 1 февраля 2022 года [15].

Важным эпидемиологическим показателем также является общее поголовье восприимчивого к вирусу скота, поскольку он может указать на потенциальный риск экономических потерь, связанных с инфекцией. Наибольшая численность верблюдов в стране сосредоточена на территории Мангистауской области; далее следуют Кызылординская, Туркестанская, Атырауская и Актыбинская области (рисунок 1Б). После последней вспышки инфекции в 1997 г., поголовье верблюдов в нашей стране ежегодно растёт (рисунок 2), что повышает риски, связанные с быстрым распространением инфекции в случае появления ее очагов на территории страны. Крупные вспышки поксвирусных инфекций обычно имеют циклический характер (с повторением на одной территории через 20-25 лет [3, 10], поэтому именно в настоящее время следует более тщательно отслеживать любые проявления инфекции в рискованных по болезни районах.

Что касается структуры по категории хозяйств, то из 2434 тыс. голов по состоянию на 1 февраля 2022 г. на крупные государственные предприятия приходилось 10,5% (25,6 тыс. голов), на крестьянские и фермерские хозяйства

– 19% (46,2 тыс. голов), а на частные хозяйства населения – 70,5% (171,6 тыс. голов) всего поголовья верблюдов. Таким образом, подавляющее количество животных дислоцируется в частных подворьях, где ограничен контроль за их перемещением и профилактическими мерами. В Кызылординской области более чем в какой другой области Казахстана характерна преимущественная локализация верблюдов в мелких частных подворьях (81,7%; 44,2/54,1 тыс. голов) [15].

Анализ рисков заноса и распространения оспы верблюдов на территории Казахстана

Поскольку оспа верблюдов не является трансмиссивной инфекцией, а передаётся в основном контактным способом, при оценке рисков возникновения вспышек этой болезни первостепенное значение имеют такие показатели как плотность восприимчивых к болезни животных, доля животных, локализуемых в частных мелких подворьях, а также наличие границы со странами, в которых оспа верблюдов является эндемичной. Результаты анализа рисков вспышек оспы верблюдов на территории страны представлены на рисунке 3.

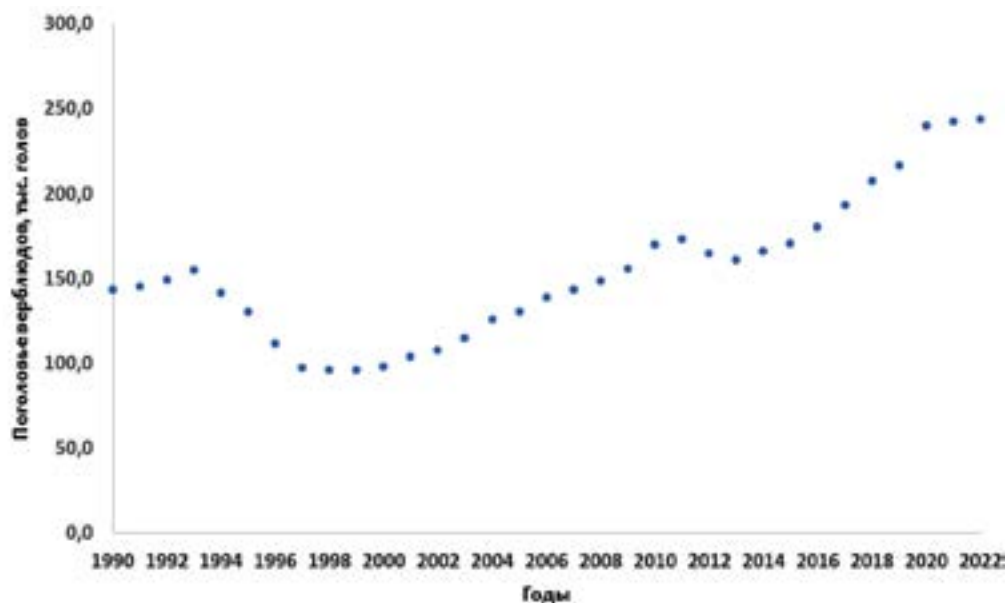


Рисунок 2 – Изменение поголовья верблюдов в Казахстане за 1990-2022 годы [15].

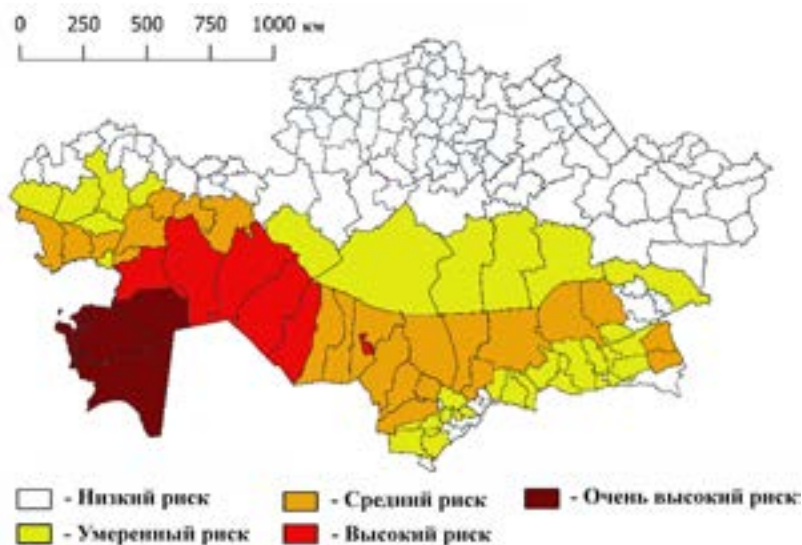


Рисунок 3 – Зонирование территории Казахстана в отношении риска заноса и распространения оспы верблюдов (согласно данным на 1.02.2022 [15])

Определение размера выборки и сбор полевых образцов для мониторинга оспы верблюдов

Как видно из данных, представленных на рисунке 3, наиболее рискованными по инфекции оказались Мангистауская, Атырауская, Актыбинская, Кызылординская, Туркестанская, и Алма-тинская области. Именно в этих областях было решено провести сбор образцов.

Для определения общего размера выборки для проведения широкомасштабного монито-

ринга по оспе верблюдов в Казахстане общее поголовье верблюдов было принято равным 241513 голов (на 1 февраля 2022 г.) [15]. Для эпидемиологических исследований доверительный интервал в подавляющем большинстве случаев принимается равным 95%, поэтому при расчетах использовали это значение. Величину допустимой погрешности приняли равной 5%. В 2010 году был проведен ограниченный серологический мониторинг по оспе верблюдов в

Мангистауской области, серопревалентность составила 37% [10]. Однако, для других областей этот показатель прежде не определялся. Кроме того, за 12 лет уровень серопревалентности в самой Мангистауской области мог измениться. В этой связи при расчетах полагали, что ожидаемая превалентность в популяции верблюдов на территории Казахстана составляет 50% (согласно рекомендациям МЭБ). Общий размер выборки составил 400 животных (в том случае, если в одной точке сбора отбиралось от пяти до тридцати животных). Исходя из результатов анализа рисков вспышек, было решено провести сбор образцов по областям, как указано в таблице 1.

Таблица 1 – План по сбору образцов от верблюдов для целей мониторинга

Область	Поголовье на 1.02.2022, голов	Размер выборки, голов
Мангистауская	80499	100
Кызылординская	53596	100
Туркестанская	34837	100
Атырауская	33928	100
Актюбинская	18207	50
Алматинская	7900	50
Итого:		500

Общее число задействованных в исследовании животных было решено увеличить до 500 чтобы обеспечить возможность отбраковки образцов (например, гемолизированных сывороток).

К моменту написания статьи сбор образцов завершен в Туркестанской, Актюбинской и Атырауской областях и проводится в Мангистауской области; собраны образцы крови и сыворотки от 300 животных.

Выбор диагностических методов для проведения мониторинга

Для проведения серологических исследований для выявления антител к оспе верблюдов было решено использовать набор Camelpox Virus Antibody (CMPV-Ab) ELISA Kit (Abbexa Ltd).

Так как вирус коровьей оспы, хотя и не способен вызывать клинические проявления у млекопитающих, может размножаться в организме верблюдов, для подтверждения присутствия у животных CMLV необходимо проводить дифференциацию его от CPXV секвенированием участков вирусного генома или методами на

основе ПЦР. Так как не исключено применение на территории страны вакцинации верблюдов с использованием препаратов на основе вируса осповакцины, важно иметь возможность дифференцировать CMLV и от VACV. В этой связи для целей прямого выявления вирусной ДНК методом ПЦР помимо видоспецифических праймеров к локусу *C18L* (CMLV-C18L-F (5'-GCGTTAACGCGACGTCGTG) и CMLV-C18L-R (5'-CCGGAGATATCATACCTTTACTTTAG) [16], было решено использовать и рекомендованные МЭБ родоспецифические праймеры к локусу *ATI* ортопоксвирусов: OrtoPOX_ATI-F (5'-GACAAATACAAGGAGGAWCT) и OrtoPOX_ATI-R (5'-GTAGAACTTAACCTTTCTTTCTC) [2]. В последнем случае по размеру амплификата можно дифференцировать различные виды ортопоксвирусов [16] и даже отличать вакцинные штаммы CMLV от полевых невакцинных [18, 19].

Мишени к обоим парам праймеров были протестированы в программе MEGA-X, учитывая наличествующие в базе данных GenBank полногеномные последовательности отечественных изолятов CMLV; мисматчей и иных несоответствий не выявлено: праймеры подходили ко всем протестированным нуклеотидным последовательностям. Синтезированные праймеры были протестированы на контрольных образцах CMLV и VACV. Результаты представлены на рисунке 4.

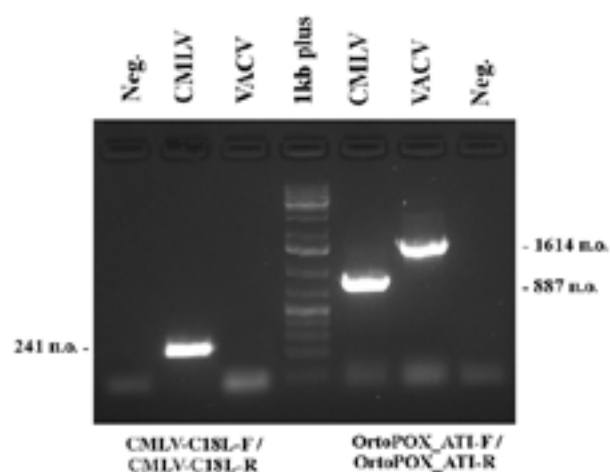


Рисунок 4 – Обработка ПЦР с использованием CMLV-специфических (“CMLV-C18L-F” / “CMLV-C18L-R”) и ортопоксвирус-специфических (“OrtoPOX_ATI-F” / “OrtoPOX_ATI-R”) праймеров. Обозначения: “Neg.” – отрицательный контроль; “CMLV” – ДНК из вируса оспы верблюдов; “VACV” – ДНК из вируса осповакцины; “1kb plus” – ДНК-маркер.

Как и следовало ожидать, видоспецифические праймеры сработали только для CMLV, тогда как родоспецифические – для обоих вирусов с ожидаемым размером амплификатов.

Заключение

Таким образом, проведен анализ эпизоотологической ситуации по оспе верблюдов на территории Казахстана за последние десять лет, проведена оценка рисков в отношении заноса и распространения инфекции в стране, определен размер выборки для проведения мониторинга по оспе верблюдов, проводится сбор биологического материала от животных, проведен выбор диагностических методик и подходов для целей мониторинга.

Финансирование

Работа выполнена в рамках программы BR10764899 «Изучить эпизоотологическую характеристику территории страны по особо опасным болезням и разработать ветеринарно-санитарные мероприятия по повышению их эффективности», финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан.

Конфликт интересов

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

Литература

- 1 Duraffour S., Meyer H., Andrei G., Snoeck R. Camelpox virus // *Antiviral Res.* – 2011. – Vol. 92. № 2. – P. 167–186.
- 2 Monique É. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2021 (OIE)/ and E. Couacy-Hymann.: Office International des Epizooties, 2019.
- 3 Bhanuprakash V., Balamurugan V., Hosamani M., Venkatesan G., Chauhan B., Srinivasan V.A., Chauhan R.S., Pathak K.M., Singh R.K. Isolation and characterization of Indian isolates of camel pox virus // *Trop. Animal Health and Production.* – 2010. – Vol. 42, № 6. – P. 1271–1275.
- 4 Bera B.C., Shanmugasundaram K., Barua S., Venkatesan G., Virmani N., Riyesh T., Gulati B.R., Bhanuprakash V., Vaid R.K., Kakker N.K., Malik P., Bansal M., Gadvi S., Singh R.V., Yadav V., Sardarilal., Nagarajan G., Balamurugan V., Hosamani M., Pathak K.M., Singh R.K. Zoonotic cases of camelpox infection in India // *Veterinary microbiology.* – 2011. – Vol. 152. – P. 29–38.
- 5 Khalafalla A.I., Abdelazim F. Human and Dromedary Camel Infection with Camelpox virus in Eastern Sudan // *Vector Borne Zoonotic Diseases.* – 2017. – Vol. 17. – P. 281–284.
- 6 Al-Ziabi O., Nishikawa H., Meyer H. The first outbreak of camelpox in Syria // *J of Vet. Sci.* – 2007. – Vol. 69, № 5. – P. 541–543.
- 7 Azwai S.M., Carter S.D., Woldehiwet Z., Wernery U. Serology of Orthopoxvirus cameli infection in dromedary camels: analysis by ELISA and western blotting // *Com Immunol, Microbiol and Infect Dis.* – 1996. – Vol. 19, № 1. – P. 65–78.
- 8 Duraffour S., Matthys P., van den Oord J. J., De Schutter T., Mitera T., Snoeck R., Andrei G. Study of camelpox virus pathogenesis in athymic nude mice // *PloS one.* – 2011. – Vol. 6, No. 6. – P. e21561.
- 9 Росляков А.А. Электронномикроскопическое изучение вируса оспы верблюдов. –Алма-Ата.: Тр. АЗВИ, 1969. – С. 23–26.
- 10 Булатов Е.А., Мамадалиев С.М., Мамбеталиев М., Битов Н.Т. О циркуляции вируса оспы верблюдов в Мангыстауской области Респ. ублики Казахстан в скрытой форме // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии.* – 2010. – Т.3, № 7. – С. 11–13.
- 11 Международное информационное агентство в Казахстане [Inform.kz]: Карантин по оспе верблюдов в Мангыстауской области: URL: https://www.inform.kz/ru/karantin-oslabiliv-mangistauskoy-oblasti_a3842561. (дата обращения: 22.02.2022)
- 12 Международное информационное агентство в Казахстане [Inform.kz]: Выпуск вакцин против оспы верблюдов начат в Казахстане. URL: https://www.inform.kz/ru/vypusk-vakcin-protiv-ospy-verblyudov-nachat-v-kazahstane_a3649309. (дата обращения: 22.02.2022)
- 13 Туркменистан. -В Балканском велаяте наблюдается массовое заболевание верблюдов. URL: <https://rus.azathabar.com/a/29573675.html>. (дата обращения: 22.02.2022)
- 14 Mohammadpour R., Champour M., Tuteja F., Mostafavi E. Zoonotic implications of camel diseases in Iran // *Veterinary Medicine and Science.* – 2020. – Vol. № 6. – P. 359–381.
- 15 Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [Kaz. Stat]. – Статистика сельского, лесного, охотничьего и рыбного хозяйства. URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/7>. (дата обращения: 22.02.2022)
- 16 Venkatesan G., Bhanuprakash V., Balamurugan V., Prabhu M., Pandey AB. TaqMan hydrolysis probe based real time PCR for detection and quantitation of camelpox virus in skin scabs // *Journal of Virological Methods.* – 2012. – Vol. 181, № 2. – P. 192–196.
- 17 Meyer H., Martin P., Hanns-Joachim R. Sequence alterations within and downstream of the A-type inclusion protein gene allow differentiation of orthopoxvirus species by polymerase chain reaction // *Journal of Virology.* – 1994. – Vol. 75. – P. 1975–1981.
- 18 Khalafalla A.I., Al Hosani M. A., Ishag H., Al Muhairi S. S. More cell culture passaged Camelpox virus sequences found resembling those of vaccinia virus // *Open veterinary journal.* – 2020. – Vol. 10, № 2. – P. 144–156.
- 19 Yousif A.A., Al-Ali A.M. A case of mistaken identity? Vaccinia virus in a live camelpox vaccine // *Biologicals.* – 2012. – Vol. 40. – P. 495–498.

References

- 1 Duraffour, S., Meyer, H., Andrei, G., Snoeck, R. "Camelpox virus." *Antiviral research* 92, no 2 (2011): 167–186.
- 2 Monique, Éloit and Emmanuel Couacy-Hymann. *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2021 (OIE)*: Office International des Epizooties, 2019.
- 3 Bhanuprakash, V., Balamurugan, V., Hosamani, M., Venkatesan, G., Chauhan, B., Srinivasan, V.A., Chauhan, R.S., Pathak, K.M., Singh, R.K. "Isolation and characterization of Indian isolates of camel pox virus" *Tropical Animal Health and Production* 42, no 6 (2010): 1271-1275.
- 4 Bera, B.C., Shanmugasundaram, K., Barua, S., Venkatesan, G., Virmani, N., Riyesh, T., Gulati, B.R., Bhanuprakash, V., Vaid, R.K., Kakker, N.K., Malik, P., Bansal, M., Gadvi, S., Singh, R.V., Yadav, V., Sardarilal., Nagarajan, G., Balamurugan, V., Hosamani, M., Pathak, K.M., Singh, R.K. "Zoonotic cases of camelpox infection in India." *Veterinary microbiology* 152, (2011): 29–38.
- 5 Khalafalla, A.I., Abdelazim, F. "Human and Dromedary Camel Infection with Camelpox virus in Eastern Sudan." *Vector Borne Zoonotic Diseases* 17, (2017): 281–284.
- 6 Al-Ziabi, O., Nishikawa, H., Meyer, H. "The first outbreak of camelpox in Syria." *Journal of Veterinary Science* 69, no 5 (2007): 541–543.
- 7 Azwai, S.M., Carter, S.D., Woldehiwet, Z., Wernery, U. "Serology of Orthopoxvirus cameli infection in dromedary camels: analysis by ELISA and western blotting." *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 19, no 1 (1996): 65-78.
- 8 Duraffour, S., Matthys, P., van den Oord, J. J., De Schutter, T., Mitera, T., Snoeck, R., Andrei G. "Study of camelpox virus pathogenesis in athymic nude mice." *PloS one* 6, no 6 (2011): e21561.
- 9 Rosljakov A. *Jelektronnomikroskopicheskoe izuchenie virusa ospy verbljudov* [Electron microscopic study of camelpox virus]. Alma-Ata: Tr. AZVI, 1969. (In Russian)
- 10 Bulatov, E.A., Mamadaliev, S.M., Mambetaliev, M., Bitov, N.T. "O cirkuljacii virusa ospy verbljudov v Mangystauskoj oblasti Respubliki Kazahstan v skrytoj forme [On the circulation of the camelpox virus in the Mangistau region of the Republic of Kazakhstan in a latent form]." *Topical issues of veterinary biology* 7, no 3 (2010): 11-13 (In Russian)
- 11 International News Agency in Kazakhstan (Inform.kz). Camelpox quarantine in Mangistau region. https://www.inform.kz/ru/karantin-oslabili-v-mangistauskoy-oblasti_a3842561. (accessed: 02.22.2022).
- 12 International News Agency in Kazakhstan (Inform.kz). (Inform.kz). Production of camelpox vaccines launched in Kazakhstan. https://www.inform.kz/ru/vypusk-vakcin-protiv-ospy-verblyudov-nachat-v-kazahstane_a3649309. (accessed 02.22.2022).
- 13 Turkmenistan. Mass disease of camels observed in Balkan velayat. <https://rus.azathabar.com/a/29573675.html>. (accessed 22.02.2022).
- 14 Mohammadpour, R., Champour, M., Tuteja, F., Mostafavi, E. Zoonotic implications of camel diseases in Iran. *Veterinary Medicine and Science* 6, (2020): 359-381.
- 15 Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan (Kaz.Stat.). Statistics of agriculture, forestry, hunting and fisheries. <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/7>. (accessed: 02.22.2022).
- 16 Venkatesan, G., Bhanuprakash, V., Balamurugan, V., Prabhu M, Pandey, A.B. TaqMan hydrolysis probe based real time PCR for detection and quantitation of camelpox virus in skin scabs. *Journal of Virological Methods* 181, no 2 (2012): 192–196.
- 17 Meyer, H., Martin, P., Hanns-Joachim, R. Sequence alterations within and downstream of the A-type inclusion protein gene allow differentiation of orthopoxvirus species by polymerase chain reaction. *Journal of Virology* 75, (1994): 1975-1981.
- 18 Khalafalla, A.I., Al Hosani, M. A., Ishag, H., Al Muhairi, S. S. More cell culture passaged Camelpox virus sequences found resembling those of vaccinia virus. *Open veterinary journal* 10, no 2 (2020): 144–156.
- 19 Yousif, A.A., Al-Ali, A.M. A case of mistaken identity? Vaccinia virus in a live camelpox vaccine. *Biologicals* 40, (2012): 495–498.

М.С. Муталханов , А.А. Альнурова , К.Р. Сисемали* ,
А.И. Акильбекова , М.К. Таусарова , Ж.М. Басыгараев ,
К.К. Богуспаев 

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
e-mail: kuanishsissemali@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА И КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ТАУ-САГЫЗА (*SCORZONERA TAU-SAGHYZ* LIPSCH ET BOSSE) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ МЕСТ ОБИТАНИЯ В ГОРАХ КАРАТАУ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЯЗИ С НАКОПЛЕНИЕМ КАУЧУКА В КОРНЯХ

Натуральный каучук – это растительный биополимер, который используется во многих отраслях промышленности, например, в медицине, машиностроении и т.д. Тау-сагыз (лат. *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) – полукустарник, произрастающий на территории Южного Казахстана, способный производить и накапливать натуральный каучук в корнях. Экономическая ценность тау-сагыз определяется количеством и качеством синтезируемого натурального каучука. Соответственно, для введения тау-сагыз в культуру и создания экономически жизнеспособной культуры каучуконоса, определение факторов, связанных с повышенным содержанием каучука является первостепенной задачей. По утверждению М.В. Культиасова «Чем больше развита листовая масса, тем большая корневая масса должна ей соответствовать, т.е. листовая масса является косвенным критерием урожая корневой массы. Отсюда следует вывод: лист может служить критерием оценки накопления каучука в корневой массе». Поскольку основная функция листьев – фотосинтез, то в связи с этим в наших экспериментах количество фотосинтетических пигментов в листьях было выбрано в качестве фактора, возможно, коррелирующего с уровнем накопления каучука в корнях. Таким образом нами было выбрано 3 группы растений из различных мест обитания (северный склон, восточный склон, южный склон хребта Терис-аккан). Из отобранных образцов листьев ацетоном экстрагировали фотосинтетические пигменты, а из корней этих же образцов с использованием гексана экстрагировали каучук. Полученные данные количественного анализа проверяли с использованием следующих статистических методов: t-критерия Стьюдента и коэффициента корреляции Пирсона. Результаты показали наличие статистически значимой разницы между группами в количестве фотосинтетических пигментов, а также показали отсутствие разницы между группами в количестве каучука. Корреляционный анализ показал очень слабую связь между количеством пигментов в листьях и процентным содержанием каучука в корнях во всех трех группах. Таким образом, показано, что количество фотосинтетических пигментов не влияет на процессы накопления каучука в корнях.

Ключевые слова: Тау-сагыз, листья, корень, пигменты, каучук, корреляция

M.S. Mutalkhanov, A.A. Alnurova, K.R. Sissemali*, A.I. Akilbekova,
M.K. Tausarova, Zh.M. Basygaraev, K.K. Boguspaev
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
e-mail: kuanishsissemali@gmail.com

Study of the content of chlorophyll and carotenoids in the leaves of tau-saghyz (*Scorzonera Tau-Saghyz* Lipsch Et Bosse) from various ecological and geographical habitats in the karatau mountains to determine the relationship with the accumulation of rubber in the roots

Natural rubber is a plant-based biopolymer that is used in many industries, such as medicine, engineering, etc. Tau-saghyz (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) is a semi-shrub growing in the territory of Southern Kazakhstan, capable of producing and accumulating natural rubber in the roots. The economic value of tau-saghyz is determined by the quantity and quality of the synthesized natural rubber. Accordingly, in order to introduce tau-saghyz into the crop and create an economically viable rubber crop, determining the factors associated with increased rubber content is of paramount importance. Ac-

cording to M.V. Kultiasov "The more developed the leaf mass, the greater the root mass must correspond to it, i.e. leaf mass is an indirect measure of root mass yield. Hence the conclusion follows: the leaf can serve as a criterion for assessing the accumulation of rubber in the root mass. Since the main function of leaves is photosynthesis, in connection with this, in our experiments, the amount of photosynthetic pigments in the leaves was chosen as a factor, possibly correlating, determining the level of rubber accumulation in the roots. Thus, we selected 3 groups of plants from different habitats (northern slope, eastern slope, southern slope of the Teris-akkan ridge). Photosynthetic pigments were extracted from selected leaf samples with acetone, and rubber was extracted from the roots of the same samples using hexane. The obtained quantification data were verified using the following statistical methods: Student's t-test and Pearson's correlation coefficient. The results showed a statistically significant difference between groups in the amount of photosynthetic pigments, and also showed no difference between groups in the amount of rubber. Correlation analysis showed a very weak relationship between the amount of pigments in the leaves and the percentage of rubber in the roots in all three groups. Thus, it was shown that the amount of photosynthetic pigments does not affect the processes of rubber accumulation in roots.

Key words: Tau-saghyz, leaves root, pigments, rubber, correlation

М.С. Муталханов, А.А. Альнурова, К.Р. Сисемали*, А.И. Акильбекова,
М.К. Таусарова, Ж.М. Басыгараев, К.К. Богуспаев

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
e-mail: kuanishsissemali@gmail.com

**Қаратау тауларындағы әртүрлі экологиялық-географиялық
мекендеу орындарынан тау-сағыз (*Scorzonera Tau-Saghyz* Lipsch Et Bosse)
жапырағының құрамындағы хлорофилл мен каротиноидтардың құрамын зерттеу,
тамырларда каучуктың жиналуымен байланысын анықтау**

Табиғи каучук – өсімдік тектес биополимер, ол медицинада, машина жасауда және т.б. Тау-сағыз (лат. *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) – Оңтүстік Қазақстан аумағында өсетін, тамырында табиғи каучук шығаруға және жинақтауға қабілетті жартылай бұта. Тау-сағыздың экономикалық құндылығы синтезделген табиғи каучуктың саны мен сапасымен анықталады. Тиісінше, егінге тау-сағызды ендіру және экономикалық тиімді резеңке дақылын жасау үшін резеңке құрамының жоғарылауына байланысты факторларды анықтау маңызды болып табылады. М.В. Култиасов «Жапырақ массасы неғұрлым дамыған болса, соғұрлым тамыр массасы оған сәйкес келуі керек, яғни. жапырақ массасы – тамыр массасының шығымдылығының жанама өлшемі. Осыдан мынадай қорытынды шығады: жапырақ тамыр массасындағы резеңкенің жиналуын бағалау критерийі бола алады. Жапырақтардың негізгі қызметі фотосинтез болғандықтан, осыған байланысты біздің тәжірибелерімізде жапырақтардағы фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері, мүмкін корреляциялық, тамырдағы каучуктың жиналу деңгейін анықтайтын фактор ретінде таңдалды. Осылайша, әртүрлі мекендеу орындарынан (солтүстік беткейі, шығыс беткейі, Теріс-аққан жотасының оңтүстік беткейі) өсімдіктердің 3 тобын таңдадық. Таңдалған жапырақ үлгілерінен фотосинтетикалық пигменттер ацетонмен, ал гексан көмегімен сол үлгілердің тамырынан каучук алынды. Алынған сандық деректер келесі статистикалық әдістер арқылы тексерілді: Студенттің t-тесті және Пирсон корреляция коэффициенті. Нәтижелер фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері бойынша топтар арасында статистикалық маңызды айырмашылықты көрсетті, сонымен қатар резеңке мөлшері бойынша топтар арасында ешқандай айырмашылық жоқ. Корреляциялық талдау барлық үш топтағы жапырақтардағы пигменттердің мөлшері мен тамырлардағы каучуктың пайызы арасындағы өте әлсіз байланысты көрсетті. Осылайша, фотосинтетикалық пигменттердің мөлшері тамырларда каучуктың жиналу процестеріне әсер етпейтіні көрсетілді.

Түйін сөздер: Тау-сағыз, жапырақ тамыры, пигменттер, каучук, корреляция

Сокращения и обозначения

НК-Натуральный каучук.

Введение

Натуральный каучук (НК) – это растительный биополимер, обладающий свойствами, которые на данный момент невозможно заменить синте-

тическим каучуком [1]. НК используется при производстве более чем 40 000 продуктов включая медицинские перчатки, автомобильные шины и т.д. [2]. Постоянно растущее мировое потребление НК ведет к повышению цены на него [3]. Следует отметить, что из почти 2500 видов растений способных к синтезу НК, лишь несколько видов способны производить значительную массу высокомолекулярного каучука [4].

На данный момент основным источником НК является гевея, (*Hevea brasiliensis*), древесная культура, родиной которого является тропический регион Южной Америки. В настоящее время основные плантации гевеи расположены в Юго-Восточной Азии. Однако поскольку гевея является основным и практически единственным производителем каучука, ее плантации очень ценны и в то же время очень уязвимы к патогенам [5,6]. Также климатические требования гевеи сильно ограничивают возможности ее выращивания за пределами тропических регионов [7]. Другой проблемой являются белки аллергены, содержащиеся в латексе гевеи и вызывающие IgE-опосредованную аллергию [8]. Число аллергических реакций увеличилось в последние годы в среднем до 1-6% среди населения и до 21.8% среди медицинских работников [9-11]. По этим причинам все больше исследований посвящается поиску альтернативных источников НК. В настоящее время доступно лишь несколько альтернативных источников НК. Наиболее важными и перспективными являются гваюла (*Parthenium argentatum*), русский одуванчик (*Taraxacum kok-saghyz*) и *Scorzonera tau-saghyz* (Lipsch. et Bosse) [12].

Scorzonera tau-saghyz (Lipsch. et Bosse) это эндемик, включенный в Красную книгу Республики Казахстан, как растение с сокращающимися запасами [13]. Тау-сагыз представляет собой многолетний полукустарник, размножающийся в горах Каратау в основном вегетативным способом и в незначительных масштабах – семенами, представитель семейства сложноцветных [14]. Тау-сагыз обитает на каменисто-щебечных склонах и горных плато на высоте 500-2000 м над уровнем моря [15]. Ареал обитания включает горы Каратау, Машат и Даубаба [16]. *S. tau-saghyz* показал себя как перспективный источник НК, храня его в основном внутри подземного стебля и корня. Содержание НК может достигать 40% от сухой массы корня [16]. НК можно наблюдать в изломе корня или каудекса. Каучук появляется на поверхности древесины в виде тонких, эластичных волокон (Рисунок 1).

НК это цис-1,4-полиизопреновый полимер, состоящий из изопентенильных мономеров, полученных из изопентенилпирофосфата [17]. Существует два основных пути биосинтеза НК: мевалонатный (MVA) и метилэритритолфосфатный (MEP). По MVA пути изопентенилпирофосфат образуется из ацетил-КоА за счет активности гидроксил-метил-глутарил-КоА-редуктазы [18]. В пути метилэритритолфосфата (MEP) изо-

пентенилпирофосфат образуется в результате реакции между пируватом и D-глицеральдегид-3-фосфатом, что приводит к образованию 1-дезоксид-Д-ксилоулозо-5-фосфата, который затем конвертируется в изопентенилпирофосфат под действием 4-гидрокси-3-метилбут-2-ен-1-илдифосфатредуктазы [19]. Известно, что изопентенилпирофосфат используемый в биосинтезе каучука приходит из MVA [20]. Однако новые данные показывают, что MEP также могут участвовать в биосинтезе натурального каучука. Предшественники изопреноидов, происходящие из MEP, могут быть экспортированы в цитозоль с помощью системы импорта пластидных протонов и участвовать в биосинтезе каучука [19-22]. Этот вопрос был исследован в опытах с использованием углекислого газа, меченного изотопом углерода ^{13}C . В результате работы был сделан вывод, что латексный углерод, который вовлечен в биосинтез каучука, не является производным непосредственно фотосинтеза, а происходит из смешанного пула углеводов в растении [23].



Рисунок 1 – Волокна натурального каучука на изломе корней *Scorzonera tau-saghyz*

Перед нами была поставлена задача найти простой и достоверный способ отбора в природе продуктивных линий тау-сагыз с высоким содержанием каучука в корнях. За основу был взят эколого-географический метод дифференциации исходного материала диких форм природы. По внешнему виду (*habitus*) заросли тау-сагыз выделяются преобладанием различных по своему внешнему виду растений. Приземистые, небольшие подушки тау-сагыз с узкими листьями характерны для восточных склонов

(плоскогорий). Подушки, возвышающиеся над землей, характерны для южных склонов. Для северных – характерны раскидистые подушки, рыхлые, крупные. Таким образом, по внешнему виду (*habitus*) различаются формы: 1) прямостоячие, 2) раскидистые, 3) прижатые. Далее при исследовании ареала *Scorzonera tau-saghyz* была установлена дифференциация форм листьев по преобладанию их на склонах различной экспозиции. На южных склонах хребта преобладает лист широколанцетный и ланцетный, на северных склонах – линейный лист, а на восточных склонах (плоскогорья) узко-шиловидный или узколинейный. По предположению М.В. Культиасова, от количества и формы листьев напрямую зависит накопление каучука в корнях. Эта гипотеза была проверена и установлено, что чем больше листовых следов, тем больше млечников, тем больше каучука в корнях. Эта гипотеза должна была быть проверена в культуре на плантациях тау-сагыза, однако таких данных мы не нашли. Возможно, их просто нет. В связи с этим в наших экспериментах была проверена наша гипотеза о корреляции между накоплением каучука в корнях и интенсивностью фотосинтеза. Природные заросли тау-сагыза являются генофондом мирового уровня и представляют собой бесценный исходный материал для селекционных работ благодаря многообразию его форм. В случае отбора форм только по содержанию каучука в корнях не дают достоверных результатов, поскольку необходимо обирать растения примерно одного возраста, с увеличением размера корня увеличение содержания каучука не является обязательным.

В связи с вышеизложенным в наших экспериментах было выделено три основных ареала произрастания тау-сагыза (северные склоны, южные, восточные), был установлен определенный период развития растений (цветение, конец Мая), количество образцов в каждом опыте (100). Определена стандартная методика определения пигментов и экстракция каучука.

Материалы и методы

Растительный материал

Образцы листьев и корней дикорастущих форм тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz*) были собраны в горах Каратау на территории Каратауского Государственного Природного Заповедника (ГПЗ), Туркестанский район в период цветения и плодоношения растений (конец мая – июнь), хребет Курмантас, ущелье Терис-аккан.

Растительные образцы отбирали по эколого-географическому принципу: растения произрастающие южном, северном и восточном склоне хребта. Собранные образцы были зафиксированы в жидком азоте и доставлены в лабораторию КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы). После доставки образцы хранили в кельвинаторе при температуре -70°C .

Метод экстракции пигментов

Содержание пигментов исследовали с использованием опубликованного метода [24]. Один грамм листьев растирали с добавлением 5 мл 90% ацетона. Полученный экстракт пигментов центрифугировали при 5000 об/мин в течение 5 минут. Оптическую плотность супернатанта измеряли при длине волны 644, 662 и 441 нм. Данные по светопоглощению образцов были использованы для дальнейшего расчета содержания пигментов. Содержание пигментов было рассчитано с помощью формулы фон Веттштейна-Хольма (1957) [25].

$$C_{\text{ХлА}} (\text{мг/л}) = 9.784(A_{662}) - 0.990(A_{644})$$

$$C_{\text{ХлВ}} (\text{мг/л}) = 21.426(A_{662}) - 4.650(A_{644})$$

$$C_{\text{ХлА+В}} (\text{мг/л}) = 5.134(A_{662}) - 20.436(A_{644})$$

$$C_{\text{Карот}} (\text{мг/л}) = 4.695(A_{441}) - 0.268(C_{\text{ХлА+В}})$$

где A_{662} – поглощение света на длине волны 662 нм

A_{644} – поглощение света на длине волны 644 нм

A_{441} – поглощение света на длине волны 441 нм

Перерасчет содержания пигментов на грамм листа был выполнен по формуле [25]:

$$c = \frac{c_1 V}{m}$$

где c – содержание пигментов в листьях (мг/г)

c_1 – концентрация пигментов в аликвоте (мг/л)

V – объем экстракта (мл)

m – масса образцов листьев (мг)

Экстракция каучука гексаном

4 г. предварительно измельченных корней поместили в колбу с 50 мл. гексана. Экстракция проводилась в течение 2 дней при постоянном перемешивании (40 об/мин.) при комнатной температуре. Излишки гексана удаляли с использованием роторного испарителя с водяной баней при 30°C в течении 20–30 мин. После этого образцы сушили в вакуумной сушилке при 24°C в течение 22–24 ч.

Статистический анализ

Разницу в содержании пигментов и каучука между группами исследовали с помощью двустороннего т-теста. Корреляционный анализ между содержанием пигментов и содержанием каучука выполнен с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Расчеты проводили с использованием надстройки для Microsoft Excel: XLStat (Addinsoft).

Результаты и Обсуждение

Различия между группами в содержании пигментов и каучука

В образцах с восточного склона было зафиксированы наивысшее значение медианного содержания хлорофилла, *a*, *b*, *a+b* и каротиноидов, равные 0,064, 0,034, 0,098 и 0,026 мг/г. соответственно. В образцах с южного склона медианное содержание пигментов была равна 0,059, 0,030, 0,090 и 0,024 мг/г. соответственно. В образцах с северного склона было зафиксировано самое низкое медианное содержание пигментов, рав-

ная 0,051, 0,027, 0,078, 0,021 мг/г. соответственно (Рисунок 2).

Статистический анализ с использованием т-теста показал статистически значимую ($P < 0,05$) разницу в содержании хлорофилла-*a* между склонами Восток-Север и Юг-Север. Содержание хлорофилла-*b* значительно различаются между группой Восток и Север. Общее содержание хлорофилла различалось между склонами Восток-Север и Юг-Север. Содержание каротиноидов различалось между склонами Восток-Север и Юг-Север. Вероятной причиной различий между группами может быть разница в суточной световой экспозиции растений, появившаяся в результате особенностей ландшафта. Группа Север показавшая наименьшее среднее содержание пигментов находилась в долине, окруженная горами, в результате чего суточная световая экспозиция была существенно снижена, по сравнению с другими группами. С другой стороны, группа Юг показавшая наивысшее среднее содержание пигментов находилась на открытом склоне.

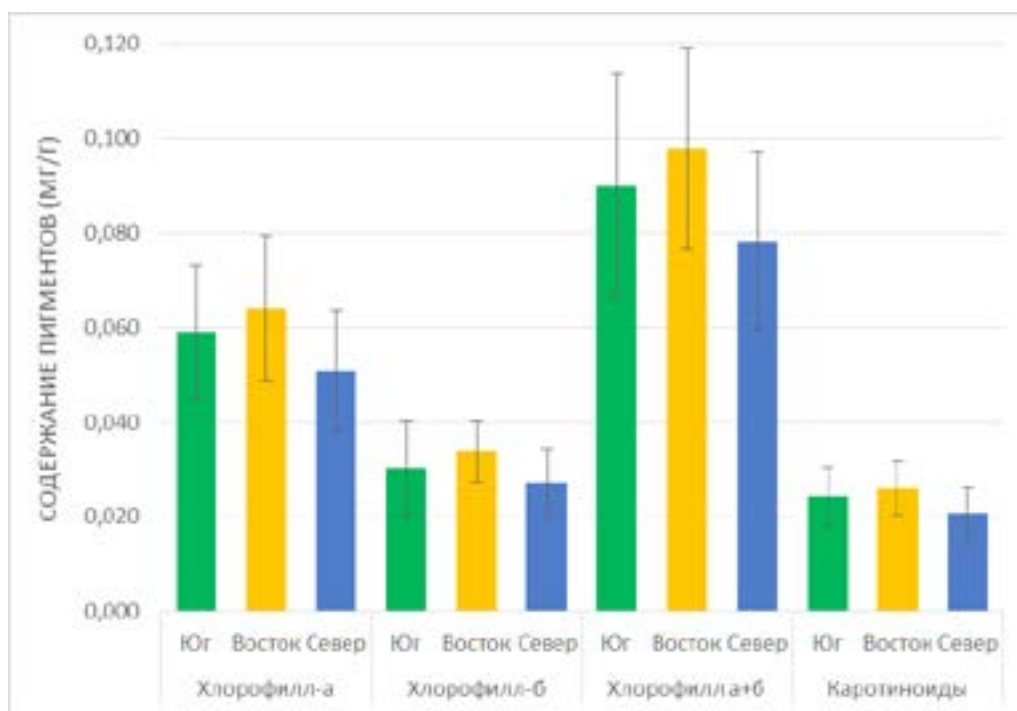


Рисунок 2 – Медианное содержание пигментов в листьях *S. tau-saghyz*

Медианные значения процентной доли каучука от сухой массы корня различалось слабо и составляло 22,625 для Востока, 21,96 для Севера и 22,60 для Юга (Рисунок 3).

Статистический анализ с использованием т-теста не показал статистически значимой разницы ($P < 0,05$) в содержании каучука между группами. В отличие от содержания пигментов,

которые значительно различились среди групп. Основными факторами, воздействующими на количество каучука, являются количество осадков, солнечный свет, относительная влажность, температура, состав почв [25].

Корреляционный анализ процентного содержания каучука и содержания пигментов.

Данные корреляционного анализа между содержанием каучука в корнях и содержанием пигментов в листьях *S. tau-saghyz* представлены в Таблице 1.

Вероятной причиной отсутствия разницы между группами может быть сходство в экзогенных абиотических факторах, за исключением количества поступающего солнечного света остальные факторы среды были одинаковы.

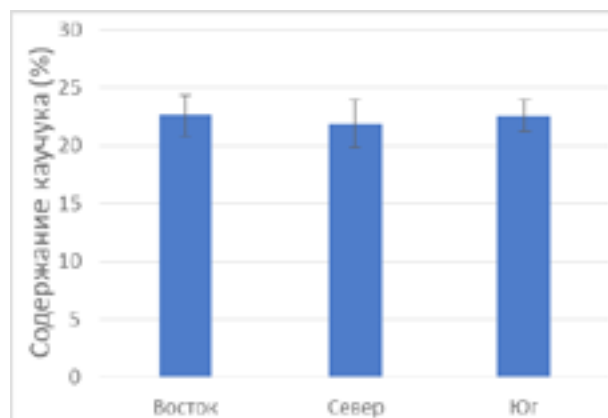


Рисунок 3 – Медианный процент доли каучука от сухой массы корня в *S. tau-saghyz*

Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа между содержанием пигментов в листьях и содержанием каучука в корнях в образцах с различных склонов хребта Каратау

Переменные	Каучук		
	Север	Восток	Юг
Хлорофилл <i>a</i>	0.169	-0.090	-0.263
Хлорофилл <i>b</i>	0.094	-0.088	-0.286
Хлорофилл <i>a+b</i>	0.150	-0.088	-0.293
Каротиноиды	0.225	-0.098	-0.099

Данные Таблицы 1 показывают, что фотосинтетические пигменты имеют очень слабую связь с накоплением каучука в корнях. Интересно, что в группах с востока и юга имеющими наивысшее медианное содержание пигментов была обнаружена негативная корреляция, но в группе с севера с наименьшим медианным содержанием пигментов была обнаружена позитивная корреляция. Однако поскольку корреляция является очень слабой мы предполагаем отсутствие связи между количеством пигментов в листьях и накоплением каучука в корнях *S. tau-saghyz*.

Одной из причин отсутствия корреляции может быть конкуренция за изопентенилпирофосфат между цис-полиизопреновой ветвью и другими ветвями синтеза терпеноидов [21]. Принимая во внимание тот факт, что каучук является вторичным метаболитом, предполагается, что первостепенное значение для растений будет иметь синтез других веществ [26]. Более того, поскольку образцы листьев и корней отби-

рали в фазе цветения тау-сагыза, затратный процесс биосинтеза каучука подавлялся. Однако, Н.В.Культиасов указывает несколько фаз развития тау-сагыза, одна из которых – фаза покоя, во время которой накопление биомассы в растениях резко снижается [27]. Предполагается, что на этом этапе накопление каучука будет увеличиваться из-за отсутствия конкуренции за органические соединения.

Заключение

Натуральный каучук- это органический полимер, который широко используется в резиновой промышленности. *S. tau-saghyz* – полукустарник- растение которое можно использовать для посева в промышленных масштабах и сбора натурального каучука что в перспективе обеспечит постоянные поставки стратегического полимера, что благотворно повлияет на экономику Казахстана. В наших исследованиях для отбора перспективных линий каучуконоса, исследова-

ны процессы накопления пигментов и их связь с биосинтезом каучука.

Результаты статистического анализа показали значимую разницу в количестве пигментов между группами, произрастающими на разных склонах хребта Каратау, в то же время разницы между группами в накоплении каучука не было обнаружено. Первоначально предполагалось, что за счет возможности перехода, изопреноидов прекурсоров из метилэритритолфосфатного пути биосинтеза, проходящего в пластидах, в мевалонатный путь биосинтеза, проходящего в цитозоле, а также увеличения количества запасаемых углеводов, количество фотосинтетических пигментов может иметь положительное влияние на накопление каучука. Однако изучаемые фотосинтетические пигменты показали очень слабую связь с накоплением натурального каучука. Полученные данные показывают,

что количество пигментов в листьях не может использоваться как способ отбора линий с высоким содержанием каучука в корнях. Для создания коммерчески жизнеспособной культуры каучуконоса, требуются исследования других факторов.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомились с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта № AP08053131.

Литература

1. Puskas J., Chiang K., Barkakaty B. Natural rubber (NR) biosynthesis: Perspectives from polymer chemistry // Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber. – 2014. – P. 30-67.
- 2 van Beilen J.B., Poirier Y. Establishment of new crops for the production of Natural Rubber // Trends Biotechnol. – 2007. – Vol. 25. – P. 522-529.
- 3 van Beilen J.B., Poirier Y. Guayule and Russian dangelion as alternative sources of a Natural Rubber // Crit.Rev.Biotechnol. – 2007. – Vol. 27, – P. 217-231.
- 4 van Beilen J.B., Poirier Y. Production of renewable polymers from crop plant // Plant J. – 2008. – Vol. 54, – P. 684–701.
- 5 Buranov A. U., Elmuradov B. J. Extraction and Characterization of Latex and Natural Rubber from Rubber-Bearing Plants // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58, – P. 734–743.
- 6 Ekchaweng K., Evangelisti E., Schornack S., Tian M., Churngchow N. The plant defense and pathogen counterdefense mediated by *Hevea brasiliensis* serine protease HbSPA and *Phytophthora palmivora* extracellular protease inhibitor PpEPI10 // PLoS one. – 2017. – Vol. 12, No 5.
- 7 Mooibroek H., Cornish K. Alternative sources of Natural Rubber // Applied microbiology and biotechnology. -2000. – Vol. 53. – P. 355-365.
- 8 Wu M., McIntosh J., Liu J. Current prevalence rate of latex allergy: Why it remains a problem? // Journal of occupational health. – 2016. – Vol. 58, No 2. – P. 138-144.
- 9 Filon F. L., Radman G. Latex allergy: a follow up study of 1040 healthcare workers // Occupational and environmental medicine. – 2006. – Vol. 63, No 2. – P. 121–125. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.011460>
- 10 Kumar R. P. Latex allergy in clinical practice // Indian journal of dermatology. – 2012. – Vol. 57, No. 1. – P. 66–70. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.92686>
- 11 Binkley H.M., Schroyer T., Catalfano J. Latex allergies: a review of recognition, evaluation, management, prevention, education, and alternative product use // Journal of Athletic Training. – 2003. – Vol. 38. – No. 2. – P. 133-140.
- 12 Cornish K. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species // Phytochem, – 2011. – №57. – P. 1123-1134.
- 13 Турашева С., Богуспаев К., Фалеев Д., Альнурова А., Капытина А. Восстановление численности дикорастущего каучуконосного эндемика *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse. // Вестник КазНУ серия экологическая. – 2016. – Vol. 47. №2. – P. 141-150.
- 14 Boguspaev K., Turasheva S., Besbaeva B. Kobeykisi A. Microclonal propagation of the rare species of the rubber plant *Tau-Saghyz* (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) // Journal of Biotechnology. – 2014. – Vol. 185.
- 15 Культиясов М. В. Тау-сагыз и экологические основы введения его в культуру // Издательство академии наук СССР. Москва. – 1938.
- 16 Богуспаев К., Адильбаев Ж., Фалеев Д., Жанатаев Ш., Турашева С., Самбетов К. Перспективы разработки технологий восстановления популяции растений тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) в Каратауском государственном природном заповеднике // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2013. No. 2/2; – P. 38.

- 17 Cornish K., Xie W. Chapter Four – Natural Rubber Biosynthesis in Plants: Rubber Transferase // *Methods in Enzymology*. – 2012. – Vol. 515. – P. 63-82.
- 18 Xiao M., Fan W., Guo-Qiang C., Hai-Bo Z., Mo X., . Biosynthesis of Natural Rubber: Current State and Perspectives // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – P. 50.
- 19 Cao X.W., Yan J., Lei J.L., Li J., Zhu J.B., Zhang H.Y. De novo Transcriptome Sequencing of MeJA-Induced *Taraxacum koksaghyz* Rodin to Identify Genes Related to Rubber Formation // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7, – P. 10.
- 20 Sando T., Takeno S., Watanabe N., Okumoto H., Kuzuyama T., Yamashita A., Hattori M., Ogasawara N., Fukusaki E., Kobayashi A. Cloning and Characterization of the 2-C-Methyl-D-erythritol 4-Phosphate (MEP) Pathway Genes of a Natural-Rubber Producing Plant, *Hevea brasiliensis* // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 2008. – Vol. 72 No. 11. – P. 2903-2917.
- 21 Chow K. Mat I., Mohd N., Bahari A., Ghazali K., Alias, H., Mohd-Zainuddin Z., Hoh C., Wan K. Metabolic routes affecting rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis* latex // *Journal of experimental botany*. – 2011. – Vol. 63. – P. 1863-71.
- 22 Cherian S., Ryu S. B., Cornish K. Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects // *Plant biotechnology journal*. – 2019. – Vol. 17, No. 11. – P. 2041–2061.
- 23 Thaler P., Duangngam O., Kasemsap P., Sathornkich J., Chayawat C., Satakhum D., Priault P., Desalme D., Chantuma P., Ghashghaie J., Epron D., . The source of latex. Tracing carbon from leaf photosynthesis to latex metabolism in rubber trees using carbon stable isotopes // *CRRI and IRRDB International Rubber Conference*. Cambodia. – 2016. – P. 260-268.
- 24 Banu, Narasimhan. Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants // *International Journal of Science and Research (IJSR)*. – 2015. – Vol. 4. – P. 209-212.
- 25 Mitic V., Jovanovic V., Dimitrijevic M., Cvetkovic J., Stojanovic G. Effect of Food Preparation Technique on Antioxidant Activity and Plant Pigment Content in Some Vegetables Species // *Journal of Food and Nutrition Research*. – 2013. – Vol. 1. No. 6. – P. 121-127.
- 26 Zhu J., Zhang Z. Ethylene stimulation of latex production in *Hevea brasiliensis* // *Plant Signal Behav.* – 2009. – Vol 4 (11). – P. 1072-1074.
- 27 Культиясов, М. В. Тау-Сагыз и введение его в культуру // Москва: Издательство Академии наук СССР. – 1938. – С. 45-51.

References

1. Puskas, J., Chiang, K., Barkakaty, B. “Natural rubber (NR) biosynthesis: Perspectives from polymer chemistry.” *Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber*. (2014): 30-67.
- 2 van Beilen, J.B., Poirier, Y. “Establishment of new crops for the production of Natural Rubber.” *Trends Biotechnol.* Vol. 25, (2007): 522-529.
- 3 van Beilen, J.B., Poirier, Y. “Guayule and Russian dangelion as alternative sources of a Natural Rubber.” *Crit.Rev.Biotechnol.* Vol. 27, (2007): 217-231.
- 4 van Beilen, J.B., Poirier, Y. “Production of renewable polymers from crop plant.” *Plant J.* Vol. 54, (2008): 684–701.
- 5 Buranov, A. U., Elmuradov, B. J. “Extraction and Characterization of Latex and Natural Rubber from Rubber-Bearing Plants.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol. 58, (2010): 734–743.
- 6 Ekchaweng, K., Evangelisti, E., Schornack, S., Tian, M., Churngchow, N. “The plant defense and pathogen counterdefense mediated by *Hevea brasiliensis* serine protease HbSPA and *Phytophthora palmivora* extracellular protease inhibitor PpEPI10.” *PLoS one* Vol. 12, No 5. (2017).
- 7 Mooibroek, H., Cornish, K. “Alternative sources of Natural Rubber.” *Applied microbiology and biotechnology* Vol. 53, (2000): 355-365.
- 8 Wu, M., McIntosh, J., Liu, J. “Current prevalence rate of latex allergy: Why it remains a problem?” *Journal of occupational health* Vol. 58, No 2. (2016): 138-144.
- 9 Filon, F. L., Radman, G. “Latex allergy: a follow up study of 1040 healthcare workers.” *Occupational and environmental medicine* Vol. 63, No 2. (2006): 121–125.
- 10 Kumar, R. P. “Latex allergy in clinical practice.” *Indian journal of dermatology* Vol. 57, No. 1. (2012): 66–70.
- 11 Binkley, H.M., Schroyer, T., Catalano, J. “Latex allergies: a review of recognition, evaluation, management, prevention, education, and alternative product use.” *Journal of Athletic Training* Vol. 38. No. 2. (2003): 133-140.
- 12 Cornish, K. “Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species.” *Phytochem* No 57. (2011): 1123-1134.
- 13 Turasheva, S., Boguspaev, K., Faleev, D., Al'nurova, A., Kapytina, A. “Vosstanovlenie chislennosti dikorastushhego kauchukonosnogo jendemika *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse.” *Vestnik KazNU seriya jeologicheskaja* Vol. 47, №2. (2016): 141-150.
- 14 Boguspaev, K., Turasheva, S., Besbaeva, B. Kobeykisi, A. “Microclonal propagation of the rare species of the rubber plant *Tau-Saghyz* (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse).” *Journal of Biotechnology*. – Vol. 185. (2014)
- 15 Kul'tijasov, M. V. “Tau-sagyz i jeologicheskie osnovy vvedeniya ego v kul'turu” *Izdatel'stvo akademii nauk SSSR. Moskva*. (1938).
- 16 Boguspaev, K., Adil'baev, Zh., Faleev, D., Zhanataev, Sh., Turasheva, S., Sambetov, K. “Perspektivy` razrabotki tekhnologij vosstanovleniya populyaczii rastenij tau-sagyz`za (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) v Karatauskom gosudarstvennom prirodnom zapovednike.” *Vestnik KazNU. Seriya e`kologicheskaja* No. 2/2. (2013): 38.

- 17 Cornish, K., Xie, W. "Chapter Four – Natural Rubber Biosynthesis in Plants: Rubber Transferase." *Methods in Enzymology* Vol. 515.(2012): 63-82.
- 18 Xiao, M., Fan, W., Guo-Qiang, C., Hai-Bo, Z., Mo, X. "Biosynthesis of Natural Rubber: Current State and Perspectives." *International Journal of Molecular Sciences* Vol. 20. (2019): 50.
- 19 Cao, X.W., Yan, J., Lei, J.L., Li, J., Zhu, J.B., Zhang, H.Y. "De novo Transcriptome Sequencing of MeJA-Induced *Taraxacum koksaghyz* Rodin to Identify Genes Related to Rubber Formation." *Scientific Reports* Vol. 7. (2017): 10.
- 20 Sando, T., Takeno, S., Watanabe, N., Okumoto, H., Kuzuyama, T., Yamashita, A., Hattori, M., Ogasawara, N., Fukusaki, E., Kobayashi, A. Cloning and Characterization of the 2-C-Methyl-D-erythritol 4-Phosphate (MEP) Pathway Genes of a Natural-Rubber Producing Plant, *Hevea brasiliensis* // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 2008. – Vol. 72 No. 11. – P. 2903-2917.
- 21 Chow, K. Mat, I., Mohd, N., Bahari, A., Ghazali, K., Alias, H., Mohd-Zainuddin, Z., Hoh, C., Wan, K. "Metabolic routes affecting rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis* latex." *Journal of experimental botany* Vol. 63. (2011): 1863-1871.
- 22 Cherian, S., Ryu, S. B., Cornish, K. "Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects." *Plant biotechnology journal*. (2019). – Vol. 17, No. 11. – P. 2041–2061.
- 23 Thaler, P., Duangngam, O., Kasemsap, P., Sathornkich, J., Chayawat, C., Satakhum, D., Priault, P., Desalme, D., Chantuma, P., Ghashghaie, J., Epron, D. "The source of latex. Tracing carbon from leaf photosynthesis to latex metabolism in rubber trees using carbon stable isotopes." *CRRRI and IRRDB International Rubber Conference Cambodia*. (2016): 260-268.
- 24 Banu, N. "Extraction and estimation of chlorophyll from medicinal plants." *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Vol. 4. (2015): 209-212.
- 25 Mitic, V., Jovanovic, V., Dimitrijevic, M., Cvetkovic, J., Stojanovic, G. "Effect of Food Preparation Technique on Antioxidant Activity and Plant Pigment Content in Some Vegetables Species." *Journal of Food and Nutrition Research*. Vol. 1. No. 6 (2013): 121-127.
- 26 Zhu, J., Zhang, Z. "Ethylene stimulation of latex production in *Hevea brasiliensis*." *Plant Signal Behav.* Vol 4 (11). (2009): 1072-1074.
- 27 Kul'tjasov, M.V. *Tau-Sagyz i vvedenie ego v kul'turu* [Tau-Sagyz and its introduction into culture]. *Moskva: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR*. 1938: 45-51.

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>E. Kholmatov, A.Kh. Karimov, R. Kurbantaev, Kh.Kh. Kushiev</i> Assessment of evapotranspiration of licorice under saline environments: case study from Galaba farm, Uzbekistan.....		4
<i>Болупаева Л.С., Абжалелов А.Б., Битманов Е.Ж., Бакин С.А.</i> Өскемен аумағында өсірілген көкөніс дақылдарын экологиялық бағалау		11
<i>Н.Е. Рамазанова, С.Т. Токсанбаева, Ж.О. Озгелдинова, Т.Т. Турсынова, К.М. Асылбеков</i> Определение интенсивности эрозийных процессов по методике SMITH бассейна реки Оленты Западно-Казахстанской области		21
<i>Ф.К. Сарсекеева, К. Болатхан, Е.С. Сапархан, С.К. Сандыбаева, А.Т. Амантаева, Б.К. Заядан</i> Возможности использования термальных и минеральных источников республики Казахстан как среды для культивирования микроводорослей – продуцентов биодизеля		34
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>B.S. Ussebayev, Ye.D. Burashev, N.S. Kozhabergenov, A.M. Melisbek, M.Zh. Shirinbekov, Ye.O. Abduraimov, K.D. Zakarya</i> Dynamics of the spread of SARS-COV-2 variants and clades		46
<i>Д.А. Тастан, А. Дүйсен, Л.Р.Сутуева, А. Тленишева, Т. Конысбаев, Т.М. Шалахметова</i> Гистопатология органов белого амура (<i>Ctenopharyngodon idella</i>) из реки Иле и Капшагайского водохранилища		57
3-бөлім Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
<i>С.В. Кушнarenко, Н.В. Ромаданова, Т.Т. Турдиев, М.М. Аралбаева, Қ.Р. Калыбаев</i> Сохранение в криобанке образцов грецкого ореха из нескольких популяций сайрам-угамского государственного национального природного парка		72
<i>B.B. Osmonali, A.B. Kusmangazinov, M.S. Kurmanbayeva</i> Economically valuable species growing in northern Kyzylkum and their significance for practical use		81
<i>А.В. Жигайлов, А.С. Машжан, А.О. Бисенбай, Е.О. Остапчук, Ю.В. Перфильева, Э.Р. Мальцева, Д.А. Найзабаева, Ж.А. Бердыгулова, Ю.А. Скиба, С.М. Мамадалиев</i> Анализ рисков распространения оспы верблюдов в Казахстане		94
<i>М.С. Муталханов, А.А. Альнурова, К.Р. Сисемали, А.И. Акильбекова, М.К. Таусарова, Ж.М. Басыгараев, К.К. Богуспаев</i> Изучение содержания хлорофилла и каротиноидов в листьях тау-сагыза из различных мест обитания в Каратау гор для определения связи с накоплением каучука в корнях.		103