

ISSN 1563-034X
Индекс 75880; 25880

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№3 (56)

Алматы
«Қазақ университеті»
2018



KazNU Science • КазҰУ Ғылыми • Наука КазНУ

ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №3 (56)

ISSN 1563-034X
Индекс 75880; 25880



25.11.1999 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық көлісім министрлігінде тіркелген

Күнілік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шыгады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Ниязов Р.Е., б.ғ.к., профессор (Қазақстан)

E-mail: Raygul.Niyazova@kaznu.kz

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор, КР ҮФА корр.-мүшесі, ғылыми редактор (Қазақстан)

Колумбаева С.Ж., б.ғ.д., профессор, ғылыми редактордың орынбасары (Қазақстан)

Жұбанова 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)

Аскарова М.А., г.ғ.д., м.а. профессор м.а. (Қазақстан)

Торегожина Ж.Р., х.ғ.к., м.а. профессор м.а.

Баубекова А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)

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

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

Абильев С.К., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)

Маторин Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Рахман Е., PhD докторы, профессор (Қытай)

Tomo Tatsuya, PhD докторы, профессор

Аллахвердиев Сүлейман, PhD (Ресей)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Салмұрзаұлы Р., оқытушы (Қазақстан)

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



Ғылыми басылымдар болімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +77017242911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Редакторлары:

Гульмира Бекбердиева, Агила Хасанқызы

Компьютерде беттеген

Айғүл Алдашева

Жазылу мен таратуды үйлестіруші

Керімқұл Айдана

Телефон: +7(727)377-34-11

E-mail: Aidana.Kerimkul@kaznu.kz

ИБ № 12305

Басуға 08.10.2018 жылы кол қойылды.

Пішімі 60x84 1/8. Колемі 9,0 б.т. Офсетті қағаз.

Сандық басылыс. Тапсырыс №6167. Таралымы 500 дана.

Бағасы көлісімді.

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, 2018

1-бөлім

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

Раздел 1

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

Section 1

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

**¹Akmukhanova N.R., ²Kokocinski M., ³Bauyenova M.O.,
⁴Bolatkhan K., ⁵Sadvakassova A.K., ⁶Zayadan B.K.**

¹Candidate of Biological Sciences, assistant professor, lecturer of the department of biotechnology,
KazNU. Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²PhD, professor, lecturer of the department of hydrobiology, faculty of biology, Adam Mickiewicz
University in Poznan, Poznan, Poland, e-mail: kok@amu.edu.pl

³PhD student, assistant of the department of biotechnology, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁴PhD, postdoctoral student of the department of biotechnology, e-mail: kenge83@mail.ru,

⁵Candidate of Biological Sciences, associate professor, lecturer of the department of biotechnology,
e-mail: asem182010@gmail.com

⁶Doctor of Biological Sciences, professor, lecturer of the department of biotechnology of
al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

THE OPPORTUNITIES TO USE CONSORTIUM OF HIGHER AQUATIC PLANTS AND MICROALGAE IN THE TREATMENT OF POLLUTED AQUATIC ECOSYSTEMS

One of the priorities of modern environmental research is the development of theoretical and practical aspects of bioremediation of water bodies, based on the use of natural mechanisms of self-purification and self-healing of water bodies, the effect of which is associated with the activities of higher aquatic plants (HAP) and microorganisms belonging to different types of cyanobacteria and microalgae. The practical significance of these objects for bioremediation and post-treatment of water bodies is determined by the uniqueness of their metabolic abilities (photosynthesis, respiration, a variety of carbon sources, the ability to absorb atmospheric nitrogen, etc.), high cumulative and destructive ability against heavy metals and organic pollutants such as oil, petroleum products, phenols, etc. The aim of the research was to study the process of wastewater treatment from heavy metals by the consortium of HAP and microalgae in industrial wastewater. It is shown that the use of the consortium of HAP and microalgae in wastewater treatment is very effective compared to their use in purification processes in monoculture. It was found that the use of the consortium of HAP and microalgae improved water quality, and the effect of purification from pollutants on some indicators was more than 95-100 %.

Key words: higher aquatic plants, microalgae, consortium, bioremediation.

¹Акмұханова Н.Р., ²Миколай К., ³Бауенова М.Ә., ⁴Болатхан К., ⁵Садвакасова А.К., ⁶Заядан Б.К.

¹б.к., доцент к.а., әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, биотехнология кафедрасының оқытушысы,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²PhD, профессор, гидробиология кафедрасының оқытушысы, биология факультеті, Познаньдағы Адам Мицкевич
атындағы Университет, Познань к., Польша, e-mail: kok@amu.edu.pl

³PhD-докторант, биотехнология кафедрасының оқытушысы, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁴PhD доктор, биотехнология кафедрасының постдокторантты, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: kenge83@mail.ru

⁵б.ф.к., доцент, биотехнология кафедрасының оқытушысы, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: asem182010@gmail.com

⁶б.ф.д., профессор, биотехнология кафедрасының оқытушысы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: zbolatkhan@gmail.com

Су екокүйелерін тазалауда микробалдырлар мен су өсімдіктері негізіндегі консорциумды қолдану мүмкіншіліктері

Заманауи экологиялық зерттеулердің басым бағыттарының бірі микробалдырлар мен цианобактериялардың әр түрлеріне жататын микроорганизмдердің және жоғары сатылы су өсімдіктері (ЖССӘ) әрекетімен байланысты су қоймаларының өзіндік қалпына келуі және өздігі-

нен тазалану табиги механизмдерін пайдаланудың негізінде су қоймалары биоремедиациясының теориялық және тәжірибелік аспектілерін өңдеу. Биоремедиация және су қоймаларын тазалау үшін осы объектілердің практикалық маңыздылығы олардың метаболитикалық қабілеттілігінің (фотосинтез, тыныс алу, көміртегі көзінің әртүрлілігі, атмосфералық, азотты пайдалану қабілеттілігі және т.б.), ауыр металдарға қатысты және мұнай, мұнай өнімдері, фенол және т.б. органикалық, ластағыштарға қатысты жоғары кумулятивті және деструкциялық қабілеттерінің ерекшелігімен анықталады. Зерттеудің мақсаты, өндірістік ағынды сулар жағдайында ЖССӘ және микробалдырлардың консорциумы қомегімен ағынды суларды ауыр металдардан тазалау үрдісін зерттеу болып табылады. ЖССӘ және микробалдырлар консорциумын ағынды суларды тазалау үрдісінде пайдалану, монодакылды пайдаланумен салыстырғанда тиімді екені көрсетілді. ЖССӘ және микробалдырлар консорциумын пайдалану судың сапасын жақсартатыны анықталды, ал ластағыштардан тазалану деңгейі кейбір көрсеткіштер бойынша 95-100 %-дан жоғары болды.

Түйін сөздер: жоғары сатылы су өсімдігі, микробалдырлар, консорциум, биоремедиация.

¹Акмұханова Н.Р., ²Миколай К., ³Бауенова М.О., ⁴Болатхан К., ⁵Садвакасова А.К., ⁶Заядан Б.К.

¹к.б.н., и.о. доцента, преподаватель кафедры биотехнологии,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²PhD, профессор, преподаватель кафедры гидробиологии, факультет биологии,
Университет им. Адама Мицкевича в Познани, Польша, г. Познань, e-mail: kok@amu.edu.pl

³PhD-докторант, преподаватель кафедры биотехнологии, Казахстан, г. Алматы, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁴PhD доктор, постдокторант кафедры биотехнологии, Казахстан, г. Алматы, e-mail: kenge83@mail.ru

⁵к.б.н., доцент, преподаватель кафедры биотехнологии, Казахстан, г. Алматы, e-mail: asem182010@gmail.com

⁶Д.б.н., профессор, преподаватель кафедры биотехнологии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

Возможности использования консорциума высших водных растений и микроводорослей в очистке загрязненных водных экосистем

Одним из приоритетных направлений современных экологических исследований является разработка теоретических и практических аспектов биоремедиации водоемов, основанная на использовании природных механизмов самоочищения и самовосстановления водоемов, действие которых связано с деятельностью высших водных растений (ВВР) и микроорганизмов, принадлежащих к различным видам цианобактерий и микроводорослей. Практическая значимость этих объектов для биоремедиации и доочистки водоемов определяется уникальностью их метаболических способностей (фотосинтез, дыхание, разнообразие источников углерода, способность усваивать атмосферный азот и т.д.), высокой кумулятивной и деструктивной способностью в отношении тяжелых металлов и в отношении таких органических загрязнителей, как нефть, нефтепродукты, фенолы и т. п. Целью исследований являлось изучение процесса очистки сточных вод от тяжелых металлов с помощью консорциума ВВР и микроводорослей в условиях промышленных сточных вод. Показано, что использование консорциума ВВР и микроводорослей в очистке сточной воды весьма эффективно по сравнению с использованием их в процессах очистки в монокультуре. Установлено, что использование консорциума ВВР и микроводорослей улучшало показатели качества воды, а эффект очистки от загрязнителей по некоторым показателям составил более 95-100 %.

Ключевые слова: высшая водная растительность, микроводоросли, консорциум, биоремедиация.

Introduction

In recent years, the problems of biodiversity conservation associated with increased anthropogenic impact on different ecosystems that have a great importance. Due to the difficult environmental conditions, in many regions of the world the geochemical circulation of heavy metals in the biosphere is carried out not only as a result of natural processes, but also due to anthropogenic impact. The problems of environmental pollution by various ecotoxins are aggravated depending on the degree of urbanization and industrialization of the state [1; 2]. Since the majority of industrial, municipal and agricultural waste waters enter open water bod-

ies without preliminary treatment, in some reservoirs with a high content of toxic elements of high concentration, ions of heavy metals and organic substances [3, 4]. Therefore, many water bodies are under threat to the environment and human health. The main pollutants were heavy metals, petroleum products, nitrates, nitrites, and various polycyclic aromatic hydrocarbons [5, 6]. In this regard, the study of pollution of the biosphere by these toxicants is one of the most important problems of modern ecology [7]. It is known that to enhance the effect of bioremediation used mixed cultures of microorganisms, not only the monocultures. To obtain them, it is necessary to take into account the peculiarities of intraspecific bonds of cyanobacteria

and microalgae, photo – and heterotrophic microorganisms. In the literature there is very little information about the species ratio of microalgae and their effect on bacteria [8; 9].

The problems of environmental pollution with heavy metals at the present time are relevant. Because of the acute toxicity of metals and the possibility of accumulation in the environment which are dangerous for biota [10]. In recent years, environmentalists, along with the assessment of the level of environmental pollution, identify sources of pollution, take attention to the identification of "destiny" of lost substances in the natural environment and the study of their connection with living organisms [11]. For such studies, the most convenient object is highly effective aquatic plants, cyanobacteria and microalgae that can accumulate many elements in high concentrations and replace them in a non-toxic form, and they widely used for wastewater treatment for bioremediation purposes [12; 13].

In this regard, the aim of the work is to study the process of industrial wastewater treatment from heavy metals by microalgae consortium.

Materials and methods of research

Objects of research – highest aquatic plant *Pistia stratiotes* and collection strains of phototrophic microorganisms: *Scenedesmus quadricauda* B-1, *Ankistrodesmus* sp. [14].

The number of cells of phototrophic microorganisms in liquid cultures was determined by direct counting under a microscope in the Gorjaev's count chamber adopted in hydrobiological practice [15]. Higher aquatic plants were cultivated on the water with the addition of Steinberg medium (2 wt. %) under natural light and at room temperature [16].

COD was determined by photometric method, BOD by iodometric method, chlorides and sulfates – titrimetric method. The content of nitrates and nitrites was determined by photometric method [17-19]. Determination of phosphate ions and phosphorus-containing compounds was carried out by photocolorimetric method [20].

For the research used wastewater from treatment facilities of Almaty city after chemical treatment of polluted waters. The research in industrial conditions was performed in biopound on the basis of agrobiostation of al-Farabi KazNU.

Results and discussion

We conducted research on studying the wastewater treatment process from heavy metals with a

help of selected consortium of HAP and microalgae in industrial wastewater conditions. Investigated in previous studies *Ankistrodesmus* sp., *Scenedesmus quadricauda* B-1 microalgae and *Pistia stratiotes* were found as consortium with high-voltage aquatic vegetation [21].

In wastewater with biochemical oxygen consumption (BOC) 62.2 mg/O₂/l, ammonia content -13.7 mg/l, nitrites – 0.4 mg/l, nitrates – 0.8 mg/l and phosphates – 4.46 mg/l, cadmium -0.00036 mg/l, lead – 0.0088 mg/l, zinc – 0.043 mg/l, copper-0.0015 mg/l in the first variant introduced the biomass of *Ankistrodesmus* sp. microalga strain in 1.6·10⁷ CL/ml amount and the higher aquatic plant *Pistia stratiotes* in the amount 45 specimen/m² (№1), in the second variant biomass of *Scenedesmus quadricauda* B-1 microalga strain in the amount 1.6·10⁷ and higher aquatic plant *Pistia stratiotes* in the amount 45 specimen/m² (№2), after that incubated during 15 days for sorption of organo-mineral substances and accumulation of metal ions. Then the biomasses of microalgae, cyanobacteria and higher aquatic plants were separated from the medium by filtration.

The content of suspended particles in the experimental conditions throughout the study period tended to decrease, so in the first 2 days of the experiment the best results were observed in the version №1, the number of suspended particles decreased by 15%, in variant №2, this index was reduced by 13% but already during the next sampling after 4 days of cultivation the indicators in both variants were almost equalized and amounted to 56-58% of their original content. At the time of experiment completion the total reduction of suspended particles was high and amounted to 87% in variant 1, slightly lower in variant 2 – 71%.

In addition to the organoleptic characteristics of the main group, we paid attention to the group of chemical-organoleptic characteristics and pH of water. During the consortium cultivation under the experiment conditions, the pH of water in all study periods was 7.0-7.9 which corresponds to the MAC values.

Nitrogen and phosphorus content has particular importance in biological wastewater treatment [23; 24]. According to the results of our studies, the nitrogen exchange rates have tended to significant fluctuations throughout the study period. Obviously, this is due to the high content of ammonia nitrogen (13.7 mg/l) at the beginning of the experiment and its transformation from ammonia form to nitrite, and later nitrate. This is evidenced by the dynamics of ammonia nitrogen in water. Its content in the

cultivation of the consortium in the variant №1 was noticeably reduced. The most intensively ammonia nitrogen was oxidized in the first 2 days of the experiment, during this period about a third of its total content was destroyed, which was 48% in the variant №1, 28% – in the variant №2. The intensive oxidation of the ammonia form of nitrogen during purification by the consortium of HAP and microalgae is evidenced by the dynamics of nitrite-ions. In the first days of the experiment, the number of nitrate-ions varies slightly [25]. Starting from 4 days, the nitrate concentration decreases, that is, they are almost completely utilized by hydrobionts and by the end of the experiment no nitrates were found. The appearance of oxidized forms of nitrogen indicates a deep passage of the purification process, because their increase against the background of an overall decrease in BOD suggests that carbonaceous compounds are intensively oxidized [26; 27]. Thus, in terms of nitrate metabolism there is a positive trend when we used consortia based on HAP and microalgae for bio-purification. As the results of the studies showed the consumption of phosphates by consortium occurred at a fairly rapid pace in both cases. At the time of completion of the experiment phosphate extraction in both variants was approximately at the same level, 87.3% – in variant №1, slightly lower in variant №2 – 82.6 %.

Under experimental conditions the COD index during purification on the basis of the consortium of HAP and microalgae in all variants tended to decrease. Moreover, the most intense dichromatic oxidability decreased in the period from 6 to 8 days to 42%, then the intensity of the oxidation process was

observed and in the end of experiment the dichromatic oxidability decreased to 87% in the variant №1. This indicator decline slightly faster in the version using the consortium *Pistia stratiotes+ Scenedesmus quadricauda* B-1 in the period from 6 to 8 days was 45%, but the final index was lower compared with the variant 1 by 15-20%.

We also determined the indicator characterizing the degree of organic pollution of the reservoir and wastewater – biochemical oxygen consumption (BOD). During the entire period of the experiment a similar pattern was observed as in the case with the COD indicator. In particular, in the first 4 days of the experiment there was no significant variation of this indicator, however, from 6 to 8 days in both experimental variants of purification there was a sharp drop: from 4.6 mgO₂/l to 1.26 mgO₂/l which is 72% of its original value in variant №1 and from 4.5 mgO₂/l to 1.5 mgO₂/l, which is 67% in variant №2. Despite the presence of difficult-to-oxidize organic compounds in water, the use of phyto-algo-cyanobacterial consortia in biological treatment reduced the values of these parameters in both variants by 95%.

A study of the sorption capacity of consortium of HAP and microalgae established that in the experimental variants with *Pistia stratiotes+Ankistrodesmus sp.* B-1 the concentration of heavy metal ions on 6th day of purification decreased by more than 90% of the initial concentration. In the case of *Pistia stratiotes+Scenedesmus quadricauda* B-1 consortium the concentration of all heavy metals decreased by more than 75% of the initial concentration (Table 1).

Table 1 – Dynamics of physical and chemical parameters of water during treatment with the help of HAP and microalgae consortiums

Water Quality Index	Option consortium	Incubation period, days	
		0	15
pH	№1	7,5±0,16	7,85±0,27
	№2	7,53±0,12	7,86±0,27
Suspended substances	№1	6,2±0,21	0,8±0,017
	№2	6,0±0,20	1,74±0,02
Ammonia	№1	0,87±0,01	0,018±0,001
	№2	0,79±0,02	0,17±0,02
Nitrite	№1	0,11±0,004	0,0059±0,001
	№2	0,11±0,004	0,0065±0,0012
Nitrates	№1	1,6±0,04	0,027±0,0001
	№2	1,8±0,06	0,052±0,0021

Phosphates	№1	2,76±0,06	0,35±0,017
	№2	2,76±0,05	0,48±0,014
COD	№1	38,52±1,2	4,9±0,001
	№2	36,8±1,12	5,7±0,002
BOD	№1	4,80±0,1	0,239±0,001
	№2	4,6±0,16	0,24±0,001
Cadmium	№1	0,068±0,001	0,0059±0,002
	№2	0,068±0,0014	0,0078±0,002
Zinc	№1	6,48±0,002	0,33±0,001
	№2	6,38±0,001	0,37±0,002
Copper	№1	0,108±0,001	0,017±0,002
	№2	0,11±0,01	0,02±0,0025
Lead	№1	0,07±0,001	0,0175±0,0001
	№2	0,067±0,003	0,0188±0,002

The absorption capacity of №.1 consortium in relation to heavy metal ions was significantly higher than №.2 consortium which makes it possible to recommend it for phytoremediation of wastewater.

Biological reserves of biocenoses including organisms with different biochemical possibilities should be used to accelerate the processes of purification and restoration disturbed by pollution of aquatic ecosystems. The use of cyanobacteria and microalgae resistant to polluted waters, introducing them into the consortium of higher aquatic plants allows creating a new biotechnology complex of purification and restoration of polluted water bodies.

For practical application of created HAP and microalgae consortium was used the wastewater from the state enterprise «Holding» Almaty Su» selected from the primary radial sedimentation tanks after mechanical cleaning and after the aeration tank.

In wastewater in the 1st variant introduced the biomass of *Ankistrodesmus* sp. microalga strain in the amount $1.6 \cdot 10^7$ cl/ml and *Pistia stratiotes* aquatic plant in quantity 45 specimen/m² (№1), in the second variant increased the biomass concentration of consortium, so the biomass of *Ankistrodesmus* sp. microalga strain in the amount $2.5 \cdot 10^7$ cl/ml and *Pistia stratiotes* aquatic plant 65 specimen/m² (№2) were introduced. Introduced variants of consortium incubated during 20 days for sorption of organo-mineral substances and accumulation of metal ions. After that the biomasses of microalgae, cyanobacteria

and higher aquatic plants were separated from the medium by filtration.

Should be noticed that during selection and before consortium introduction in the biopond the wastewater characterized by sharp smell with IV point of intensity. After 10 days of consortium cultivation in biopond the sharp smell in all studied variants decreased by two points. At the end of experiment the smell intensity was "light" and counted I point, consequently, we can argue that application of hydrophytic treatment had a positive tendency and decreased the level of smell sharpness.

As known, for maximum heavy metal ions extraction and purification from organo-mineral compounds it is necessary to introduce biomass of microalgae strains and higher aquatic plants in sufficiently amount to binding metal ions and organo-mineral impurities. Certainly, as shown in Table 2 the introducing of HAP and microalgae consortium into the wastewater with less volume of biomass (№1) doesn't provide full purification due to adsorbent deficiency. The concentration increasing of biomass consortium particularly the cells of microalgae in the variant №2 lead to significantly increasing the level of wastewater treatment because of optimal ratio between adsorbent quantity and pollutant (Table 2).

Therefore, to ensure a sufficiently high degree of purification from heavy metal ions and organo-mineral impurities using higher aquatic plants and microalgae, an optimal ratio between the number of cells and metal ions is necessary.

Table 2 – results of wastewater treatment with a help of HAP and microalgae consortium

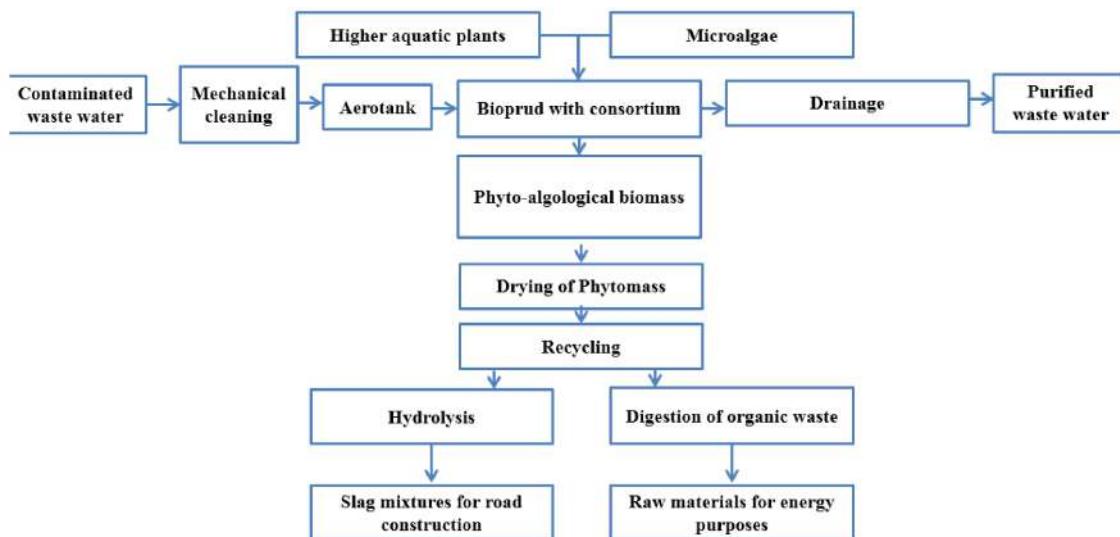
Index	Initial concentration	№ 1 option		№2 option	
		Concentration after cleaning, mg/l	Power cleaning, %	Concentration after cleaning, mg/l	Power cleaning, %
BOD ₅ , mg/O ₂ /l	62,2±0,01	7,6±0,002	93	4,6±0,002	97
Ammonia	13,7±0,01	-	100	-	100
Nitrite	0,4±0,002	-	100	-	100
Nitrates	0,8±0,0023	-	100	-	100
Phosphates	4,46±0,0034	0,6±0,003	98	-	100
Cadmium	200±0,01	29,4±0,002	85,3	14,8±0,01	92,6
Zinc	200±0,01	26±0,01	87	10±0,01	95
Copper	200±0,01	26,2±0,01	86,9	10,2 ±0,012	94,9
Lead	200±0,01	26,4±0,01	86,8	14,4±0,02	92,8

Thus, the use of the proposed method of purification of domestic and industrial wastewater from organo-mineral substances and heavy metal ions: Cd²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺ can significantly simplify the process and improve the quality of treatment. Intensity of purification process due to the high rate of microalgae reproduction and large working area of vegetative organs of aquatic plants which allow to absorb more pollutants from the water. In addition, the roots of aquatic plants absorb a large number of other organic impurities, and their metabolites inhibit the processes of self-pollution of the aquatic environment.

Thus, it was found that the use of HAP and microalgae for water purification from various pollutants in biological ponds is the most effective purification system.

For wastewater treatment from heavy metals we have developed principles for the creation and practical application of structured biocenoses – multilevel purification consortia based on microalgae and HAP contributing to the maximum purification of effluents from heavy metals.

The scheme of wastewater treatment from heavy metals includes a sequentially located from the flow mechanical treatment of biopond and drainage with a consortium of HAP and microalgae in the volume of *Ankistrodesmus sp* microalgae 2.5*10⁷ cl/ml and the high aquatic plant *Pistia stratiotes* in amount 65 specimen/m². The depth of the pond should be at least 1.5 – 2 m. Drainage and drain will be performed at the opposite wall of the biopond (Figure 1).

**Figure 1** – Technological scheme of wastewater treatment from heavy metals based on HAP and microalgae consortium

The selected phyto-algological mass will be recycled according to the technological scheme. At the same time, secondary waste can be considered as a raw material for additional commercial products. Thus, ash residue (sludge) can be used in the production of building materials. This version of the technological scheme is suitable for the treatment of domestic and industrial wastewater contaminated with heavy metals.

In conclusion, it should be noted that by applying the technology of natural biological wastewater treatment using higher aquatic plants

and microalgae on biological ponds, it is possible to solve the environmental problem of waste water disposal, reduce the concentration of nitrates, phosphates, heavy metals and other pollutants to the maximum permissible concentrations for their safe discharge into water bodies which can be the basis for the creation of environmentally friendly technologies. This technology of biological treatment is characterized by high efficiency of purification from pollution, ease of operation and efficiency and allows to dispose of waste water with minimal damage to the environment.

References

- Винберг Г.Г., Сивко Т.Н. Участие фотосинтезирующих организмов планктона в процессах самоочищения загрязненных вод // Гидробиология и ихтиология внутренних водоемов. – 2003. – Т. 60, №3. – С. 96-102.
- Arthur J.P. Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries. – Washington: World Bank, – 2003. 256 p.
- Гигевич Г.С., Власов Б.П. Мониторинг высшей водной растительности как метод контроля за трансформацией природной среды // Природопользование в условиях дифференцированного антропогенного воздействия. – Минск: Sosnowies, – 2000. – С. 186–192.
- Toumi A., Belkoura M., Benabdallah S., El Alami M., Loukili Idrissi L., Nejmeddine A. Effect and bioaccumulation of heavy Metals (Zn, Cd) on Micractinium pusillumalga // Environ. Technol. – 2007. – Vol. 28. – P. 19–23.
- Artiola J., Pepper I.L., Brusseau M.L. Environmental Monitoring and Characterization // Book Publisher: Elsevier Science & Technology Books, – 2004. 410 p.
- Arunakumara K. K. I. U, Xuecheng Z. “Effects of heavy metals (Pb^{2+} and Cd^{2+}) on the ultrastructure, growth and pigment contents of the unicellular cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803” // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. – 2009. Vol. 27, №2. – P. 383-388.
- Минюк Г. С. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 2. – С. 5–23.
- Bender J, Phillips P. Implementation of microbial mats for bioremediation. In: Means JL, Hinchee RE, editors. Emerging technology for bioremediation of metals. Boca Raton: Lewis Publishers. – 1994. p. 85–98.
- Bhatnagar A, Bhatnagar M, Chinnasamy S, Das KC. Chlorella minutissima – a promising fuel alga for cultivation in municipal wastewaters // Appl Biochem Biotechnol. – 2010. – Vol.161. – P. 523–36.
- Rai L. C., Gaur J. P., and Kumar H. D.. Phycology and heavy metal pollution // Biol. Rev., – 1981. – Vol. 56. – P. 99-151.
- Rangsayatorn, N., Upatham E. S., Krueatrachue M., Pokethitiyook P., Lanza G. R. Phytoremediation potential of *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis*: Biosorption and toxicity studies of cadmium // Environ Pollut. – 2002. – Vol. 119. – P. 45-53.
- Заядан Б.К., Маторин Д.Н. Биомониторинг водных экосистем на основе микроводорослей. – М.: Изд-во «Алтекс», 2015. – 252 с.
- Godos I, González C, Becares E, García-Encina P, Muñoz R. Simultaneous nutrients and carbon removal during pretreated swine slurry degradation in a tubular biofilm photobioreactor // Appl Microbiol Biotechnol. –P. 2009. – Vol. 82. – P. 187–94.
- Заядан Б.К., Акмуханова Н.Р., Садвакасова А.К. Каталог коллекции культур микроводорослей и цианобактерий. – Алматы: Издательство, «Абзат-Ай», 2017. – 135 с.
- Бассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. – Киев: Наукова Думка, – 1989. 608 с.
- ГОСТ 31859-2012. ВОДА. Метод определения химического потребления кислорода. – Введ. 2014-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2012 г. N 42.
- ПНДФ 14. 1:2:3:4. 123-97. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде в пресны, подземных, питьевых, сточных и очищенных сточных водах. – М., 1997. – 25 с.
- Кандакова А.А., Боган В.И., Чупракова А.М., Максимюк Н.Н. Характеристика методов исследования и результаты оценки питьевой воды // Молодой ученый. – 2015. – №3. – С. 146-148.
- Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. – М.: Едиториал, УКСС, 2002. – 304 с.
- Акмуханова Н.Р., Заядан Б.К., Бауенова М.О., Садвакасова А.К., Болатхан К., Сейилбек С. Формирование структурированных биоценозов высших водных растений и фототрофных микроорганизмов для применения в очистке сточных вод // Вестник КазНУ, серия экологическая. – 2017. – Т.52, № 3. – С. 53-63.
- Chisti Y. Biodiesel from microalgae // Biotechnol Adv. – 2007. – Vol. 25. – P. 294–306.
- Croft M, Warren M, Smith A. Algae need their vitamins // Eukaryot Cell. – 2006. – Vol. 5. –P. 1175–83.
- Ajayan K.V., Selvaraju M., Thirugnanamoorthy K. “Growth and Heavy Metals Accumulation Potential of Microalgae Grown in Sewage Wastewater and Petrochemical Effluents” // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2011. – Vol. 14. – P. 805–811.
- Green FB, Lundquist TJ, Quinn NWT, Zarate MA, Zubieta IX, Oswald WJ. Selenium and nitrate removal from agricultural drainage using the AIWPS® technology // Water Sci Technol. – 2003. –Vol. 48. – P. 299–305.

Syeda H. B., Iftikhar A., Muhammad M. H., Ashiq M. "Phytoremediation potential of *Lemna minor* L. for heavy metals" // International Journal of Phytoremediation. – 2015. – Vol. 18, № 1. – P. 25–32.

Kirkwood A, Nalewajko C, Fulthorpe R. The effects of cyanobacterial exudates on bacterial growth and biodegradation of organic contaminants // Microb Ecol. – 2006. – Vol. 51. – P. 4–12.

Chavan A, Mukherji S. Treatment of hydrocarbon-rich wastewater using oil degrading bacteria and phototrophic microorganisms in rotating biological contactor: effect of N: P ratio. J Hazard Mater. – 2008. – Vol. 154. – P. 63–72.

References

- Akmukhanova N.R., Zayadan B.K., Baujenova M.O., Sadvakasova A.K., Bolathan K., Seiilbek S. (2017) Formirovaniye strukturirovannyh biocenozov vysshih vodnyh rastenii i phototrofnyh mikroorganizmov dlya primeneniye v ochistke stochnyh vod [Formation of structured biocenoses of higher aquatic plants and phototrophic microorganisms for use in wastewater treatment] *Bulletin of KazNU, environmental series*, vol. 52, № 3. pp. 53-63.
- Ajayan K.V., Selvaraju M., Thirugnanamoorthy K. (2011) "Growth and Heavy Metals Accumulation Potential of Microalgae Grown in Sewage Wastewater and Petrochemical Effluents", *Pakistan Journal of Biological Sciences*. vol.14, pp. 805–811.
- Arunakumara K. K. I. U, Xuecheng Z. (2009) "Effects of heavy metals (Pb^{2+} and Cd^{2+}) on the ultrastructure, growth and pigment contents of the unicellular cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803". *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. vol. 2, № 27, pp. 383-388.
- Arthur J.P. (2003) Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries. *Washington: World Bank*, pp. 256.
- Artiola J., Pepper I.L., Brusseau M.L. (2004) Environmental Monitoring and Characterization. *Book Publisher: Elsevier Science & Technology Books*, pp. 410.
- Bender J, Phillips P. (1994) Implementation of microbial mats for bioremediation. In: Means J., Hinchee RE, editors. *Emerging technology for bioremediation of metals*. Boca Raton: Lewis Publishers. p. 85–98.
- Bhatnagar A, Bhatnagar M, Chinnasamy S, Das KC. (2010) Chlorella minutissima – a promising fuel alga for cultivation in municipal wastewaters. *Appl Biochem Biotechnol*. vol. 161, pp 523–36.
- Chisti Y. (2007) Biodiesel from microalgae. *Biotechnol*, vol. 25, pp. 294–306.
- Croft M, Warren M, Smith A. (2006) Algae need their vitamins. *Eukaryot Cell*, vol. 5, pp. 1175–83.
- Chavan A, Mukherji S. (2008) Treatment of hydrocarbon-rich wastewater using oil degrading bacteria and phototrophic microorganisms in rotating biological contactor: effect of N: P ratio. *J Hazard Mater*. vol.154, pp. 63–72.
- Green FB, Lundquist TJ, Quinn NWT, Zarate MA, Zubietta IX, Oswald WJ. (2003) Selenium and nitrate removal from agricultural drainage using the AIWPS® technology. *Water Sci Technol*, vol.48, pp.299–305.
- Gigovich G.S., Vlasov B.P. (2000) Monitoring visshei vodnoi rastitelnosti kak metod kontrolya za transformaciei prirodnoi sredy [Monitoring of higher aquatic vegetation as a method of monitoring the transformation of the natural environment] *Nature use in conditions of differentiated anthropogenic impact*. – Minsk: Sosnowiec, pp. 186–192.
- Godos I, González C, Becares E, García-Encina P, Muñoz R. (2009) Simultaneous nutrients and carbon removal during pre-treated swine slurry degradation in a tubular biofilm photobioreactor. *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 82, pp. 187–94.
- GOST VODA 31859-2012 (2012) Metod opredeleniya himicheskogo potreblenia kisloroda [The method for determining the chemical oxygen demand] *Enter. 2014-01-01. – Moscow: Publishing Standards*, vol. 42.
- Kandakova A.A., Bogan V.I., Chuprakova A.M., Maksimuk N.N. (2015) Haraktiristika metodov issledovaniya i rezul'taty ocenki pitevoi vody [Characteristics of research methods and results of drinking water assessment] *Young Scientist*, №3, pp. 146-148.
- Kirkwood A, Nalewajko C, Fulthorpe R. (2006) The effects of cyanobacterial exudates on bacterial growth and biodegradation of organic contaminants. *Microb Ecol*, vol. 51, pp. 4–12.
- Minuk G.S. (2008) Odnokletchnye vodorosli kak vozovnolyaemyi biologicheskii resurs [Unicellular algae as a renewable biological resource] *Marine Ecological Journal*, vol. 7, № 2, pp. 5–23.
- PNDF 14. 1.2:3:4. 123-97. (1997) Metodika vypolneniya izmerenii biohimicheskoi potrebnosti v kislorode v presny, podzemnyh, pitevyh, stochnyh i ochishchenyyh stochnyh vodah [Method for performing measurements of biochemical oxygen demand in fresh, underground, drinking, waste and treated wastewater]. M., pp 25.
- Rai L. C., Gaur J. P., and. Kumar H. D (1981). Phycology and heavy metal pollution. *Biol. Rev.*, 56, 99-151
- Rangsayatorn, N., Upatham E. S., Kruatrachue M., Pokethitiyook P., Lanza G. R. (2002) Phytoremediation potential of *Spirulina* (*Arthrosphaera*) *platensis*: Biosorption and toxicity studies of cadmium. *Environ Pollut*. vol. 119, pp. 45-53.
- Syeda H. B., Iftikhar A., Muhammad M. H., Ashiq M. (2015) "Phytoremediation potential of *Lemna minor* L. for heavy metals". *International Journal of Phytoremediation*. Vol. 1, № 18, pp. 25-32.
- Toumi A., Belkoura M., Benabdallah S., El Alami M., Loukili Idrissi L., Nejmeddine A. (2007) Effect and bioaccumulation of heavy Metals (Zn, Cd) on Micractinium pusillumalga. *Environ. Technol*, vol. 28, pp. 19–23.
- Vasser S.P., Kondrateva N.V., Masuk N.P. (1989) Vodorosli [Algae] *Directory*. – Kiev: Naukova Dumka, pp, 608.
- Vinberg G.G., Sivko T.N. (2003) Uchastie fotosinteziruyeshih organizmov planktona v processakh samoochishcheniya zagryaznenyyh vod [Participation of photosynthetic organisms of plankton in the processes of self-purification of polluted waters] *Hydrobiology and ichthyology of inland waters*. vol. 60, №3, pp. 96-102.
- Zayadan B.K., Akmukhanova N.R., Sadvakasova A.K. (2017) Katalog kollekciyi kultur mikrovodoroslei i cianobakterii [Catalog of cultures of microalgae and cyanobacteria] *Publishing house "Abzal-Ai": Almaty*, pp.135.
- Zayadan B.K., Matorin D.N. (2015) Biomonitoring vodnyh ekosistem na osnove mikrovodoroslei [Biomonitoring of aquatic ecosystems based on microalgae]. *Moscow: Publishing house «Alteks»*, pp. 252.
- Zolotov Y.A., Ivanov V.M.. Amelin V.G. (2002) Himicheskie test-metody analiza [Chemical test methods of analysis]. M.: Editorial, UKSS, pp. 304.

МРНТИ 68.03.03

**¹Буркитбаев М.М., ¹Курманбаева М.С., ¹Бачилова Н.В., ¹Ережепова Н.Ш.,
¹Джумаханова Г.Б., ¹Ходжабаева Да.**

¹д.х.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: mukhambetkali.burkitbayev@kaznu.kz

¹д.б.н., профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: meguert.kurmanbayeva@kaznu.kz

¹к.т.н., Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: nadezhda.bachilova@kaznu.kz

¹докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: nkaznu@gmail.com

¹магистр, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: gauhar0109@gmail.com

¹магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: dikon_23_9494@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПОЗИТОВ И ПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM L.*)

Проблема повышения урожайности пшеницы всегда являлась приоритетом не только для страны, но и для населения мира в целом, поскольку хлеб – важная неотъемлемая часть питания. Все исследования, проведенные по пшенице, направлены на повышение ее продуктивности. Для достижения достоверных результатов пшеницу необходимо выращивать не менее 3 лет в полевых условиях, но в тепличных условиях этот период можно сократить в два раза. Теплица впервые была запущена в 2016 году. Использование удобрения путем капельного орошения является эффективным и удобным методом при выращивании зерновых культур. Применяются различные дорогие удобрения, но не все они являются эффективными и повышают урожайность. Известно, что сера является таким же необходимым элементом, как азот, фосфор и калий, активным центром многих ферментов, входит в состав белков и является участником их синтеза. Недостаток серы приводит к накапливанию небелкового азота, в результате снижается реакция на азотные удобрения. В связи с этим, для углубленного изучения влияния серосодержащих продуктов на урожайность пшеницы в 2017 году впервые в Казахстане начались исследования (в условиях теплицы Казахского национального университета имени аль-Фараби) по тестированию новых серосодержащих нанокомпозитов и препаратов. Влияние серы на продуктивность пшеницы изучается зарубежными исследователями, однако целью настоящего исследования является синтез продуктов сельскохозяйственного назначения с использованием ресурсов нефтяной серы Казахстана для эффективного обеспечения внутренней потребности в удобрениях. Исследования проводились в 4 вариантах, 1 – контрольный вариант; 2 – раствор препарата наносеры; 3 – пастообразный препарат наносеры; 4 – сухой препарат наносеры. В ходе исследования было обнаружено, что при введении серосодержащих препаратов число продуктивных побегов, количество и вес зерен увеличились по сравнению с контролем. Использование новых препаратов в качестве удобрения обеспечило раннее созревание пшеницы (на 3-4 недели). В северных районах страны, где зима наступает рано, пшеница не успевает к созреванию, дополнительное количество серы способствует её быстрому росту, развитию и повышению урожайности. Результаты исследования показывают, что новые серосодержащие препараты эффективны и выгодны для получения раннего и высокого урожая и могут использоваться в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: сера, раствор препарата наносеры, пастообразный препарат наносеры, сухой препарат наносеры, пшеница, теплица, урожайность.

¹Burkitbayev M.M., ¹Kurmanbayeva M.S., ¹Bachilova N.V.,
¹Erezhepova N.Sh., ¹Jumakhanova G.B., ¹Khodjabayeva D.A.

¹doctor of chemical sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: mukhambetkali.burkitbayev@kaznu.kz

¹doctor of biological sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: meruyert.kurmanbayeva@kaznu.kz

¹candidate of technical sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: nadezhda.bachilova@kaznu.kz

¹PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: nkaznu@gmail.com

¹Master, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: gauhar0109@gmail.com

¹Master student, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: dikon_23_9494@mail.ru

Efficiency of Sulfur-Containing Nanocomposites and Drugs on the Productivity of Wheat (*TRITICUM L.*)

The problem of increasing the yield of wheat has always been a priority not only for the country, but for the world's population as a whole, because, bread is an important part of nutrition. All the studies conducted on wheat are aimed at increasing the productivity. Our research also touched this topical issue. To achieve reliable results, wheat must be grown for at least 3 years in the field, but in the greenhouse conditions, this period can be reduced by half. The greenhouse of Al-Farabi Kazakh National University was first launched in 2016. The use of fertilizer by drip irrigation is an effective and convenient method for growing cereal crops. Lately, many different expensive fertilizers, but not all are effective and increase yields. Sulfur is an essential element like nitrogen, phosphorus and potassium. Sulfur is the active center of many enzymes, is part of proteins and is a participant in their synthesis. The lack of sulfur leads to the accumulation of non-protein nitrogen, resulting in a reduced response to nitrogen fertilizers. In connection with the in-depth study of the effect of sulfur-containing products on wheat productivity, research began in 2017 in greenhouse conditions (Greenhouse of al-Farabi KazNU) for testing new sulfur-containing nanocomposites and preparations obtained by synthesizing. Studies of the influence of sulfur on the productivity of wheat grains abroad, the aim of our study is to synthesize products using sulfur resources of Kazakhstan to easily and effectively meet the domestic needs of fertilizers. The studies were conducted in 4 versions, 1-control variant; 2-solution of sulfur nanocomposites; 3-paste sulfur; 4-dry state of sulfur. Since sulfur is important in seed productivity, it was found in the course of the study that in variants with sulfur-containing preparations, the number of productive shoots, the number and weight of grains increased, compared to the control. The use of a new preparation as a fertilizer showed early maturing of wheat for 3-4 weeks. Because, sulfur contributes to the rapid growth of wheat. In the northern regions of the country, where the winter comes early, the wheat does not have time to ripen. Wheat requires additional sulfur for rapid growth and development. The results of the study show that new sulfur-containing preparations are effective and beneficial for obtaining early and high yield, therefore we recommend using tested sulfur preparations in the field of agriculture.

Key words: sulfur, solution of the nanosulfur drug, paste-like nanosulfur drug, dry nanosulfur drug, wheat, greenhouse, yield.

¹Буркитбаев М.М., ¹Курманбаева М.С., ¹Бачилова Н.В.,
¹Ережепова Н.Ш., ¹Джумаханова Г.Б., ¹Ходжабаева Д.А.

¹Х.Ф.Д., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы к., e-mail: mukhambetkali.burkitbayev@kaznu.kz

¹б.ғ.д., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы к., e-mail: meruyert.kurmanbayeva@kaznu.kz

¹Т.Ф.К., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы к., e-mail: nadezhda.bachilova@kaznu.kz

¹докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы к., e-mail: nkaznu@gmail.com

¹магистр, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы к., e-mail: gauhar0109@gmail.com

¹магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы к., e-mail: dikon_23_9494@mail.ru

Құрамында қүкірт бар нанокомпозиттердің және препараттардың бидай (*TRITICUM L.*) өнімділігіне тиімділігі

Бидай өнімділігін арттыру мәселесі еліміз және дүние жүзінің халқы үшін әрқашанда приоритетті болып қалмақ, себебі жер шарының түргышарын азық-түлікпен қамтамасыз етуде наанның алатын орны ерекше екендігі түснікті. Бидайды зерттеу барысында жұргізілген барлық зерттеулер бидай дәнінің өнімділігін арттыруға бағытталған. Біздің зерттеулеріміз де осы маңызды мәселелеге арналған. Егістік жағдайында зерттеу жұргізуде нақты нәтижеге жету үшін бидай өсімдігін кемінде 3 жыл өсіру қажет, ал жылыжай осы уақытты қысқартуға мүмкіндік беретінін ғалымдар мойындауда. Жылыжай алғаш 2016 жылы іске қосылды. Тамшылатып сұғару арқылы тыңайтқыштарды беру, дәнді дақылдарды өсіруде тиімді және ыңғайлы. Соңғы уақытта, әртүрлі қымбаттың тыңайтқыштарды түрлөрі көп, бірақ бәрі тиімді емес және өнімділіктері арттырылады. Бұл мәселені шешу үшін біз жаңа қүкірт қосылған нанокомпозиттер мен препараттарды қолданадық.

Қүкірт азот, фосфор және калий сияқты маңызды элемент болып табылады. Қүкірт көптеген ферменттердің белсененді орталығы, белоктардың бөлігі және олардың синтезінен қатысады. Қүкі-

рттің жетіспеуі белокты емес азоттың жиналуына әкеледі, нәтижесінде азоттық тыңайтқыштарға деген реакция азаяды. Құқірт құрамды өнімнің бидайдың өнімділігіне әсерін терен зерттеуге байланысты, жылыжай жағдайында өсірілген бидай өсімдігінің өнімділігіне Жалпы және бей-органикалық химия кафедрасының ғалымдарымен синтезделген құқірт қосылған нанокомпозиттер мен препараторды сынау жұмыстары 2017 жылдың сәуір айында басталды. Әрине, құқірттің дәнді дақылдар өнімділігіне әсерін зерттеген жұмыстар шетелдерде жүргізілгендігі анық, бірақ біздің зерттеудің мақсаты еліміздегі құқірт қорын пайдалану арқылы құқірт өнімін оңай және тиімді жолмен Қазақстанда синтездеп, отандық тыңайтқышты ұсыну.

Зерттеу жүргізу барысында 4-вариант алынды, бақылау варианты құқірт мүлде қосылмаған жағдайда, 2-вариант құқірт нанокомпозитінің ерітіндісі, 3-паста түріндегі және 4-құрғақ, күйінде құқірт қосылған препарат сыналды. Бидай тұқымының өнімділігіне құқірттің маңызы жогары болғандықтан, зерттеу барысында, бақылаумен салыстырығанда құқірт препараторды қосылған вариантарда өнімді өркендер саны, масақтағы дән саны мен салмағы артқандығы айқындалды. Зерттеу нәтижесінде, жана препарат қосылған жағдайда бақылау вариантымен салыстырығанда бидай 3-4 аптаға ерте пісіп жетілетін нақтыланды. Еліміздің бидай өсіретін солтүстік аудандарында қыс ерте түсетіндіктен, кей жылдары бидай өнімін жинау мүмкін емес. Бидай жылдам өсуі мен дамуы үшін қосымша құқіртті талап етеді. Сондықтан, бұл жаңа құқірт қосылған препараторды солтүстік аудандарға қолдану тиімді, сондай-ақ, осы препаратордың бидай өнімділігіне оң ықпалы зерттелді. Зерттеу жұмысының нәтижелері дәнді дақылдар өсіруде ерте және мол өнім алу үшін қолайлы және тиімді, сондықтан сыналған құқірт препараторын ауыл шаруашылығы саласында кеңінен қолдануды ұсынамыз.

Түйін сөздер: құқірт, нанокұқірт препаратының ерітіндісі, паста тәріздес нанокұқірт препараты, нанокұқірттің құрғақ препараты, бидай, жылыжай, кірістілік.

Введение

Известно, что сера способствует замедлению окислительных процессов в растениях с усилением восстановительных, при этом у зерновых культур повышается жизнеспособность, улучшается качество зерна. Исследования влияния серы и кальция на зерновую продуктивность и качество сельскохозяйственных культур показывают эффективность использования серы для повышения урожайности [1-10], так как недостаток серы в зерновых культурах значительно влияет и на производство и качество зерен пшеницы [11, 12]. Без серы внесенный азот не может эффективно использоваться и содержание белка не может достигать полного потенциала с точки зрения урожайности [13-17]. Также сера является составляющим нескольких основных соединений в сельскохозяйственных растениях, поэтому недостаток серы является ограничивающим фактором не только для роста посевов и урожайности семян, а также для низкого качества продукции [18, 19]. Ограничение доступности серы способствует синтезу с низким содержанием белков [20], снижает размер и качество зерен пшеницы из-за прекращения образования дисульфидных связей, образованных из сульфидильных групп цистеина [21, 22]. Серосодержащее зерно пшеницы, измеренное как концентрация серы и в дополнение к концентрации азота, является залогом качества зерна пшеницы [23-26], а недостаток серы приводит к снижению

продуктивности зерновых культур. Результаты демонстрируют сходство между CuO или ZnO в растениях пшеницы с большей корневой токсичностью, коррелирующей с меньшим размером наночастиц серы [27-30].

Определено, что на почвах с низким содержанием серы применение серного удобрения повышает коэффициенты использования элементов питания из удобрений, усиливает их отток из вегетативных органов в зерно. Больше всего серное удобрение влияет на метаболизм азота в растениях пшеницы, играет существенную роль в продукционном процессе пшеницы с самых ранних фаз развития, ее метаболизм в растительной клетке тесно взаимосвязан с метаболизмом азота, так как оба элемента являются обязательными составляющими белков. При недостатке одного из них синтез протеина задерживается, он может вовсе прекратиться в отсутствие доступных растениям источников, как азота, так и серы [31].

О влиянии серы на усвоение растениями фосфора и калия исследований гораздо меньше, чем по азоту, и полученные выводы зачастую противоречивы [32-33]. Положительное влияние серы на усвоение растениями, наряду с азотом, также фосфора и калия отмечено на известкованной дерново-подзолистой почве [33-35]. Улучшение питания растений фосфором и калием под влиянием серного удобрения в этих случаях исследователи объясняют повышением подвижности почвенных элементов под влиянием

серной кислоты [36, 37]. Таким образом, литературный обзор показывает, что изучение проблемы влияния серосодержащих препаратов актуально и перспективно, но на практике проводилось в недостаточном объеме. Поэтому целью настоящего исследования является изучение сравнительной эффективности серосодержащих препаратов и их сочетаний при выращивании пшеницы в условиях теплицы.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2017-2018 гг. в условиях инновационной теплицы при КазНУ имени аль-Фараби. Объектом исследования являлась пшеница (*Triticum L.*), а в качестве удобрений использовали серосодержащие препараты в трех видах: в виде раствора, пасты и в сухом, первая опытная делянка была контрольной.

Для посадки пшеницы были выбраны одинаковые по величине зерна пшеницы для качества и достоверности эксперимента. После посадки зерен пшеницы в различных вариантах проводили ежедневное фено наблюдение. Эксперимент проводился с 3-кратной повторностью.

В ходе фено наблюдения учитывались количество всходов и высота растений. С начала формирования фазы роста пшеницы были проведены обследования морфологических структур пшеницы до полной спелости. Для морфологических описаний измеряли длину колеоптиля, первого листа, все междуузлия и длину флагового листа, колоса, сделан тщательный структур-

ный анализ и установлена продуктивность пшеницы. Анатомические исследования проводили по общепринятой методике. Фиксация сделана по методу Страсбургера-Флемминга. Анатомические срезы сделаны с помощью криомикротома ТОС2, измерения анатомических показателей проводили на микроскопе с видеонасадкой Micros, Австрия. Достоверность значений определяли по t-критерию Стьюдента. Материал обрабатывали статистически по методу Лакина.

Результаты

Текущий эксперимент был направлен на изучение влияния различных серосодержащих препаратов на рост и развитие пшеницы.

Работа проведена в трех повторностях для получения достоверных результатов. По результатам фено наблюдения определяли всхожесть зерен каждые 10 дней в течение месяца, подсчеты были сделаны на 10, 20 и 30 дни месяца. Благоприятное влияния серосодержащего продукта обнаружено на всхожести с начала эксперимента.

В варианте с обработанными препаратом раствора наносеры выявлено существенное различие от контрольного варианта. Для варианта с пастообразным препаратом зафиксирована более низкая всхожесть – 34,37 %. Самая высокая всхожесть наблюдалась в вариантах с раствором – 63,72 % и с сухим препаратом наносеры – 66,85 % по сравнению с контролем – 48,12 % (Рис. 1).

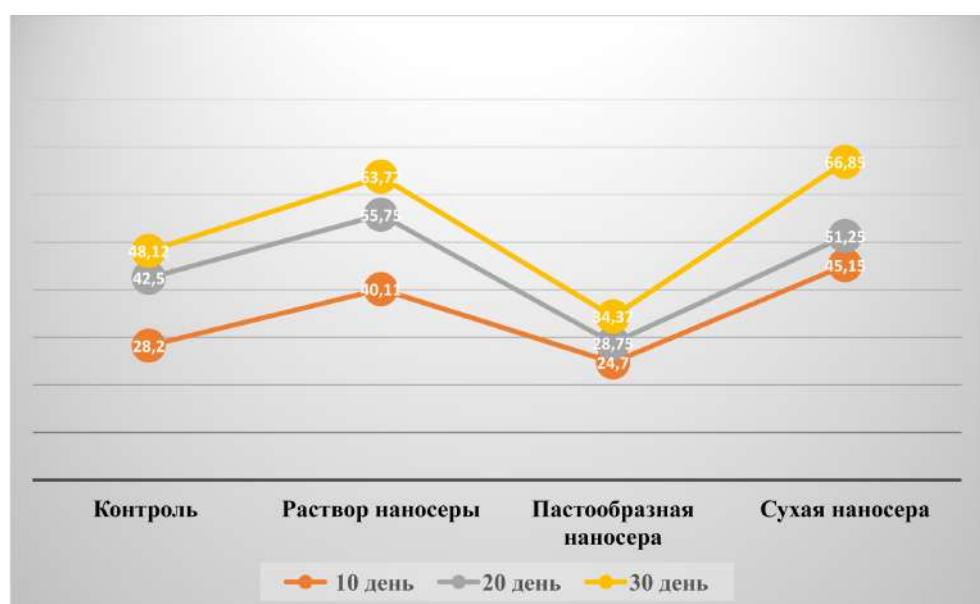


Рисунок 1 – Процентные показатели всхожести пшеницы

Как показывает эксперимент, серосодержащие препараты влияют не только на всхожесть пшеницы, но и на рост и развитие данной культуры. При сравнении измерения каждые 10 дней была отмечена положительная динамика роста проростка, таким образом, в контрольном

варианте рост колеблется от $10\pm0,25$ см до $21\pm0,55$ см, в вариантах с препаратом раствора растения достигли на 30 день до $23,4\pm0,32$ см и наиболее высокий рост показал вариант с препаратом сухой наносеры, растения которые выросли до $27,95\pm0,597$ см (Таб. 1, Рис. 2).

Таблица 1 – Влияние различных препаратов наносеры на рост и развитие пшеницы

Эксперимент	10 дней	20 дней	30 дней
Контроль	$10\pm0,25$	$12,5\pm0,175$	$21\pm0,55$
Раствор препарата наносеры	$12\pm0,1$	$19,5\pm0,075$	$23,4\pm0,32$
Пастообразный препарат наносеры	$5\pm0,225$	$6,5\pm0,275$	$24,4\pm0,02$
Сухой препарат наносеры	$16,5\pm0,325$	$20\pm0,05$	$27,95\pm0,597$

При сравнении показателей роста пшеницы на 10, 20 и 30 дни опыт четко указывает, что препараты раствора нано-

серы и сухой препарат наносеры наиболее эффективны для увеличения роста пшеницы.

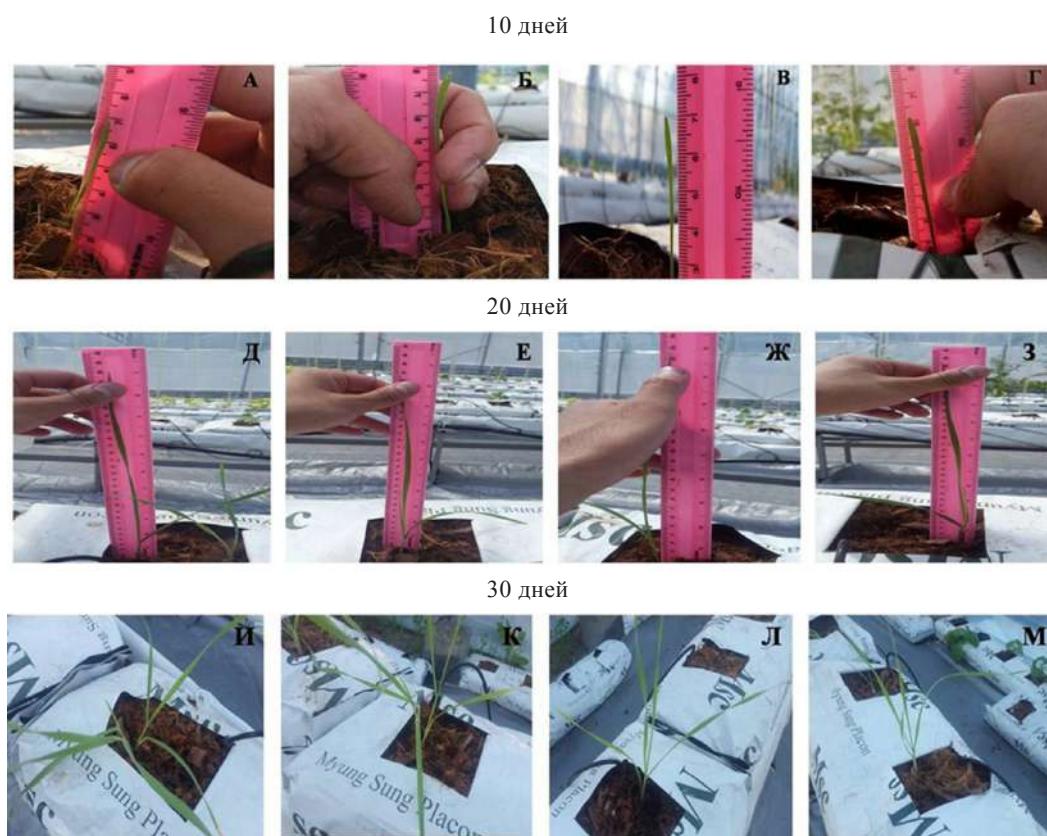


Рисунок 2 – Прорастание пшеницы (*Triticum L.*)

Примечание: контроль (А, Д, И); раствор наносеры (Б, Е, К); пастообразная наносера (В, Ж, Л); сухая наносера (Г, З, М)

Для достоверного анализа полученных данных нами были проведены анатомические исследования влияния наносеры на внутреннюю структуру корня и листа проростков пшеницы. Результаты показывают, что диаметр корня контрольного варианта на 484,74 мкм тоньше, чем с вариантом препарата раствора наносеры, у варианта с препаратом пастообразной наносеры толщина корня меньше на 114,36 мкм по сравнению с контролем. Высокие анатомические показатели корня были отмечены в

вариантах препарата раствора 1038,88±10,4 мкм и препарата сухой наносеры 931,22±9,8 мкм. В анатомическом строении корня пшеницы можно отметить то, что наносера в виде препаратов в растворе и в сухом виде положительно влияет на морфометрические показатели корня. В анатомическом строении листовой пластинки, согласно морфометрическим показателям, наблюдается увеличение данных в варианте с раствором наносеры по сравнению с другими вариантами (Таб. 2).

Таблица 2 – Анатомические показатели проростка пшеницы под влиянием препаратов наносеры, мкм

Анатомические показатели	Контроль	Препарат раствора наносеры	Препарат пастообразной наносеры	Препарат сухой наносеры
Корень				
Диаметр корня	554.14±4.3	1038.88±10.4	439.78±3.9	931.22±9.8
Толщина первичной коры	159.84±2.6	248.29±3.7	118.61±1.8	199.56±1.7
Диаметр центрального цилиндра	234.46±3.1	542.30±2.9	202.56±2.5	532.1±3.4
Лист				
Толщина верхнего эпидермиса	32.94±0.02	34.91±0.04	32.70±0.07	32.06±0.06
Толщина нижнего эпидермиса	30.54±0.04	32.25±0.08	30.40±0.03	30.74±0.07
Толщина средней жилки	352.01±4.8	539.62±5.7	327.48±3.9	239.55±2.7
Длина трихом	163.56±1.9	181.7±2.2	177.49±2.1	179.56±1.8

Дальнейшее изучение показало также формирование метамерной структуры пшеницы, при измерении междуузлий полученные данные указывают, что препарат раствора наносеры благоприятно действует на формирование фаз

развития. Из рисунка 3 можно наблюдать, что стебель пшеницы составляет 7 междуузлий. Раствор наносеры повлиял на длину междуузлий, самое длинное шестое междуузлие достигло 28±2,4 см.

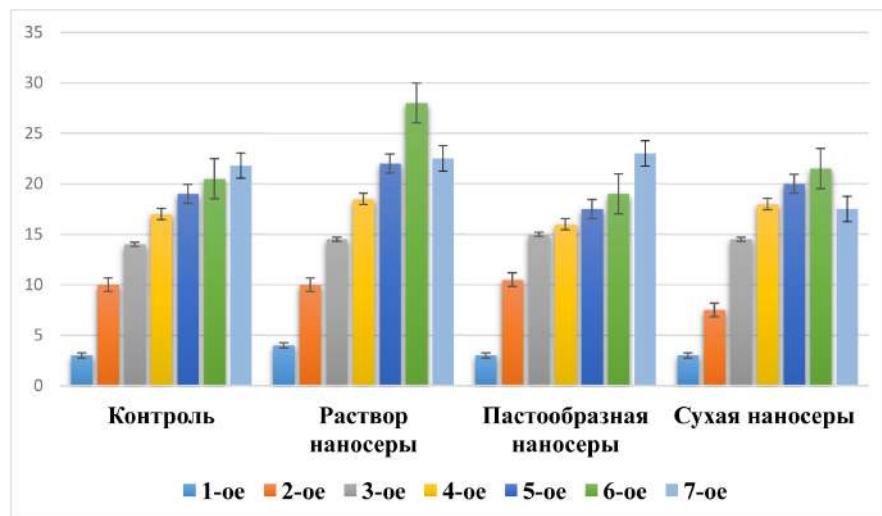


Рисунок 3 – Формирование метамерной структуры побега пшеницы

Исследуемая пшеница в различных вариантах в одно и то же время проходила разные вегетационные фазы формирования. Когда в контролльном варианте пшеница проходила фазу трубкования, в это время в вариантах с серосодержащими препаратами пшеница проходили фазу колошения, тем самым обеспе-

чивая раннюю спелость. Ранняя спелость была наблюдена за 3-4 недели в вариантах с наносерой по сравнению с контролем и это подтверждается данными рисунка 4. Исследования доказывают, что пшеница, выращенная без введения препаратов наносеры, созревает позже (рис. 5).

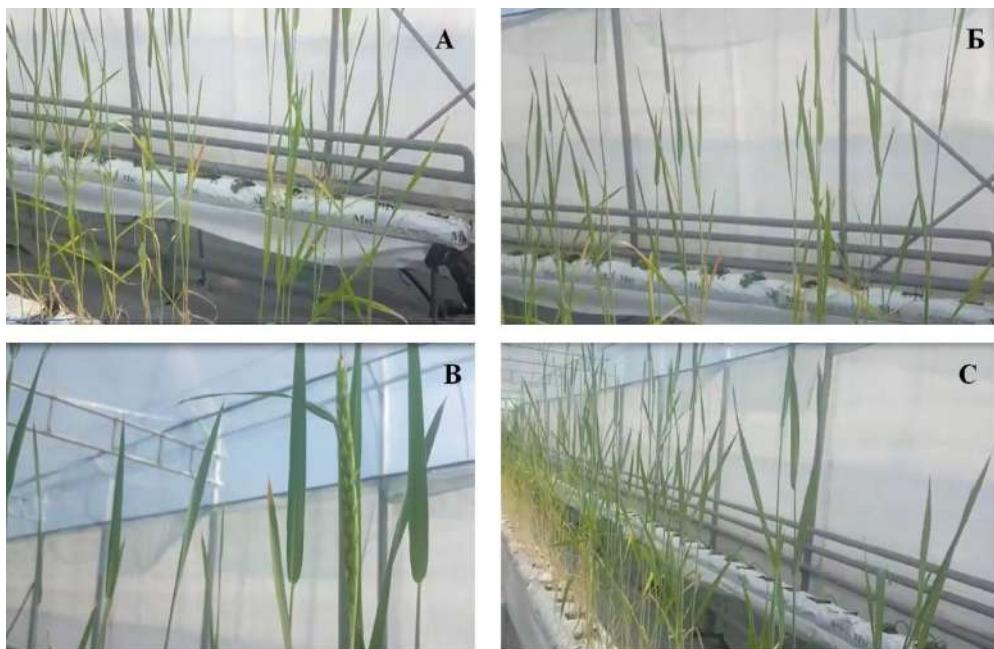


Рисунок 4 – Формирование фазы роста пшеницы:
контроль (А); препарат раствора наносеры (В); препарат пастообразной наносеры (Б); препарат сухой наносеры (Г)

Обеспеченность в фазу выхода в трубку при обработке препаратом раствора наносеры была высокой; в контролльном варианте и при обработке препаратом сухой наносеры – средней и повышенной, а при обработке препаратом

пастообразной серы – низкой. Данные результаты свидетельствуют о том, что при выращивании пшеницы эффективно применение серосодержащих препаратов в виде раствора и сухого порошка.

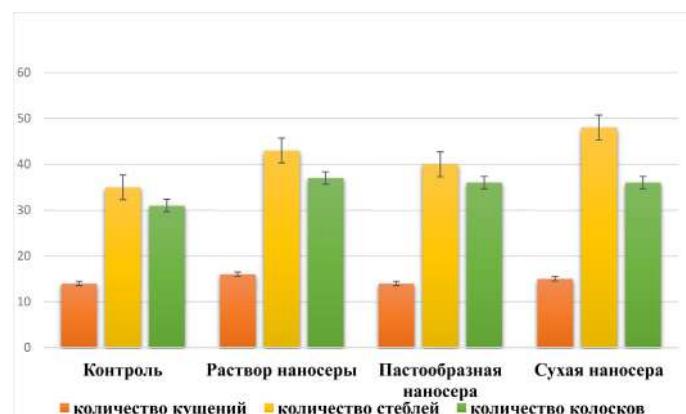


Рисунок 5 – Структурный анализ пшеницы

Анализ результатов показывает, что применение препаратов наносеры создало лучшие условия для роста и развития пшеницы, способствовало повышению густоты стояния культуры, ее кустистости, высоты и массы растений, количества листьев, размера флагового листа, что привело к увеличению урожайности. В варианте с препаратом раствора наносеры длина флагового листа достигла 20 см, а в контрольном варианте длина верхнего листа меньше на 4 см. Было замечено, что наносера

хорошо повлияла на формирование продуктивных стеблей, что является залогом урожайности пшеницы.

При проведении сравнительного структурного анализа было выявлено, что препарат раствора наносеры и препарат сухой наносеры благоприятно влияют на количество зерен, при этом количество колосьев и количество зерен в колосе преобладают по сравнению с контролем, что является основным элементом продуктивности (Рис. 5).

Таблица 3 – Структурный анализ пшеницы

Варианты	Высота растения, см	Длина главного колоса, см	Масса зерна с колоса, г	Число зерна в главном колосе, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
Контроль	105,3±2,6	6,7±0,65	10±0,04	15±0,9	26,5	13,9
Препарат раствора наносеры	119,5±2,8	9,1±1,05	10±0,06	20±1,1	38	32,6
Пастообразный препарат наносеры	104,9±1,5	7,3±0,38	7±0,03	17±0,7	29	19,7
Сухой препарат наносеры	102,1±1,9	8,3±0,97	8±0,07	18±0,8	30	25,9

Из таблицы 3 видно, что применение серосодержащего препарата в виде раствора повышает урожайность до 32,6 ц/га, без наносеры урожайность составила 13,9 ц/га.

Таким образом, при внесении препаратов наносеры урожайность пшеницы повышается почти в два раза.

Выводы

В проведенных опытах в трех повторностях на кокосовых стружках в теплице КазНУ имени аль-Фараби выявлена высокая степень влияния серосодержащих препаратов на урожайность пшеницы. Сравнительное влияние разных видов серосодержащих препаратов на пшеницу

показало, что они положительно влияют на всхожесть семян пшеницы, на рост и развитие, также обнаружена ранняя спелость зерна.

Морфометрические показатели увеличились в два раза по сравнению с контролем, структурный анализ показал полную характеристику повышения урожайности. Обнаруженный эффект может быть использован для создания промышленных препаратов стимуляторов роста растений на основе серосодержащего продукта. Полученные результаты указывают на возможность замены в ряде случаев традиционных токсичных препаратов на экологически безопасные отечественные продукты, что способствует предотвращению загрязнения окружающей среды.

Литература

- 1 Алыков Н.М. Влияние серосодержащих удобрений на всхожесть семян и рост корневой системы подсолнечника, пшеницы и сои // Агрохимия. – 2003. – №12. – С.38-41.
- 2 Волынкин В.И. Влияние интенсификации возделывания пшеницы на урожай и качество зерна // Агрохимия. – 2007. – №7. – С. 28-31.
- 3 Голов В.И. Сера и основные микроэлементы в почвах Дальнего Востока при многолетнем применении удобрений / В.И. Голов, С.В. Теплякова // Агрохимия. – 2000. – №10. – С. 20-27.

- 4 Гребенников А.М. Изменение содержания обменных форм кальция и магния в типичном чернозёме ЦЧО под влиянием фактора смешивания посевов // Агрохимия. – 2009. – № 3. – С. 45-53.
- 5 Маслова И.Я. Влияние поздних некорневых подкормок на содержание серы в зерне яровой пшеницы // Агрохимия. – 1998. – №3. – С. 2126.
- 6 Маслова И.Я. Воздействие содержащих серу аэробиогенных веществ на некоторые агрохимически значимые процессы и свойства почв // Агрохимия. – 2008. – № 6. – С. 80-94.
- 7 Маслова И.Я. Диагностика и регуляция питания яровой пшеницы серой / И.Я. Маслова. – Новосибирск.: В.О. «Наука». Сибирская издательская фирма, 1993. – 124 с.
- 8 Маслова И.Я. Особенности пополнения фонда доступной растениям серы в посевах с разной консервативностью гумуса // Агрохимия. – 2008. – № 3. – С. 5-14.
- 9 Маслова И.Я. Роль серы в продукционном процессе и усвоении азота в период налива зерна яровой пшеницы // Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 22-32.
- 10 Иваницкий Я. В. Влияние серы и кальция на зерновую продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // АВТОРЕФЕРАТ. Краснодар. – 2011. – 40 с.
- 11 Adamson, A., Järvan, M. The Effect of Sulphur on Yield Structure Elements and Yield of Winter Wheat // Transactions of ERIA, Saku. – 2006. – Vol. 71. – P. 61–66.
- 12 Zhao F.J., Hawkesford M. J., McGrath S.P. Sulphur Assimilation and Effects on Yield and Quality of Wheat // Journal of Cereal Science. – 1999. – Vol. 30. – Issue 1. – P. 1-17.
- 13 Sahota T.S. Importance of Sulphur in Crop Production // Northwest Link. – 2006. – P.10-12.
- 14 Ruiter J.M. de, Martin R.J. Management of nitrogen and sulphur fertilizer for improvement bread wheat (*Triticum aestivum*) quality // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 2001. – Vol. 29. – P. 287–299.
- 15 Ryant P., Hřívna, L. The effect of sulphur fertilisation on yield and technological parameters of wheat grain // Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sec. E. – 2004. – Vol. 59, 4. – P. 1669–1678.
- 16 Marschner H. Sulfur supply, plant growth, and plant composition // Mineral Nutrition of Higher Plants / Academic Press, Cambridge. – 1997. – P. 261–265.
- 17 Honermeier B., Simioniu F. Qualitätsmanagement von Backweizen // Getreide Magazin. – 2004. – Vol. 4. – P. 212–215.
- 18 Einfluss der Schwefeldüngung auf die quantitative Zusammensetzung der Kleberproteine in Weizenmehl // Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Jahresbericht. – 2001. <http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr2001.html>, 10.01.03.
- 19 Singh B.R. Sulfur and Crop Quality — Agronomical Strategies for Crop Improvement // Abstracts of COST Action 829 Meetings, Braunschweig, Germany (May 15-18, 2003). – P. 35–36.
- 20 Flaete N.E.S., Hollung K., Ruud L., Sogn T., Faergestad E.M., Skarpeid H.J., Magnus E.M., Uhlen A.K. Combined nitrogen and sulphur fertilisation and its effect on wheat quality and protein composition measured by SE-FPLC and proteomics // Journal of Cereal Science. – 2005. – Vol. 41, 3. – P. 357-369.
- 21 Györi Z. Sulphur content of winter wheat grain in long term field experiments // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2005. – Vol. 36, 1/3. – P. 373–382.
- 22 McGrath S.P. Sulphur: A secondary nutrient? Not anymore! // New AG International. – March 2003. – P. 70–76.
- 23 Flaten D. Effects of Sulphur Nutrition on Grain Quality of Wheat // ARDI Project Results, University of Manitoba, Winnipeg. – 2004, 7 pp.
- 24 Geiger F.M., Second harmonic generation, sum frequency generation, and (3): dissecting environmental interfaces with a nonlinear optical Swiss Army knife, Ann. Rev. Phys. Chem. – 2009. – Vol. 60. – P. 61–83.
- 25 Karimi J., Mohsenzadeh S. Rapid, green, and eco-friendly biosynthesis of copper nanoparticles using flower extract of Aloe vera, Synth. React. Inorg., Met.Org., Nano-Met. Chem. – 2015. – Vol. 45, № 6. – p 895–898.
- 26 Whitesides G.M. Nanoscience, nanotechnology, and chemistry, Small. – 2005. – Vol. 1. – p. 172–179.
- 27 Kuktaitė R. Protein Quality in Wheat. Changes in Protein Polymer Composition during Grain Development and Dough Processing // Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. – 2004. 39 pp.
- 28 Tea I., Genter T., Naulet N., Lummerzheim M., Kleiber D. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2007. – Vol. 87. – P. 2853–2859.
- 29 Dimkpa C.O., Latta D.E., McLean J.E., Britt D.W., Boyanov M.I., Anderson A.J. Fate of CuO and ZnO Nano- and Microparticles in the Plant Environment // Environmental science and technology. – 2013. V: 47. I: 9. P.: 4734-4742. DOI: 10.1021/es304736y
- 30 Hasan M.K., Liu C.X., Pan Y.T., Ahammed G.J., Qi Z.Y., Zhou J. Melatonin alleviates low-sulfur stress by promoting sulfur homeostasis in tomato plants // Scientific Reports. – 2018. – I: 8. Номер статьи: 10182 DOI: 10.1038/s41598-018-28561-0
- 31 Tisdale S.L. Secondary nutrients in liquid fertilisers: Sulphur: Part 1. An introduction // Fert. Solut. – 1974. – V. 18. – P. 8-18.
- 32 Шкель М.П. Применение серосодержащих удобрений. – Минск: Ураджай, 1979. – 63 с.
- 33 Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. Справочник. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 235 с.
- 34 Шевякова Н.И. Метаболизм серы в растениях. – М.: Наука, 1979. – 167 с.
- 35 Archer M.B.I. A sand culture experiment to compare the effects of sulphur on five wheat cultivars (*T. aestivum L.*) // Austral. J. Agric. Res. – 1974. – V. 25 – № 3. – P. 369-380.
- 36 Светлов В.А., Шамсутдинов И.Ш., Вальников И.У. Эффективность серосодержащих удобрений // Химия в с.-х. – 1987. – №9. – С. 38-40.

References

- 1 Alykov N.M. (2003) Vlijanie serosoderzhashhih udobrenij na vshozhest' semjan i rost kornevoj sistemy podsolnechnika, pshenicy i soi [Effect of sulfur-containing fertilizers on the germination of seeds and growth of the root system of sunflower, wheat and soybean]. *Agrohimiya* 12, pp. 38-41.
- 2 Adamson A., Järvan, M. (2006) The Effect of Sulphur on Yield Structure Elements and Yield of Winter Wheat. *Transactions of ERIA* 71, Saku, pp. 61-66.
- 3 Archer M.B.I. (1974) A sand culture experiment to compare the effects of sulphur on five wheat cultivars (*T. aestivum* L.). *Austral. J. Agric. Res.* V. 25, № 3, pp. 369-380.
- 4 Cerling V.V. (1990) Diagnostika pitanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Spravochnik [Diagnosis of nutrition of crops. Directory]. Moscow, Agropromizdat, pp. 235.
- 5 Dimkpa C.O., Latta D.E., McLean J.E., Britt D.W., Boyanov M.I., Anderson A.J. (2013) Fate of CuO and ZnO Nano- and Microparticles in the Plant Environment. *Environmental science & technology*. V.: 47. I: 9. P.: 4734-4742. DOI: 10.1021/es304736y
- 6 Einfluss der Schwefeldüngung auf die quantitative Zusammensetzung der Kleberproteine in Weizenmehl. *Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Jahresbericht* (2001) <http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr2001.html>, 10.01.03.
- 7 Flæte N.E.S., Hollung K., Ruud L., Sogn T., Faergestad E.M., Skarpeid H.J., Magnus E.M., Uhlen A.K. (2005) Combined nitrogen and sulphur fertilisation and its effect on wheat quality and protein composition measured by SE-FPLC and proteomics. *Journal of Cereal Science* 41, 3, pp. 357-369.
- 8 Flaten D. (2004) Effects of Sulphur Nutrition on Grain Quality of Wheat. *ARDI Project Results*, University of Manitoba, Winnipeg, 7 pp.
- 9 Geiger F.M. (2009) Second harmonic generation, sum frequency generation, and (3): dissecting environmental interfaces with a nonlinear optical Swiss Army knife. *Ann. Rev. Phys. Chem.*, vol. 60, pp. 61–83.
- 10 Golov V.I. (2000) Sera i osnovnye mikroelementy v pochvah Dal'nego Vostoka pri mnogoletnem primenenii udobrenij [Sulfur and basic microelements in soils of the Far East with long-term application of fertilizers] ed. by V.I. Golov, C.B. Tepljakova. *Agrohimiya* 10, pp. 20-27.
- 11 Grebennikov A.M. (2009) Izmenenie soderzhanija obmennyh form kal'cija i magnija v tipichnom chernozome CChO pod vlijaniem faktora smeshivanija posevov [The change in the content of calcium and magnesium exchange forms in typical chernozem of the Central Chernozem region under the influence of the mixing factor of crops]. *Agrohimiya* 3, pp. 45-53.
- 12 Györi Z. (2005) Sulphur content of winter wheat grain in long term field experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36, 1/3, pp. 373–382.
- 13 Hasan M.K., Liu C.X., Pan Y.T., Ahammed G.J., Qi Z.Y., Zhou J. (2018) Melatonin alleviates low-sulfur stress by promoting sulfur homeostasis in tomato plants. *Scientific Reports*. I: 8 . Номер статьи: 10182 DOI: 10.1038/s41598-018-28561-0
- 14 Honermeier B., Simioniu F. (2004) Qualitätsmanagement von Backweizen. *Getreide Magazin*, 4, 212–215.
- 15 Ivanickij Ja. V. (2011) Vlijanie sery i kal'cija na zernovuju produktivnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy [Effect of sulfur and calcium on grain productivity and quality of winter wheat grain]. AVTOREFERAT [ABSTRACT]. Krasnodar, 40 pp.
- 16 Karimi J., Mohsenzadeh S. (2015) Rapid, green, and eco-friendly biosynthesis of copper nanoparticles using flower extract of Aloe vera, *Synth. React. Inorg., Met.Org., Nano-Met. Chem.*, vol. 45, no. 6, pp. 895–898.
- 17 Kuktaite R. (2004) Protein Quality in Wheat. Changes in Protein Polymer Composition during Grain Development and Dough Processing. *Doctoral Thesis*, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, 39 pp.
- 18 Marschner H. (1997) Sulfur supply, plant growth, and plant composition. In: *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Academic Press, Cambridge, pp. 261–265.
- 19 Maslova I.Ja. (1993) Diagnostika i reguljacija pitanija jarovojoj pshenicy seroj [Diagnosis and regulation of spring wheat nutrition]. Novosibirsk: Nauka, 124 pp.
- 20 Maslova I.Ja. (1998) Vlijanie pozdnih nekornevnyh podkormok na soderzhanie sery v zerne jarovojoj pshenicy [Effect of late root foliar fertilization on the sulfur content in the grain of spring wheat]. *Agrohimiya* 3, pp. 2126.
- 21 Maslova I.Ja. (2004) Rol' sery v produktionnom processe i usvoenii azota v period naliva zerna jarovojoj pshenicy [The role of sulfur in the production process and the assimilation of nitrogen during the period of grain spring wheat]. *Agrohimiya* 7, pp. 22-32.
- 22 Maslova I.Ja. (2008) Vozdejstvie soderzhashhih seru ajerotehnogennych veshhestv na nekotorye agrohimicheski znachimye processy i svojstva pochv [The impact of sulfur-containing aerotechnogenic substances on some agrochemical processes and soil properties]. *Agrohimiya* 6, pp. 80-94.
- 23 Maslova I.Ja. (2008) Osobennosti popolnenija fonda dostupnoj rastenijam sery v posevah s raznoj konservativnost'ju gu-musa [Features of fund replenishment available to plants of sulfur in crops with different conservativeness of humus]. *Agrohimiya* 3, pp. 5-14.
- 24 McGrath S.P. (2003) Sulphur: A secondary nutrient? Not anymore! *New AG International*, March 2003, pp. 70–76.
- 25 Ruiter J.M. de, Martin R.J. (2001) Management of nitrogen and sulphur fertilizer for improvement bread wheat (*Triticum aestivum*) quality. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 29, pp. 287–299.
- 26 Ryant P., Hřívna, L. (2004) The effect of sulphur fertilisation on yield and technological parameters of wheat grain. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, Sec. E. 59, 4, 1669–1678.
- 27 Sahota T.S. (2006) Importance of Sulphur in Crop Production. *Northwest Link*, pp. 10-12.
- 28 Shevjakova N.I. (1979) Metabolizm sery v rastenijah [Metabolism of sulfur in plants]. Moscow: Nauka, 167 pp.
- 29 Shkel' M.P. (1979) Primenie serosoderzhashhih udobrenij [Application of sulfur-containing fertilizers]. Minsk: Uradzhaj, 63 pp.

- 31 Singh B.R. (2003) Sulfur and Crop Quality — Agronomical Strategies for Crop Improvement. *Abstracts of COST Action 829 Meetings*, Braunschweig, Germany (May 15-18, 2003), pp. 35–36.
- 32 Svetlov V.A., Shamsutdinov I.Sh., Val'nikov I.U. (1987) Jeffektivnost' serosoderzhashhih udobrenij [Effectiveness of sulfur-containing fertilizers]. *Himija v s.-h.* 9, pp. 38-40.
- 33 Tea I., Genter T., Naulet N., Lummerzheim M., Kleiber D. (2007) Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread-making quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, pp. 2853–2859.
- 34 Tisdale S.L. (1974) Secondary nutrients in liquid fertilisers: Sulphur: Part 1. An introduction. *Fert. Solut.* 18, pp. 8-18.
- 35 Volynkin V.I. (2007) Vlijanie intensifikacii vozdelyvaniya pshenicy n urozhaj i kachestvo zerna [Effect of intensification of wheat cultivation on crop and grain quality]. *Agrohimiya* 7, pp. 28-31.
- 36 Whitesides G.M. (2005) Nanoscience, nanotechnology, and chemistry, Small., vol. 1, pp. 172–179.
- 37 Zhao F.J., Hawkesford M. J., McGrath, S.P. (1999) Sulphur Assimilation and Effects on Yield and Quality of Wheat. *Journal of Cereal Science* 30, Issue 1, pp. 1–17.

FTAMP 87.27.05.

¹Мамутов Ж.У., ²Бірімжанова З.С., ³Абдрахимова Ә.О.

¹б.ғ.д., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., е-mail: zhekenmamutov@gmail.com

²х.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: bzubiras@mail.ru
³магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: aigerim0909@bk.ru

БИОГУМУСТЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІ ТӘСІЛДЕРІН ИЗДЕСТИРУ НӘТИЖЕЛЕРИ

Соңғы жылдары топырақтың құнарлылығын, ондағы қоректік заттардың мөлшерлерін молайтпай-ақ, оған егілетін дақылдардың өсу қарқындылықтарын биогумус арқылы арттыру бағыттары екпінді түрде зерттеліп қарастырылып жатыр.

Қызанақ дәндерін себу алдындағы сұйық биогумустың 60%-дық ерітіндісі мен 24 сағат бойы өндөлгендері тиімді болды. Осы режимде дайындалған қызанақ дәндерін топырақтағы 3т/га мөлшерлерде құрғақ биогумусы бар нұсқаға егу салыстырмалы түрде жақсы нәтижесін көрсетті. Осы режимде өндөлмеген қызанақ дәндерін топырағында 3 т/га мөлшерде биогумусы бар нұсқаға егу жақсы нәтижесін көрсетті, ал қалған дозаларда (2 және 1 т/га) өсу қарқындылықтары айтарлықтай тәмен болды. Ең нашар көрсеткішке ие болған нұсқалардың қатарында ешбір биогумустың қоспасы жоқ топыраққа егілген қызанақтың құрғақ дәндері болды. Бұл көрсеткіш эксперименттің барлық нұсқаларына бақылау міндетін атқарды. Бұл зерттеулерді әрі қарай жалғастырып, өндіріске ұсыну денгейіне дейін жеткізу әрекетін іске асырған жағдайда, қызанақтың дәндерін 60%-дық сұйық биогумуста 24 сағат бойы ұстап, құрамында 3т/га мөлшерде құрғақ биогумусы бар топыраққа еккен тиімді болатын тенденция анықталды. Ол үшін далалық жағдайда жан-жақты эксперименттер жүргізу қажеттіліктері туындаиды.

Түйін сөздер: биогумус, құрғақ биогумус, сұйық биогумус, қызанақ, өну қарқындылығы, тәсілдер, тиімді әсер.

¹Mamutov Zh.U., ²Birimzhanova Z.S., ³Abdrakhimova A.O.

¹Doctor of Biological Sciences, Professor, al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: zhekenmamutov@gmail.com

²Candidate of Chemistry, associate professor, al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: bzubiras@mail.ru

³Master student, al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: aigerim0909@bk.ru

The Results of the Search for Effective Ways of Using Vermicompost

This article presents the results of a study of the effect of vermicompost on the growth and development of tomatoes. It has been established that seed treatment with 60% liquid biohumus for 24 hours effectively influences seed germination and tomato growth intensity. When sowing in soil containing 3 tons per hectare of biohumus, it showed the best result, and doses of 1 and 2 t / ha were less effective. The worst results were obtained when growing tomato seeds in soil, where there was no biohumus and this option served as a control for the whole experimental experience. To recommend and introduce the results of laboratory experiments, the most effective are the results of experiments with the option of preseeding tomato seeds with 60% liquid biohumus for 24 hours when applied to soil containing 3 tons per hectare of dry biohumus. It is simple and affordable for farming, and most existing analogues are designed for researchers in the laboratory. In this case, the first filtrate of 10-liter suspension was used by its repeated passage through thicker dry vermicompost. The work has a scientific and practical value in terms of the integrated use of biohumus to improve soil fertility and stimulation of agricultural crops.

Key words: biohumus, tomato, germination, intensity, method, effective effect.

¹Мамутов Ж.У., ²Биримжанова З.С., ³Абдрахимова А.О.

¹д.б.н., профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: zhekenmamutov@gmail.com

²к.х.н., доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: bzubiras@mail.ru
³магистрант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: aigerim0909@bk.ru

Результаты поиска эффективных способов использования биогумуса

В данной статье представлены результаты исследования влияния биогумуса на рост и развитие томатов. Показано, что обработка семян 60%-ным жидким биогумусом в течение 24 часов эффективно влияет на всхожесть семян и интенсивность роста томата. При посеве в почву, имеющую в своем составе 3 т/га биогумус, показал наилучший результат, а дозы 1 и 2 т/га оказались менее эффективными. Самые худшие результаты были получены при выращивании семян томата в почву, где отсутствовал биогумус, и этот вариант служил контролем для всего экспериментального опыта. Для рекомендации и внедрения в производство результатов лабораторных опытов установлены способы и дозы предпосадочного внесения биогумуса, разработаны дозы применения биогумуса для промышленного производства рассады. Наиболее эффективными являются результаты экспериментов с вариантом предпосевной обработки семян томата 60%-ным жидким биогумусом в течение 24 часов при внесении в почву, содержащую 3 т/га сухого биогумуса. Работа имеет научно-практическую ценность в плане комплексного использования биогумуса для повышения плодородия почв и стимуляции сельскохозяйственной культуры.

Ключевые слова: биогумус, сухой биогумус, жидкий биогумус, томат, всхожесть, интенсивность, способ, эффективное воздействие.

Кіріспе

Сонғы жылдары әлемдегі халық санының жылдам өсуі көптеген экологиялық мәселелерді тұдымып отыр. Соның ішінде оларды таза азықтулікпен қамтамасыз етіп, әсіресе экологиялық жағынан сапалы түрлерін өндіру мақсаты бірінші кезекте тұр [1]. Қазіргі кезде жер қорларының басым көпшілігі жаппай егістікке пайдаланылып, оларға көбінесе минералды тыңайтыштар қолданылады [2]. Сонымен қатар көп жерлер деградацияға ұшырап, топырақ құнарлылығы азайып, оның тозуы сияқты сапасын төмендететін жағдайлар бой алуда [3, 4]. Мұндай экологиялық апатты жағдайлардың алдын алу үшін топырақтың биологиялық құнарлылығын арттыру шараларын қарастыру қажет. Бұл бағыттағы ізденістер кең етек алып, агротехникалық үрдістерді жаппай биологияландыру қарқынды қалыптасуда [5-7]. Солардың ішіндегі негізгі бағыт болып, биогумусты пайдаланып, топырақтың құнарлылығын арттыруға жаппай қолдану – агробиологиялық шаралардың өзекті мәселесіне айналып тұр [8-10].

Биогумус – дақылдардың өнімділіктерін арттыру үшін калифорниялық қызыл құрттардың катысуларымен органикалық заттардан (сиырдың көні, құс санғырығы және т.б.) өнделініп алынатын, экологиялық тұрғыдан таза, табиғи тыңайтыш болып саналады [11, 12]. Олардың иіссіздігі, түйіршіктігі, қарақоңыр түстілігі және адам денсаулығына зиянсыз болатындығы жанжақты дәлелденген.

Биогумус табиғи тыңайтыш, басым бөлігін органикалық заттар, макро- және микроэлементтер құрайды [13]. Олардың құрамында болатын атмосферадағы азотты сініретін (азотфиксация) бактериялар, фосфаттарды ерітін микроағзалар, пайдалы санырауқұлақтар мен фитогормондар (гиббереллиның, ауксиндер, цитокинин) өсімдіктің ауруға шалдықпай тұрақты өсуіне оңтайлы жағдай туындалады [10]. Биогумус барлық дақылдардың өнімділігін арттырып, өсімдіктердің иммунитетін нығайтып, тамырдың түзілуін реттеп, фотосинтезін екпінділігін жоғарылатуға әсер етеді [14-16].

Сонымен қатар, биогумус, өсімдіктердің зиянкес жәндіктері мен түрлі ауруларға қарсы тұратын қабілеттерін күшейтеді. Мысалы, олардың ауруларға қарсы тәзімділігін арттыру үшін, 1 л суға 50-100 г биогумус ерітіндісін қосып пайдалану қажет [13]. Экологиялық таза тыңайтышты ауыл шаруашылық дақылдарын еgetін жерлерге ғана емес, сондай-ақ, орман шаруашылығында, гүл еgetін кезде, топырақты рекультивациялаған және реанимациялаған уақыттарда қолдануға болады [17].

Биогумустың тиімділігін зерттеген көптеген ғылыми-зерттеу жұмыстарын корыта келе келесідей топтамалардан тұратын тұжырымдық қорытындылар жасауға болады [18-20]:

– барлық дақылдардың өнімділігін 50-100%-ға дейін арттырады және өсімдіктердің иммунитеттерін нығайтады;

– тамырдың түзілуін реттеп, фотосинтезі жоғарылатып, әсіресе көкөністер мен жеміс-

тер құрамындағы көмірсүтегі, ақуыз және витамиnderді көбейтеді.

Басқа да зерттеушілер топырақ құнарлылығын қалпына келтіру [21], жақсарту және көпжылдық өсімдіктердің өнімділіктерін арттыру үшін экологиялық, экономикалық тұрғыдан биогумустың 30 т/га оңтайлы мөлшер (доза) ретінде енгізу қолайлы дейді. Кейде, ақпарат құралдарының беттерінен, «биогумус топыраққа көрі әсер етпейді, оны көптеп қоса беруге болады» деген түсініктерді де кездестіруге болады [22]. Топырақтағы 20% жауын құрттардың қатысуымен алынатын вермикорда оңтайлы әсер ететін болса, оны 25%-дан артық қосқан жағдайда, топырақ микрофлорасын құрайтын нитрификаторлар, денитрификаторлар, әсіресе, фосфат ерітуші бактериялар мөлшерін кеміткен [13, 16].

Бір тонна көннен 4-5 айдың ішінде 500-600 килограмм биогумус және 60 килограмм құрттар алуға болады [23], ал әрбір құрттың тәулік саяын өз салмағына тең түрлі қалдық жетінін жоғарыда айтып өттік. Сонымен, биогумус, қоршаған ортаға еш зиянсыз, көп өнім алуға мүмкіндік туғызатын органикалық тыңайтқыш қана емес, ол, сондай-ақ экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді құрал болып табылады [24, 25].

Қазақстанда да мұны алу саласын дамыту мақсатында, соңғы 15-25 жылда біраз ізденіс жұмыстары жүргізілп жатыр [18]. Біздің елге, ең алғаш, тоқсанынши жылдардың бас кезінде, биолог ғалым Ж. Әзімовтің белсенді әрекеттері арқасында Украинадан калифорниялық қызыл құрттар әкелінген.

2008 ж. Қазақстанда органикалық қалдықтарды өндеп, биогумус өндірудің технологиясын жасау мақсатында үнемі гранттарды ҚазҰУ-дың доценті К.Қ. Богуспаев пен б.ғ.к. М.А. Жексембековага қарасты «Мәншүк» ауыл шаруашылық шағын қәсіпорнының территориясында экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді биогумус алу технологиясы жолға қойылған екен [26]. Олар Алматы облысындағы Еңбекші-Қазақ ауданының Тұрген елдімекеніндегі аңғардың астында бір жыл ұсталған сиыр, жылқы көндерінен үйінділер жасап, оларға калифорниялық қызыл құрттарды жіберген [22]. Оларға құрттарды өсіру және оларға субстраттар жасауды биология ғылымдарының кандидаты, Мемлекеттік Владимир университетінің (Ресей Федерациясы, Владимир қ.) доценті И.Н. Титов көрсетіп, жауын құрттарын көбейтуде көп кеңес берген

[27]. Қәсіпорындағы егіншілер, көктемде астық дақылдарын еккеннен кейін, арықтың басына биогумусты төгіп, олардың әр өсімдікке баруын қамтамасыз етеді. Сонда, су арқылы жылжыған биогумус астық дақылдарына барып, олармен толығымен сініріледі [28].

Республика бойынша жауын құрттарының биологиясын жан-жақты зерттеп, олардың биогумусты өндірудегі іс-әрекеттерін тиянақты танып-біліп, нәтижесінде, өндіріске кеңінен ендируге үзбей талаптанып жүрген ғылыми-өндірістік топтардың қатарындағы табысты еңбек етіп жүргені К.Қ. Богуспаевтың жетекшілігіндегі ізденімпаздар екенін ерекше атаған орынды болар [26].

Зерттеу нысаны мен әдістері

Зерттеу нысандарының ең негізгісі «Заря востока» сортының қызанак дәндері мен олардың өскіндері болып табылады. Сынақтан өткізетін дәндер Қазақ картоп және көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтынан (ҚазККШГЗИ) алынды. Жұмысымыздың басты мақсатына байланысты екінші нысанға биогумустың сұйық және құрғақ түрлері жатады. Мұның құрғақ түрін калифорниялық қызыл жауын құртын (*Lumbricina*) пайдаланып, Алматы облысындағы Карасай ауданындағы ірі қара майдың қынан «Greentir» фирмасымен бірге өндіріп алып, соңғы жасап шығарылған әдіспен сұйық түріне айналдырық [28]. Қызанак дәндері мен биогумустың құрғақ және сұйық түрлерін сынау арқылы өсірген өскіндер мен көшеттер біздің зерттеу нысандарымыздың үшінші тобына жатады.

Зерттеу әдістерінің қатарындағы биогумустың өзін өндіру технологиясы мен тәсілдерінің ықпыш-жықпышылын баяндаудың қажеті жоқ екендігі құмән тудырмайтындығын айта кеткен жөн. Бірақ, құрғақ биогумусты мақсатымыздың талабына сәйкес, сұйық құйге айналдырудың ре-тін баяндауды қажет деп білдік [29].

Біздің оймызыша, сұйық биогумус (СБГ) алудың колданыстағы әдістерінің ең маңызды кемшиліктеріне СБГ концентрациясын төмендегу және жеке ауыл шаруашылық дақылдарының тыңайтқыштарының мөлшерін дозалауға мүмкіндік бермейді. Мәселе, кейбір өсімдіктер СБГ үлкен мөлшерін бастапқы қүйіне қарағанда артық тұтынуы мүмкін, ал кейбіреулеріне сөзсіз көп мөлшерде СБГ жұмсалынады. Сондықтан, СБГ алудың әдістемесін өзгерту қажет және олар келесі практикалық тәсілдермен ерекшеленеді:

– бастапқы күйіндегі СБГ оның қолданыстағы аналогтарына қарағанда әлдеқайда қанық концентрациялы болуы керек. СБГ-нің күйі белгілі бір мақсаттар мен міндеттерге сәйкес, олардың кез келген концентрацияларын (сүйылту) алуға мүмкіндік береді;

– СБГ жоғары концентрациясы бұл сүйықты азотобактер (*Azotobacter*), аниробактер (*Arthrobacteria*), гумустың ыдырататын микрофлоралар және т.б. сияқты агрономиялық пайдалы қасиеттері бар микроорганизмдерді пайдалану арқылы оларды байытуға мүмкіндік береді.

Сонымен, түбінде СБГ ағызыға арналған шүмегі бар, сыйымдылығы 10 литрлік ыдысты қолдана отырып, ішіне 5 кг биогумус (БГ) және хлорсыздандын су немесе өзен сұымен толтырылады. Екі тәулік бойына тұндырылды. Осыдан кейін астындағы шүмек арқылы сүйықтық ағызылып, қайтадан сол сыйымдылыққа құйылады. Бұл операцияның қажеттілігі, біріншіден, судың бірінші бөлігі БГ-нің бойынан толық өтіп сүзіледі де, шүмек арқылы сыртқа шығарылады.

Енді, осы дайындалған сүйық биогумустың әртүрлі концентрациялары мен әртүрлі уақыт аралықтарында өндеп, бір мезгілде егудің қызанақ дәндерінің өніп және өсу қарқындылықтарына әсерлерін зертханалық эксперимент арқылы айқындау мәселесі туындарды. Ол үшін ретімен орындалатын дайындық жұмыстары жүргізіліп, тәжірибе талаптарына сәйкестендірілген сынап жұмыстары жүргізілуге тиіс болды. Сондықтан, эксперимент басталmas бұрын, 360 пластмассадан жасалған стакандарға жоспарланған нұсқаларды әріптік символдармен көрсететін этикеткалар жапсырылды. Осы стакандардың әрқайсысына 5 қызанақ дәндерін

салып, құндізгі сағат оннан бастап, олардың үстіне әр сағат сайын 5 мл-ден 20, 40, 60, 80, 100%-дық концентрациялы сүйық биогумус құйылып шықты. Ең соңғы ертінді 24 сағат өткеннен кейін құйылып, бір сағаттан кейін барлық 360 стакандардағы дәндерді бір мезгілде 90 г өзен құмы бар стакандарға ектік. Мұнда, қызанақ дәндерінің өну сандарын және өсу қарқындылықтарын (биіктіктерін) анықтады.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Қызанақ дәндерін сүйық биогумустың әртүрлі концентрациялары мен әртүрлі уақыт аралықтарында өндеп, бір мезгілде егудің, олардың өніп және өсу қарқындылықтарына әсерлерін анықтау өте құрделі әдіс-тәсілдерді қажет ететіндігі жоғарыда толық баяндалынды.

Кестедегі мәліметтерге жүгінсек, бірден көзге түсsetін зандылық – сүйық биогумустың концентрациясы артқан сайын, олардың қызанақ дәндеріне жағымды әсерлері арта береді де, ен қарқынды өскені ертіндінің 60%-дық концентрациясына тән болып шықты. Әрине, ол өскіндердің мөлшерлері бірнеше сантиметрғана болып келеді. Дәл осындай зандылық қызанақ дәндерінің сүйық биогумустың ішінде бөктірілген уақыты ұзаган сайын байқалады да, бір тәуліктік (24 сағат) өндеген дәндердің өсу қарқындылықтары басым болғаны көрінеді. Біз байқаған осы екі күбылыс қызанақ дәндерінің өнулеріне де тән екендігі анықталды. Осылардың 100%-дық өнулері биогумус ертіндісінің 60%-дық концентрациясы мен 24 сағаттық экспозициялық өндеу режимінде анық айқындалады.

Кесте – Биогумустың әр түрлі концентрацияларының қызанақ дәндерінің өнуіне және өсуіне әсері

Өндөл ген уақыт, сағат	Сүйық биогумустың концентрациясы %									
	20		40		60		80		100	
	Өнгіш тік, %	□Ұзын дық, см.	Өнгіш тік, %	□Ұзын дық, см.	Өнгіш тік, %	□Ұзын дық, см.	Өнгіш тік, %	□Ұзын дық, см.	Өнгіш тік, %	□Ұзын дық, см.
1	80	2,80±0,20	80	3,13±0,17	80	3,62±0,17	80	3,23±0,17	90	3,05±0,18
2	80	2,89±0,19	80	3,05±0,18	80	3,04±0,24	80	3,15±0,17	80	3,14±0,17
3	80	2,80±0,20	80	3,07±0,19	90	3,53±0,18	80	3,64±0,12	80	3,03±0,14
4	80	3,25±0,15	80	3,82±0,09	100	3,62±0,17	80	3,82±0,14	80	4,46±0,22
5	80	3,05±0,18	80	3,54±0,13	100	3,63±0,15	90	3,91±0,13	90	5,32±0,11
6	80	2,89±0,2	70	3,63±0,11	90	4,02±0,12	90	3,86±0,14	80	5,28±0,12

7	80	3,53±0,12	70	4,17±0,05	90	3,82±0,14	90	3,53±0,18	100	6,16±0,02
8	80	3,05±0,18	80	4,06±0,06	90	4,03±0,11	100	4,65±0,05	80	6,07±0,03
9	80	3,07±0,18	80	4,02±0,07	100	4,02±0,12	100	4,94±0,01	90	6,52±0,03
10	80	6,22±0,20	80	4,26±0,04	100	4,01±0,12	100	4,55±0,06	100	6,26±0,003
11	80	6,19±0,20	80	4,04±0,07	100	4,13±0,11	90	4,38±0,08	90	7,33±0,12
12	80	4,62±0,01	80	4,22±0,05	100	4,24±0,09	90	3,26±0,21	90	6,72±0,05
13	80	4,67±0,02	90	3,37±0,14	90	4,15±0,10	90	4,14±0,10	90	6,91±0,07
14	60	4,32±0,02	90	3,15±0,17	90	4,43±0,07	90	3,63±0,17	90	6,63±0,04
15	80	5,05±0,05	90	3,13±0,15	100	4,32±0,08	80	4,76±0,03	80	7,22±0,11
16	80	5,27±0,08	90	5,04±0,05	100	4,23±0,09	80	4,18±0,10	80	6,81±0,06
17	80	5,73±0,14	90	5,33±0,08	100	5,04±0,01	80	5,06±0,02	90	6,65±0,04
18	80	5,73±0,14	90	5,19±0,06	90	5,03±0,01	90	5,04±0,01	90	7,73±0,17
19	80	5,07±0,05	90	5,08±0,06	90	5,05±0,01	83	5,17±0,02	90	7,64±0,16
20	80	5,04±0,05	90	6,22±0,19	90	6,03±0,11	100	6,23±0,14	100	7,59±0,15
21	80	5,61±0,12	90	7,07±0,29	100	7,24±0,26	100	7,54±0,23	100	7,22±0,11
22	80	5,83±0,15	90	6,38±0,21	100	9,52±0,12	100	7,48±0,24	100	8,06±0,21
23	80	5,92±0,16	90	7,19±0,30	100	9,81±0,16	100	7,16±0,25	100	8,35±0,24
24	80	5,93±0,16	90	6,78±0,25	100	10,73±0,27	100	7,94±0,31	100	8,24±0,23

Ескерту: – жер үсті мүшесінің ұзындығы.

Сонымен бұл эксперименттік сынақтан шығатын қорытынды – қызанак дәндерін сұйық биогумустың 60%-дық концентрациясы мен 24 сағаттық уақыт аралығында алдын ала өндеу, олардың өнгіштігіне және есу қарқындылықтарына жағымды әсер етеді.

Қызанактың 300 дана дәнін таңдап алып, оларды тендей етіп үшке бөліп, 100 дәнді 40%-дық, келесі жүзін 60%-дықта, ал үшінші жүздігін 80%-дық концентрациялы сұйық биогумусқа салып, бәрін 24 сағат ұстап, бір мезгілде топырағы бар ыдысқа ектік. Нәтижесінде, бірінші жүргізген эксперименттегі заңдылық қайталанды, яғни 40%-дықта 10,3 см, 60%-та 15,8 см, ал 80%-пайыздық концентрациялы сұйық биогумуста бектіріп ұсталған дәндерден шыққан өскіндердің орташа ұзындықтары 12,3 см болды. Осы нәтижелерді алғаннан кейін, жүргізілген сынақтардың күмәнсіз көрсеткіштеріне толық сендік, яғни 60%-дық биогумуста 24 сағат ұсталған қызанак дәндері жақсы көрсеткішке ие болды. Әсіреле, соңғы тәжірибелін қайталымы 10 рет, әрбір ыдысқа егілген дәннің сандары 10-нан болғаны сенімділіктеріміз-

ді арттыра түсті. Алма-арасан өзенінің табиғи шайылған, електен өткізгеннен кейін тағы бір рет дистелденген сумен жуылған құм болды. Мұның мақсатын нақтылай түссек келесідей мазмұнға ие болады: топырақ субстратындағы құрғақ және сұйық биогумустың әр түрлі мөлшерлерінің (дозаларының) қызанактың дәндерінің өну және өскіндердің есу қарқындылықтарына әсерлерін анықтау. Мұны тексеру үшін Онтүстік Қазақстан облысынан алдырған (0-30 см) орташа механикалық құрамдағы тұзданбаған сұрғылт (серозем) топырақ және оған ендіретін құрғақ биогумуспен, себебі алдында сұйық биогумуспен 60%-дық 24 сағат бойы алдын ала өнделген қызанак дәндерінен өсірілген өскіндердің есу қарқындылықтарын зерттеуге тура келді.

Жүргізілген тәжірибелер келесі кезеңдер мен нұсқаларды (варианттарды) қамтыды:

- 1) 3 т/га сәйкес 2,6 г биогумустың + 500 г топырақ субстраты;
- 2) 2 т/га = 1,73 г;
- 3) 1 т/га = 0,86 г
- және 4) Биогумус ендірілмеген таза топыраққа егілген 20 қызанак дәндері бақылау (контроль) міндеттін атқаратын болады.

Екінші тәжірибеленің мақсаты: 500 г топыраққа егілген 20 құрғақ яғни алдын ала өндөлмеген қызанақ дәндерінің 3, 2, 1 т/га биогумустың мөлшерлеріне сәйкес өну және өсу қарқындылықтарын анықтау. Бұл эксперименттің біріншіден айырмашылығы, тек қана, әрбір ыдысқа көшеттің орнына 1 см терендікте қызанақтың құрғақ дәндері себіледі. Мұндағы нұсқалардың да саны 4: 1) 3 т/га = 2,6 г 2) 2 т/га = 1,73 г. 3) 1 т/га = 0,86 г 4) Бақылау нұсқасы.

Ушінші тәжірибеленің мақсаты: Себу алдында 24 сағат бойы 60 %-дық сүйиқ биогумуста алдын ала өндөлген қызанақтың дәндерінің жоғарыда көрсетілген әртүрлі дозадағы құрғақ биогумус ендірілген 500 грамдық топырақтарға егіп, олардың (3, 2, 1 т/га) қызанақ дәндерінің өніп-осулеріне әсерлерін анықтау. Мұнда, негізгі нұсқалардан басқа, қосымша екі бақылау нұсқалары болады. Олар: а) таза топыраққа арнайы өндөлген (24 сағат, 60%) қызанақ дәндерін себу; б) таза топыраққа алдын ала өндөлмеген, құрғақ дәндерді егу. Әр ыдысқа егілетін дәндердің саны 20 данадан.

Үш ыдыстың әрқайсысына 500 грамман топырақты өлшеп саламыз. Осы дайындалған әрбір ыдыстағы 500 г топырақтың көзбен шамалап, беске бөлеміз. Дәл осы сияқты (2,6 г) биогумусты (3т/га) беске бөлеміз де, топырақтың болігіне қарама-қарсы орналастырып, оларды жеке-жеке өзара (топырақ + биогумус) араластырамыз. Содан кейін бұларды (5 бөлік) өзара араластырып, бастапқы 500 грамдық субстратты қалпына келтіреміз.

Биогумустың 1,73 грамдық мөлшерлерін (2 т/га) (дозасын) сынақтан өткізуге дайындық процесі жоғарыдағы (2,6 г – 3 т/га) әдіспен орындалады, яғни әр ыдыстағы 500 грамдық топырақтар беске бөлініп, әр бөлігіне 1,73 г биогумустың беске бөлінген бөліктерімен араластырып, содан кейін, өзара біріктіріп, бастапқы 500 грамдық субстратты қалпына келтіреміз. Биогумустың 0,86 грамдық (1 т/га) мөлшерлерін сынақтан өткізуге дайындық барысы жоғарыда баяндалған (2,6 және 1,73 г) ретпен орындалады.

Бақылау нұсқасына ішінде 500 г топырағы бар 3 ыдыс дайындалап, оған биогумус салынбайды. Барлығы: 4 нұсқа x 3 қайталым = 12 ыдыс. Жоғарыдағы тәжірибеге дайындалған нұсқалардың әрқайсысына қысқартылған әріпттер арқылы компьютерде дайындалған таңбалар (этикеткалар) жапсырылады. Олар келесідей бо-

луға тиіс: 1-тәжірибе: 1 т + 0,86 г + К; 2 т + 1,73 г БГ+ К; 3 т + 2,6 г БГ + К; бақылау. Мұндағы: БГ – биогумус, ал К – көшеттер.

Бірінші тәжірибедегі 1 т + 0,86 г + К; 2 т + 1,73 г БГ+ К; 3 т + 2,6 г БГ + К; және бақылау нұсқаларына жылыжайдағы (теплицада) есірілген көшеттерді әрбір ыдысқа (барлығы 12 ыдыс) 5 данадан отырғызып, үстінен пипеткамен себелеп, 5 мл дистелденген сумен ылғалдаймыз. Содан кейін мензурка немесе стаканмен суды алып, 500 г топырақты толық қанықтырамыз. Мұны қанықтыру үшін әрқайсысына 150 мл су қажет болады. Сонымен, тәжірибе 4 нұсқадан тұрады, оны 3 қайталымға және 5 дана көшет санына көбейтеміз ($4^x3^x5=60$). Барлығы 60 көшет отырғызылады. Екінші тәжірибелі бастамас бұрын, 24 сағат бойы 60%-дық биогумустың ерітіндісіне бөктірілген қызанақтың 300 дәнін дайынтаймыз. Осыған байланысты бірінші және екінші тәжірибен көшеттер мен құрғақ дәндерді егу процесін, осы үшінші тәжірибен арналған дәндердің өндөлінуіне сәйкестендіру қажет.

Корытынды

Биогумустың қызанақ дәндерінің өнулері мен өсу қарқындылықтарына әсерлерін анықтайтын зертханалық эксперименттердің жиынтық қортындысы келесідей шешімдерге ие болды:

Қызанақ дәндерін себу алдындағы сүйиқ биогумустың 60%-дық ерітіндісі мен 24 сағат бойы өндөлгендері тиімді болды. Осы режимде өндөлген қызанақ дәндерін топырақта 3т/га мөлшерлерде құрғақ биогумусы бар нұсқаға егу жақсы нәтижесін көрсетті.

Осы режимде өндөлмеген қызанақ дәндерін топырағында 3 т/га мөлшерде биогумусы бар нұсқаға егу жақсы нәтижесін көрсетті, ал қалған дозаларда (2 және 1 т/га) өсу қарқындылықтары айтарлықтай төмен болды.

Мұндағы егілген қызанақтың дәндерінің 45-50%-ы шықпақ түгіл өнбей қалды. Бұл көрсеткіш эксперименттің барлық нұсқаларына бақылау міндеттін атқарады. Бұл зерттеулерді әрі қарай жалғастырып, өндіріске ұсыну деңгейіне дейін жеткізу әрекетін іске асырса, қызанақтың дәндерін 60%-дық сүйиқ биогумуста 24 сағат бойы ұстап, құрамында 3 т/га мөлшерде құрғақ биогумусы бар топыраққа еккен тиімді болатын тенденция анықталды.

Әдебиеттер

- Аллахвердиев С.Р., Аббасова З.И., Расурова Д.А., Гани-заде С.И., Зейналова Э.М., Халилова Х.Д. Антистрессовые и экологически чистые удобрения в растениеводстве // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2016. – № 3(28). – С.3–7.
- Savci S. An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer // Inter. J. of Environmental Science and Development. – 2012. – Vol. 3(1). – P. 77-80.
- Пчеленок О.А., Дмитровская Т.А. Вермикультивирование как ресурсосберегающая технология в сельскохозяйственном производстве // Современные научноемкие технологии. – 2007. – № 4. – С. 85-86.
- Karmakar S. Gangopadhyay A., Brahmachari K. and Bandyopadhyay P. K. Soil Health Management by applying Vermicompost prepared from Organic Wastes // Journal of Interacademicia. – 2009. – Vol. 13(4). – P. 412-417.
- Atiyeh R.M., Subler S., Edwards C.A., Bachman G., Metzger J.D., Shuster W. Effects of vermicompost and composts on plant growth in horticultural container media and soil // Pedo Biologia. – 2000. – Vol.44. – P. 579-590. [online] [28.10.2015.]. Available at: <http://ejuz.lv/8gr>
- Piskaeva A.I., Babich O.O., Dolganyuk V.F., Garmashov S.Yu. Analysis of influence of biohumus based on consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat // Foods and Raw Materials [DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-90-99], – 2017. – Vol. 1(5). – P. 90-99.
- Absalan G., Kianmehr M.H., Arabhosseini A., Kouravand S. Optimization compressive strength biomass pellet from compost using Taguchi method // CIGR Journal «Agricultural Engineering International». – 2015. – Vol. 17(1). – P. 166-172.
- Sudhakar G., Christopher L. A., Rangasamy A., Subbian P., Velayuthan A., Effect of vermicompost application on the soil properties, nutrient availability, uptake and yield of rice – A Review // Agricultural Review. – 2002. – Vol. 23(2). – P. 127-133.
- Purohit, S. S. Organic Farming in India. In: S.S. Purohit and D. Gehlot, eds. Trends in Organic Farming in India // Jodhpur: Agrobios (India). – 2006. – P.1-18
- Аллахвердиев С.Р., Минькова Н.О., Ярыгин Д.В., Хрусталева Г.А. Эффективные микроорганизмы и экологичное растениеводство // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. –2013. –№ 1. – С.3–7.
- Sidorova N.A., Savushkin A.I. Biohumus Production Technology Using Effective Groups of Microorganisms // Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol.1 (6). – P. 1936-1940
- Аллахвердиев С.Р., Ерошенко В.И. Современные технологии в органическом земледелии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – №1-1). – С. 76-79; URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=11098> (дата обращения: 28.05.2018).
- Титов И.Н. Дождевые черви // Руководство по вермикультуре в двух частях. Часть 1/ Компостные черви. – Москва, 2012. – С. 35 с.
- Богуспаев К.К., Титов И.Н., Жексембекова М.А. Получение биогумуса с применением червей: методическое пособие. – Алматы, 2013. – 12 с.
- Ionescu N., Popa C.B., Chirila R., Dragoi S. New Bio-Products Efficiency in Sustainable Agriculture // Agrolife Scientific Journal. – 2016. – №2 (5) – P. 79-84
- Cavender N.D., Atiyeh R.M., Knee M. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia. -2003. – Vol. 47. – P. 85-89.
- Титов И.Н. Биопрепараты на основе вермикомпостов для растениеводства: Получение и применение // Материалы IX Международной научно-практической конференции da Rostim / «Фитогормоны, гуминовые вещества и другие биологические активные соединения для сельского хозяйства, здоровья человека и охраны окружающей среды». – 2013. – С. 147-148.
- Жакеева Ж.М., Алибаев Н.Н. Разработка биогумуса в пустынных и полупустынных зонах Казахстана // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 5-1. – С. 83-85; URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=9187> (дата обращения: 28.05.2018).
- Блинов В.А., Буршина С.М., Шапулина Е.А. Биологическое действие эффективных микроорганизмов // Биопрепараты: сельское хозяйство, экология, практика применения. – М., 2008. – С.30-67.
- Azarmi R., Giglou M. T., Taleshmkail R. D. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field // African Journal of Biotechnology. – 2008. – Vol. 7 (14). – P. 2397-2401.
- Бутенко М.С., Ульянова О.А. Изменение гумусного состояния агросерой почвы под действием удобрений // Вестник КрасГАУ. – 2017. – №9. – С.174–181
- Titov I.N., Boguspaev K.K., Aliev M.A. Innovative technologies of processing animal wastes into organic fertilizers and bio-preparations – the key to organic farming in Republic of Kazakhstan // International Symposium «Euro-ECO – Hannover 2015: Environmental and Engineering Aspects for sustainable living», Hannover, Germany. – 2015. – P. 71-72.
- Wastes D., Carmen Z., Marinela B. Biohumus production by worms, composting of some food wastes // Scientific Study and Research. Chemistry and Chemical Industry, Biotechnology, Food Industry. – 2012. – Vol. 13 (2). – P. 169 – 176
- Чачина С.Б., Чачина С.Б., Караваева О.С. Использование дождевых червей: навозный червь (E. Fetida) и калифорнийский червь (E. Andrei) для разложения бытовых и промышленных отходов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10-1. – С. 55-58; URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=5926> (дата обращения: 28.05.2018).
- Russ W. and Meyer-Pittroff R. Utilizing waste products from the food production and processing industries. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2004. – Vol. 44, no. 2. – P. 57–62. DOI: 10.1080/10408690490263783.

Богуспаев К.К., Титов И.Н., Фалеев Д.Г. Технологический процесс производства жидкого биопрепарата из вермикомпостов для защиты растений от фитопатогенов // Международная научно-практическая конференция: Вклад микробиологии и вирусологии в современную биоиндустрию. – Алматы, 2016. – С. 119.

Титов И.Н., Белик Е.В. Способ получения гуминовой органоминеральной подкормки для растений // Патентная заявка РФ № 2014106807 от 25.02.2014.

Ибраева М.А. Гумусное состояние рисовых почв Казахстана // Доклады ТСХА. Выпуск 282. – Москва, 2010. – 14 с.

Оразбаева Т.Р., Кусайынов Г.Г. К методике получения жидкого биогумуса // IV Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы, 2017. – С. 192.

References

- Absalan G., Kianmehr M.H., Arabhosseini A., Kouravand S. (2015) Optimization compressive strength biomass pellet from compost using Taguchi method. *CIGR Journal «Agricultural Engineering International»*, vol. 17(1), pp. 166-172.
- Allahverdiev S.R., Min'kova N.O., Jarygin D.V., Hrustaleva G.A. (2013) Jeffektivnye mikroorganizmy i jekologichnoe rastenievodstvo [Effective microorganisms and green plant growing]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa*, vol. 1, pp. 3-7.
- Allahverdiev S.R., Abbasova Z.I., Rasulova D.A., Gani-zade S.I., Zejnalova Je.M., Halilova H.D. (2016) Antistressovye i jekologicheski chistye udobrenija v rastenievodstve [Antistress and pollution-free fertilizers in crop production]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa*, vol. 3(28), pp. 3-7.
- Allahverdiev S.R., Eroshenko V.I. (2017) Sovremennye tehnologii v organicheskem zemledelii [Modern technologies in organic farming]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, vol. 1-1, pp. 76-79; URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=11098> (data obrashhenija: 28.05.2018).
- Atiyeh R.M., Subler S., Edwards C.A., Bachman G., Metzger J.D., Shuster W. (2000) Effects of vermicompost and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedo Biologia*, vol. 44, pp. 579-590. [online] [28.10.2015.]. Available at: <http://ejuz.lv/8gr>
- Azarmi R., Giglou M.T., Taleshmikail R.D. (2008) Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*, vol. 7 (14, pp. 2397-2401.
- Blinov V.A., Burshina S.M., Shapulina E.A. (2008). Biologicheskoe dejstvie jeffektivnyh mikroorganizmov [The biological effect of effective microorganisms]. *Biopreparaty: sel'skoe hozjajstvo, jekologija, praktika primenenija*. pp. 30-67.
- Boguspaev K.K., Titov I.N., Zheksembekova M.A. (2013) Poluchenie biogumusa s primeneniem cherzej [Production of biohumus using worms]. *Metodicheskoe posobie*. – Almaty, – P. 12.
- Boguspaev K.K., Titov I.N., Faleev D.G. (2016) Tehnologicheskij process proizvodstva zhidkogo biopreparata iz vermikompostov dlja zashchity rastenij ot fitopatogenov [Technological process of production of liquid biopreparation from vermicomposts to protect plants from phytopathogens] Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija: Vklad mikrobiologii i virusologii v sovremenennuju bioindustriju. – Almaty, P. 119
- Butenko M.S., Ul'janova O.A. (2017) Izmenenie gumusnogo sostojaniya agroseroj pochvy pod dejstviem udobrenij [Change in the humus state of agro-soil under the influence of fertilizers]. *Vestnik KrasGAU*, vol. 9, pp.174–181
- Cavender N.D., Atiyeh R.M., Knee M. (2003) Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia*, vol. 47, pp. 85-89.
- Chachina S.B., Chachina S.B., Karavaeva O.S. (2014) Ispol'zovanie dozhdevyh cherzej: navoznyj cherv' (E. Fetida) i kaliifornijskij cherv' (E. Andrei) dlja razlozheniya bytovyh i promyshlennyh othodov [Use of earthworms: a dung worm (E. Fetida) and a Californian worm (E. Andrei) for the decomposition of domestic and industrial wastes]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, vol. 10(1), pp. 55-58; URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=5926> (data obrashhenija: 28.05.2018).
- Ibpaeva M.A. (2010) Gumucnoe coctojanie picovyh pochv Kazahstanu [Humus content of raw cotton of Kazakhstan]. Doklady TCHA. Vypuk 282. – Mockva. – P. 14.
- Ionescu N., Popa C.B., Chirila R., Dragoi S. (2016) New Bio-Products Efficiency in Sustainable Agriculture. *Agrolife Scientific Journal*, №2 (5), pp. 79-84
- Karmakar S., Gangopadhyay A., Brahmachari K., Bandyopadhyay P. K. Soil (2009) Health Management by applying Vermicompost prepared from Organic Wastes. *Journal of Interacademia*, vol. 13(4), pp. 412-417.
- Orazbaeva T.R., Kusajynov G.G. (2017) K metodike poluchenija zhidkogo biogumusa [To the technique of obtaining a liquid biohumus]. IV Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija studentov i molodyy uchenyyh «FARABI ALEMI», Almaty, P. 192.
- Pchelenok O.A., Dmitrovskaja T.A. (2007) Vermikul'tivirovanie kak resursosberegajushhaja tehnologija v sel'skohozjajstvennom proizvodstve [Vermiculture as a resource-saving technology in agricultural production] Sovremennye naukoemkie tehnologii, vol. 4, pp. 85-86.
- Piskaeva A.I., Babich O.O., Dolganyuk V.F., Garmashov S.Yu. (2017) Analysis of influence of biohumus based on consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat. *Foods and Raw Materials* [DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-90-99], vol. 1 (5), pp. 90-99.
- Purohit S. S. (2006) Organic Farming in India. In: S.S. Purohit and D. Gehlot, eds. Trends in Organic Farming in India. *Jodhpur: Agrobios (India)*, pp. 1-18
- Russ W. and Meyer-Pittroff R. (2004) Utilizing waste products from the food production and processing industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 44, no. 2, pp. 57–62. DOI: 10.1080/10408690490263783.

- Savci S. (2012) An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *Inter. J. of Environmental Science and Development*, vol. 3 (1), pp. 77-80.
- Sidorova N.A., Savushkin A.I. (2015) Biohumus Production Technology Using Effective Groups Of Microorganisms. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, №1 (6), pp. 1936-1940
- Sudhakar G., Christopher L. A., Rangasamy A., Subbian P., Velayuthan A. (2002) Effect of vermicompost application on the soil properties, nutrient availability, uptake and yield of rice. *Agricultural Review*, vol. 23(2), pp.127-133.
- Titov I.N. (2012) Dozhdevye chepvi [Earthworms]. Pukovodctvo po vepmikul'tupe v dvuh chactjah. Chact' 1 / Kompoctnye chepvi., Mockva, P. 35.
- Titov I.N. (2013) Biopreparaty na osnove vermikompostov dlja rastenievodstva: Poluchenie i primenie [Biopreparations based on vermicomposts for plant growing: Production and application]. Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii da Rostim / «Fitogormony, guminovye veshhestva i drugie biologicheski aktivnye soedinenija dlja sel'skogo hozajstva, zdorov'ja cheloveka i ohrany okruzhajushhej sredy», pp. 147-148.
- Titov I.N., Belik E.V. (2014) Sposob poluchenija guminovoj organomineral'noj podkormki dlja rastenij [The method of obtaining humic organomineral fertilizing for plants] // Patentnaja zayavka RF № 2014106807 ot 25.02.2014.
- Titov I.N., Boguspaev K.K., Aliev M.A. (2015) Innovative technologies of processing animal wastes into organic fertilizers and biopreparations – the key to organic farming in Republic of Kazakhstan. International Symposium «Euro-ECO – Hannover 2015: Environmental and Engineering Aspects for sustainable living», Hannover, Germany, pp. 71-72.
- Wastes D., Carmen Z., Marinela B. (2012) Biohumus production by worms, composting of some food wastes. *Scientific Study and Research. Chemistry and Chemical Industry, Biotechnology, Food Industry*, vol. 13 (2), pp. 169 – 176
- Zhakeeva Zh.M., Alibaev N.N. (2016) Razrabotka biogumusa v pustynnyh i polupustynnyh zonah Kazahstana [Development of biohumus in desert and semi-desert zones of Kazakhstan]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, vol. 5-1, pp. 83-85; URL: <http://applied-research.ru/ru/article/view?id=9187> (data obrashhenija: 28.05.2018).

**¹Нуржанова А.А., ²Пидлинук В., ³Муратова А.Ю., ⁴Бержанова Р.Ж. ⁵Абит К.,
⁶Нурмагамбетова А., ⁷Нуржанов Ч., ⁸Мукашева Т.Д., ⁹Бектилеуова Н.К.**

¹д.б.н., профессор, Институт биологии и биотехнологии растений КН МОН РК,

Казахстан, г.Алматы, e-mail: gen_asil@mail.ru;

²д.х.н., профессор, Университет Яна Евангелисты Пуркине

Чешская Республика, Усти-над-Лабем, e-mail: pidlisnyuk@gmail.com;

³д.б.н., доцент, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
Россия, г. Саратов, e-mail: amuratova@yahoo.com;

⁴к.б.н., доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: ramza.berzhanova@kazu.kz;

⁵докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: baidagulova_kamilya@mail.ru

⁶младший научный сотрудник, Институт биологии и биотехнологии растений КН МОН РК,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: asiyurm@mail.ru

⁷докторант, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: darkeremite@yandex.kz

⁸доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: togzhan.mukasheva@kaznu.kz;

⁹старший преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: Nurgul.Bektileuova@kaznu.kz

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВИДА *MISCANTHUS X GIGANTEUS*

Загрязнение почвы тяжелыми металлами является одной из важных экологических проблем ввиду их токсичности и угрозы для человеческой жизни и окружающей среды. Эффективным методом очистки почвы от тяжелых металлов является экономически выгодная и экологически безопасная технология фиторемедиации. Цель исследования: оценить морфологические и физиологические особенности биоэнергетического вида *Miscanthus x giganteus*, произрастающего на загрязненной тяжелыми металлами почве. При выращивании *M.x giganteus* на загрязненной почве из территории бывшего военного гарнизона (Майли, Балхашский район, Алматинская область) и Текелийского горно-обогатительного комплекса (Текели, Алматинская область) установлено, что растение устойчиво к тяжелым металлам (индекс толерантности ≥ 1) и обладает фиторемедиационным потенциалом. Растение поглощало из загрязненной почвы 11 элементов (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V). Основным органом накопления опасных элементов (As, Pb, Co, Ni, Cr, Cu) является корневая система, а менее опасных металлов (Sr, Mn, Ba, V) и опасного токсиканта Zn – в корневой системе и в незначительном количестве в надземной биомассе. Учитывая коэффициент биологического поглощения, коэффициент биоаккумуляции, коэффициент транслокации, установлено, что растение обладает способностью к фитостабилизации опасных тяжелых металлов в почве и фитоэкстракции менее опасных элементов. Выявлено, что поглощение тяжелых металлов из почвы растением зависит от типа почвы: спектр поглощения элементов из песчаной почвы выше, чем спектр поглощения элементов из суглинистой почвы. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования *M.x giganteus* для восстановления плодородия заброшенных загрязненных земель.

Ключевые слова: фиторемедиация, почва, тяжелые металлы, *Miscanthus x giganteus*.

¹Nurzhanova A.A., ²Pidlinsk V., ³Muratova A.Ju., ⁴Berzhanova R.Zh. ⁵Abit K.,
⁶Nurmagambetova A., ⁷Nurzhanov Ch., ⁸Mukasheva T.D., ⁹Bektileuova N.K.

¹Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Plant Biology and Biotechnology, CS MES RK,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: gen_asil@mail.ru;

²Doctor of the Chemical Sciences, Professor, Jan Evangelista Purkyne University,
Czech Republic, Usti nad Labem, e-mail: pidlisnyuk@gmail.com

³Doctor of Biological Sciences, Associated Professor, Institute of Biochemistry and Physiology of
Plants and Microorganisms, RAS, Russia, Saratov, e-mail: amuratova@yahoo.com

⁴PhD, Associated Professor, Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty, e-mail: ramza.berzhanova@kaznu.kz;

⁵PhD-student, Chemical Faculty, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: baidagulova_kamilya@mail.ru

⁶Junior Research Associate of Plant Biology and Biotechnology, CS MES RK, Kazakhstan, Almaty, e-mail: asyanurm@mail.ru

⁷PhD-student, Institute of Information and Computational CS MES RK, Kazakhstan, Almaty, e-mail: darkeremite@yandex.kz

⁸Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: togzhan.mukasheva@kaznu.kz

⁹Senior lecturer Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: Nurgul.Bektileuova@kaznu.kz

Phytoremediation Soil Contaminated with Heavy Metals Using the Bioenergy Species *Miscanthus X Giganteus*

The contamination of soil by heavy metals is one of the important environmental problems due to their toxicity and negative impact to human health and the environment. An effective method for cleaning the soil from xenobiotics is phytoremediation. The aim of the study was investigate the morphological indicators of biomass productivity and physiological features of the bioenergy plant *Miscanthus x giganteus* that grow on soil contaminated with heavy metals. When *M.x giganteus* was grown on the contaminated soil from the territory of the former military site (Maili, Balkhash district, Almaty region) and mining site (Tekeli, Almaty region) it was established that the plant is resistant to heavy metals ($TI \geq 1$) and possesses to phytoremediation potential. Plant absorbs from the contaminated soil 11 elements (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V). The main organ of accumulation of the hazardous elements (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu) is the root system, and less dangerous metals (Sr, Mn, Ba, V) and dangerous toxicant Zn is the root system and in insignificant quantities the aboveground. The bioaccumulation factor, translocation factor and recovery were calculated; results showed that *M.x giganteus* has the ability to phytostabilization soil the contaminated of the hazardous heavy metals, and phytoextraction – the more dangerous elements. It was found that the absorption of the heavy metals from the soil by plant depends from the type of soil: the absorption spectrum of the elements from the sandy soil is higher than the absorption spectrum of elements from the loamy soil. The results obtained indicate the effectiveness of the *M.x giganteus* growing for the restoration of the abandoned contaminated lands.

Key words: phytoremediation, soil, heavy metals, *Miscanthus x giganteus*.

¹Нуржанова А.А., ²Пидлинук В., ³Муратова А.Ю., ⁴Бержанова Р.Ж. ⁵Абит К.,
⁶Нурмагамбетова А., ⁷Нуржанов Ч., ⁸Мукашева Т.Д., ⁹Бектилеуова Н.К.

¹б.ғ.д., профессор, ҚР БФМ Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: gen_asil@mail.ru;

²х.ғ.д., профессор, Яна Евангелисты Пуркина Университеті, Чехия Республикасы, Усти-над-Лабем, pidlisnyuk@gmail.com;

³б.ғ.д., доцент, РГА Өсімдіктер мен микроорганизмдердің физиологиясы және биохимия институты,
Ресей, Саратов қ., amuratova@yahoo.com

⁴б.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., ramza.berzhanova@kaznu.kz;

⁵докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., baidagulova_kamilya@mail.ru

⁶кіші ғылыми қызметкер, ҚР БФМ Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ., asyanurm@mail.ru

⁷докторант, ҚР БФМ Ақпараттық, және есептеуіш технологиялар институты, Қазақстан, Алматы қ., darkeremite@yandex.kz

⁸б.ғ.д., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., togzhan.mukasheva@kaznu.kz

⁹ғаға оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., Nurgul.Bektileuova@kaznu.kz

***Miscanthus X Giganteus* биоэнергетикалық түр көмегімен металдармен ластанған топырақты фиторемедиациялау**

Топырақтың ауыр металдармен ластануы маңызды экологиялық мәселелердің бірі болып табылады, себебі олардың үйттылығы адам өмірі мен қоршаған ортаға қауіпті. Топырақты ауыр металдардан тазартудың тиімді өдісі ол экономикалық тұрғыдан тиімді және экологиялық қауіпсіз технология фиторемедиация болып табылады. Зерттеу мақсаты: ауыр металдармен ластанған топырақта өсетін *Miscanthus x giganteus*-тың морфологиялық, және физиологиялық ерекшеліктерін зерттеу. *M.x giganteus*-ты бұрынғы әскери гарнizon аумағы (Маили, Балқаш ауданы, Алматы облысы) мен Текелі тау-байыту кешенінің (Текелі, Алматы облысы) ластанған топырағында өсіру барысында бұл өсімдіктің ауыр металдарға тәзімділігі (индексі тәзімділік ≥ 1) және фиторемедиациялық мүмкіншілікке ие екендігі анықталды. Ластанған топырақтан 11 элементті өсімдік

сініріп отырды (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V). Тамыр жүйесі қауіпті элементтерді (As, Pb, Co, Ni, Cr, Cu) жинақтайдын негізгі орган болып табылады, ал аз қауіпті металдар (Sr, Mn, Ba, V) және қауіпті токсикант Zn – тамыр жүйесінде және жер бетіндегі биомассада аз мөлшерде жинақталады. Биологиялық сініру коэффициентін, биоаккумуляция коэффициентін, транслокация коэффициентін ескере отырып, өсімдіктің топырақтағы ауыр металдарды фитотопырақтандыру және аз қауіпті элементтерді фитоэкстракциялау қабілеттілігі бар екендігі анықталды. Өсімдіктің топырақтан ауыр металдарды сініру топырақтың түріне байланысты екендігі анықталды: сазды топырақтан элементтерді сініру спектріне қарағанда құмды топырақтан элементтерді сініру спектрі жоғарырақ болды. Алынған нәтижелер қараусыз қалған ластанған жерлердің құнарлығын қалпына келтіру үшін *Miscanthus x giganteus* өсіру тиімділігі туралы дәлдедейді.

Түйін сөздер: фиторемедиация, топырак, ауыр металдар, *Miscanthus x giganteus*.

Введение

Фитотехнологии – это набор технологий, использующих растения для выведения илинейтрализации загрязняющих веществ в почве и грунтовых водах [1, 2, 3]. Поглощенные растениями из почвы металлы могут накапливаться в корневой системе либо перемещаться в надземные органы, либо равномерно распределяться между надземными и подземными органами. Основными направлениями фиторемедиации являются фитоэкстракция, фитостабилизация, фитотрансформация, фитоиспарение [2].

Фитоаккумуляция, или фитоэкстракция – это способность растительного организма извлекать загрязнители из загрязненных почв и аккумулировать их в надземных органах [4]. Загрязненную растительную биомассу необходимо утилизировать и транспортировать в специальные могильники для снижения передачи загрязняющих веществ по пищевой цепи. Считают, что утилизация загрязненной биомассы экономически эффективна, чем захоронение загрязненных земель [4].

Фитостабилизация основана на способности растений или секреируемыми растениями соединений стабилизировать содержание загрязняющих веществ в почве на низком уровне за счет сорбции, осаждения и комплексации загрязнителя. Растения снижают количество воды, просачивающейся через загрязненную почву, что предотвращает эрозионные процессы, проникновение растворенных загрязнителей в поверхностные и грунтовые воды и их распространение на незагрязненные участки.

Фитоиспарение, или фитоволотализация, основана на способности растений к адсорбции из почвы ксенобиотиков и биологическое превращение их внутри растения в газообразную форму и выброс их в атмосферу.

Фитотрансформация, или фитодеградация, основана на возможности растений совместно

с почвенной микрофлорой осуществлять ферментативное расщепление органических токсикантов почвы.

Особенностью фиторемедиации является ее специфичность, т.е. использование растений в одних почвенно-климатических условиях не гарантирует их успешного применения их в других регионах. Поэтому расширение спектра растительных видов-фиторемедиантов и выяснение закономерностей самого процесса являются основой успешного распространения и применения данной технологии.

Последние годы в качестве перспективного фиторемедианта для загрязненных тяжелыми металлами почв в программах фиторемедиации рассматривают непродовольственный многолетний биоэнергетический вид второго поколения *Miscanthus x giganteus* (мискантус гигантский) [5, 6, 7]. Несмотря на свое происхождение из Юго-Восточной Азии, растение хорошо произрастает и производит высокую биомассу в умеренных широтах, на маргинальных и деградированных антропогенными загрязнителями землях.

Одним из позитивных качеств *M.x giganteus*, способствующим его растущей популярности – способность к фитостабилизации почв, загрязненных неорганическими и органическими загрязнителями, а также высокая продуктивность биомассы на загрязненных и маргинальных землях [8, 9, 10]. Интерес к *M.x giganteus* объясняется тем, что растение способно произрастать на одном участке более 20 лет, кроме этого отсутствует необходимость каждый год собирать и высаживать семена, так как растение стерильное [7]. В обзора F. Nsanganwimana [6] и V. Pidlisnyuk [7, 11] отмечено, что последние десятилетия возрос интерес к *M.x giganteus* во всем мире, благодаря своей способности аккумулировать ионы тяжелых металлов в корнях и деградировать органические ксенобиотики в ризосфере. При произрастании на маргинальной загрязненной почве растение сохраняет высокую продуктивность [11]. Соломы мискантуса

гигантского используются для производства топливных гранул в виде пеллет, также в животноводстве в качестве подстилки для домашней птицы и крупного рогатого скота, для сохранения влажности почвы, ингибирования роста сорняков и предотвращения эрозии почвы и в строительстве [12]. Поэтому идея соединения выращивания биоэнергетического вида *Miscanthus x giganteus* для получения биомассы на загрязненных ксенобиотиками участках земель с одновременным улучшением экологических характеристик почвы и предотвращением ее от эрозии представляется перспективной. Такой подход позволит улучшить экологическую обстановку вокруг загрязненных участков и использовать их для получения биомассы для биоэнергетической промышленности [13]. Выращивание *Miscanthus x giganteus* на маргинальных, заброшенных, загрязненных, залежных землях не будет конкурировать с производством сельскохозяйственных культур, растущих на плодородных орошаемых землях. Актуальность выращивания *Miscanthus x giganteus* в нашей стране не вызывает сомнения. В республике свыше 5 млн га залежных земель, благодаря которым возможно производить около 2,5 млн тонн твердого биотоплива в год в будущем при выращивании непродовольственного злака мискантуса гигантского. Кроме того, предприятия агропромышленного и нефтегазового комплекса, горнорудной и перерабатывающей промышленности, военно-испытательных полигонов являются источником загрязнения почвы и водоемов тяжелыми металлами, радионуклидами и пестицидами, превратились в так называемые «горячие точки», которые представляют высокую экологическую опасность для окружающей среды [14].

Цель исследования: изучить морфологические показатели продуктивности биомассы и физиологические особенности биоэнергетического вида *Miscanthus x giganteus*, произрастающие на загрязненной тяжелыми металлами почве.

Методы исследования

В условиях теплицы для оценки биомассы и восстановления загрязненных ксенобиотиками заброшенных земель с помощью *Miscanthus x giganteus* использовали почву из территории бывшего военного гарнизона (Балхашский район, поселок Маили) и Текелийского горно-обогатительного комплекса (Текели). Контроль – незагрязненная почва.

Перед экспериментом загрязненную и незагрязненную почвы просеивали через сито с диаметром пор 3 мм, после чего тщательно пере-

мешали. Затем дно сосуда заполнили дренажом (масса 1,0 кг). Далее дренаж закрывали марлей и сверху насыпали речной песок (масса песка 1,0 кг) и снова закрывали марлей. Затем сосуд заполняли исследуемой почвой (масса почвы 8,0 кг). Для того, чтобы почва не высыхала, сверху насыпали один слой песка. После набивки сосуд взвешивали. Общая масса содержимого сосуда составляла 10 кг. Всего 56 горшков (24 горшка с искусственно-загрязненной и незагрязненной почвой, 16 горшков с загрязненной и незагрязненной почвой из территории Текелийского горно-обогатительного комплекса, 16 горшков с загрязненной и незагрязненной почвой из территории бывшего военного гарнизона). Посадку ризом *Miscanthus x giganteus* (по 2 ризомы в один горшок) провели в течение одного и того же дня. В процессе онтогенеза проводили измерение морфологических параметров, а в период уборки измеряли длину корневой системы, высоту растений и определяли массу корневой системы и надземных органов.

Перед посадкой и в период уборки *Miscanthus x giganteus* проводили отбор проб почвы до/после эксперимента и образцов растительного организма (корень, надземная часть) для химического анализа. Пробы были отобраны в соответствии с [15]. Продолжительность вегетации – 11 месяцев. После отбора корни растений тщательно промывали водой. Проводили измерение длины корневой системы, высоты надземной части растительного организма, также определяли биомассу корневой системы, надземной части и общую биомассу. Далее надземную часть и корни растений разрезали на мелкие кусочки. Затем методом квартования отбирали отдельно образцы надземной биомассы и корня, и помещали их в стерильную посуду. Пробы хранили в холодильнике до момента анализа.

Определение тяжелых металлов (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V) в незагрязненной и загрязненной почвах, в вегетативных органах (корень, стебель, листья) *Miscanthus x giganteus* проводили на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ИСП-МС Agilent 7500 series.

Разложение проб почвы проводили в микроволновой системе разложения проб Speedwave Four, фирмы Berghof по стандарту Soil EPA 3051, а разложение проб по методике, используемой для продуктов питания, фермы, косметики. Для этого использовали навеску почвы массой ($1,00 \pm 0,5$ г) или растений ($0,10 \pm 0,05$ г) с точностью до 4 знака. Навески помещали в тефлоновый автоклав, после чего в него вносили 6,0 мл

концентрированной азотной кислоты (HNO_3) и 1 мл пероксида водорода (H_2O_2). Тefлоновый автоклав закрывали герметичной пробкой и помещали в систему микроволнового разложения SpeedWave Four. Образцы вынимали из микроволновой печи, охлаждали до комнатной температуры. Раствор с осадком переносили в мерную колбу и доводили до метки 25,0 мл бидистиллированной водой. Пробу отфильтровывали и далее анализировали их на масс-спектрометре.

Агрохимические показатели почвы определяли стандартными методами. Содержание общего гумуса в почве определяли по методике И.В. Тюрина [16], подвижных соединений Р и К – по методу А.В. Кирсанова в модификации ЦИНАО [17], поглощенные основания Na и K – по методу И.Н. Антипова-Каратаева и Л.Я. Маметова [18]; CO_2 карбонатов – на кальциметр Гейслера [19] и легкогидролизуемый азот – по методу И.В. Тюриной и М.М. Кононовой [20]. pH почвы определяли в смеси почвы и дистиллированной воды (1:5) со стеклянным электродом, с помощью pH-метр AP50 [21].

Установлено, что почва вокруг территории бывшего военного гарнизона – песчаная солончаковая, сильнощелочная (pH вод. 8.5-8.8), слабогумусовая (2.6%); слабозасоленная (сумма солей 0,044%); а почва вокруг свинцово-цинкового комбината – суглинистая, слабощелочная (pH вод. 7.5-8.0), среднегумусовая (5,1%); незасоленная (сумма солей 0,07%). Важно отметить, что несмотря на различие физико-химических свойств почвы, поглащающий комплекс на изученных загрязненных территориях насыщен в основном кальцием и магнием, и снижен поглащающим комплексом – натрия и калия, что свидетельствует о деградации почвы в данных регионах.

Все экспериментальные данные статистически обрабатывали общепринятыми методами, построение графиков, диаграмм проводили по-

ле обработки данных, с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel». Математически обработанные результаты приводили в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – стандартное отклонение. Достоверность различий сравниваемых значений доказывали с использованием критерия Стьюдента с учетом уровней значимости (p), вычисленных для двух сравниваемых значений.

Индекс толерантности (Tl) рассчитывали, как отношение массы побега растений, произрастающих на загрязненной почве, к массе побега растений, произрастающих на незагрязненной почве.

Коэффициент биологического поглощения (КБП) рассчитывали, как отношение концентрации тяжелых металлов в вегетативных органах растений к концентрации тяжелых металлов в исходной почве.

Коэффициент биоаккумуляции (КБА) рассчитывали, как отношение концентрации тяжелых металлов в побегах растений к концентрации тяжелых металлов в исходной почве.

Коэффициент транслокации (Kt) рассчитывали, как отношение концентрации тяжелых металлов в стебле/листьях к концентрации тяжелых металлов в исходной почве.

Процент извлечения элементов из загрязненной почвы рассчитывали, как отношение концентрации тяжелых металлов в корневой системе и побегах (листья и стебель) к концентрации тяжелых металлов в исходной почве.

Результаты исследования и их обсуждение

Химический анализ почвы

Установлено, что почва из территории горно-обогатительного комплекса и бывшего военного гарнизона загрязнена 11 тяжелыми металлами (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V), уровень загрязнения которых превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в десятки-сотни раз (таблица 1).

Таблица 1 – Химический анализ почвы вокруг территории бывшего военного полигона и действующего горно-обогатительного комплекса. Глубина гумусового слоя 0-60 см

Металлы	ПДК в почве, г кг	Валовое содержание тяжелых металлов в почве, г кг			
		Незагрязненная почва (Контроль)	Почва из террито- рии военного гарнизона	Незагрязненная почва (Контроль)	Почва из территории горно- обогатительного комплекса
Опасные					
As	2	2,7±0,1	11,9±1,0	11,5±0,7	22,5±4,9
Pb	32	17,0±1,0	59,5±14,5	20,0±21,2	230,0±44,2

Zn	55	52,4±4,3	109,3±1,1	101,0±12,7	180,0±14,1
Co	5	6,6±0,1	14,2±0,7	14,5±0,7	18,0±1,4
Ni	4	22,3 ±0,5	36,7±1,3	32,0±5,6	39,2±2,8
Cu	3	19,9±1,2	36,4±0,8	31,0±2,8	31,5±7,7
Cr	6	19,8±0,2	51,3±4,0	35,0±2,8	44,0±7,1
Менее опасные					
Ba	0,1	61,2±3,9	156,0±5,6	125,0±21,2	210,1±28,2
V	150	24,1±0,3	47,6±4,0	50,5±3,5	60,0±12,0
Mn	1500	408,5±9,2	849,0±21,2	690,0±56,5	810,0±42,4
Sr	7	126,7±2,4	170,2±0,6	66,0±1,4	81,3±0,8

Валовое содержание высокотоксичных элементов Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Cr превышает ПДК до 12 раз, контроль (незагрязненная почва) – в 2 раза. Наряду с высокотоксичными тяжелыми металлами, почва содержит менее опасные элементы, такие как Ba, Mn, V и Sr. Валовое содержание Ba и Sr в почве превышают ПДК до 2100 раз. Согласно ГОСТу [22], металлы классифицируются на опасные (As, Cd, Hg, Pb, Zn, Se, P, Co, Ni, Cr, Cu) и менее опасные (B, Mo, Ba, V, Mn, Sr). Замечено, что даже в незагрязненной почве концентрации некоторых металлов (Co, Ni, Cr, Cu, Ba, Sr) превышают ПДК в десятки-сотни раз, что свидетельствует о распространении их по почвенному покрову в результате ветровой эрозии с загрязненных участков.

Почвы горно-обогатительного комплекса и бывшего военного гарнизона отличаются между собой не только типом почвы, но и содержанием тяжелых металлов в почве: концентрация высокотоксичных элементов (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu) в почве горно-обогатительного комплекса выше в 1,7 раз, чем в почве из территории бывшего военного гарнизона.

Итак, анализируя химические данные почвы вокруг территории бывшего военного гарнизона и горно-обогатительного комплекса, следует отметить, что они являются очагами загрязнения почвы тяжелыми металлами и представляют экологическую опасность для окружающей среды, человека.

Морфологические показатели и продуктивность *Miscanthus x giganteus*, произрастающего на загрязненной тяжелыми металлами почве

Результаты исследований показали, что при произрастании *M. giganteus* на песчаной солончаковой почве из территории бывшего военного гарнизона индекс толерантности ближе к значению 1 и равен 0,74, а на субглинистой почве из территории горно-обогатительного комплекса – 0,83. Индекс толерантности рассчитывали, как отношение массы побега растений, произрастающих на загрязненной почве к массе побега растений, произрастающих на незагрязненной почве. Значение индекса толерантности ≥ 1 свидетельствует об устойчивости растений к тяжелым металлам [23].

При изучении морфологических параметров выявлена следующая закономерность: наиболее активно разрастаются придаточные корни *Miscanthus x giganteus* на субглинистой почве, чем на песчаной солончаковой почве.

Показано, что длина корней *Miscanthus x giganteus* на субглинистой почве из территории горно-обогатительного комплекса возрастает до 36%, а на песчаной солончаковой почве из территории бывшего военного гарнизона – до 15% относительно контроля. Высота растений, произрастающих на почве из территории горно-обогатительного комплекса, снижается до 8%, а из территории бывшего военного гарнизона – до 24% относительно контроля (таблица 2).

Полученные результаты свидетельствуют об устойчивости *Miscanthus x giganteus* к тяжелым металлам в почве, могут быть использованы в программах технологии фиторемедиации.

Таблица 2 – Сравнительные результаты морфологических признаков (высоты растений и длины корня) и биомассы *M.x giganteus*, произрастающего на почве из территории бывшего военного гарнизона и горно-обогатительного комбината

Варианты опыта	Высота растений, см		Длина корня, см		Надземная сырья биомасса, г	
	(M±m)	% к К	(M±m)	% к К	(M±m)	% к К
Контроль	155,3±3,0	100	30,3±5,7	100	34,8 ± 8,7	100
Почва из территории бывшего военного гарнизона	118,7±6,8*	76	35,0±5,2*	115	25,9 ± 5,3*	74
Контроль	157,6±3,4	100	35,1±4,6	100	32,3±4,1	100
Почва из территории горно-обогатительного комбината	143,6±7,8*	91	45,3±4,6*	136	27,0±3,9*	83

Примечание – * при $P < 0,05$ разность достоверна при 99% уровне вероятности относительно контроля

Накопление тяжелых металлов в вегетативных органах *M.x giganteus* из загрязненной почвы. Анализировали содержание 11

элементов (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V) в корне, стебле и листьях *M.x giganteus* на масс-спектрометре (рисунок 1, рисунок 2).

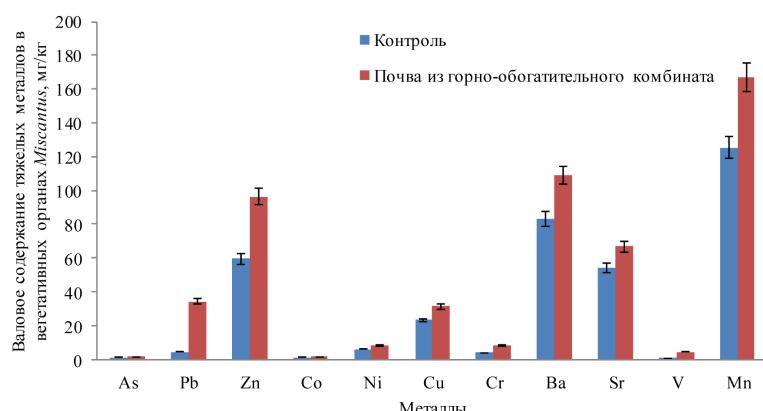


Рисунок 1 – Валовое содержание тяжелых металлов в вегетативных органах (корень, надземная часть) *M.x giganteus*, произрастающего на почве из территории Текелийского горно-обогатительного комплекса

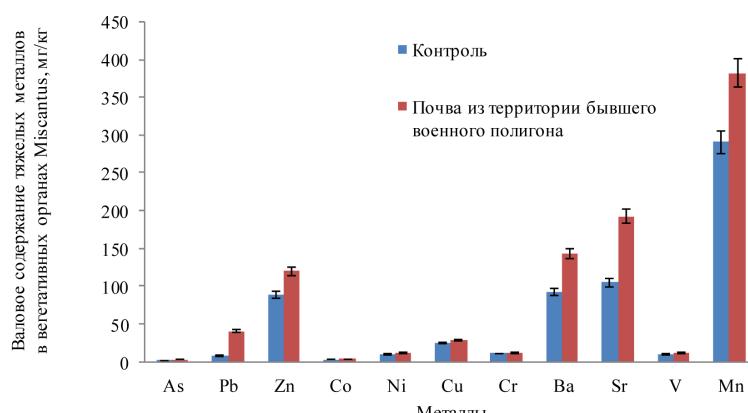


Рисунок 2 – Валовое содержание тяжелых металлов в вегетативных органах (корень, надземная часть) *M.x giganteus*, произрастающего на почве из территории бывшего военного гарнизона

Выявлено, что *M.x giganteus* обладает способностью аккумулировать в вегетативных органах (корень, надземная часть) тяжелые металлы из загрязненной почвы. Металлы по степени накопления в вегетативных органах мискантуса, произрастающего на песчаной почве из территории бывшего военного горнозона, можно расположить следующим образом: Mn > Sr > Ba > Zn > Pb > Cu > Cr, V, Ni > Co > As, а на суглинистой почве из территории горно-обогатительного комплекса – Mn > Ba > Zn > Sr > Pb > Cu > V > Ni, Cr > Co, As.

Коэффициент биологического поглощения (КБП) является основным параметром оценки степени накопления элементов растением [24]. Установлено, что КБП по отношению к некоторым высокотоксичным элементам (As, Pb, Co, Ni, Cr) *M.x giganteus* при произрастании на песчаной солончаковой загрязненной почве из территории бывшего военного полигона был ниже 1, за исключением умеренно опасных металлов Ba, Sr и токсичных металлов Zn, Cu. *M.x giganteus* обладает способностью эффективно транслоцировать из почвы Ba, Sr, Zn, Cu

в надземные органы не только при произрастании на загрязненной, но и на незагрязненной почве, по отношению к ним является аккумулятором. Поскольку Zn и Cu являются необходимыми питательными веществами для систем растений, транслокацию их из корня в надземную часть считают вполне понятной. При произрастании *M.x giganteus* на суглинистой почве из территории горно-обогатительного комплекса КБП изученных элементов ниже 1, по отношению к ним растение является эксклюдером. Металлы Co, Ni, As накапливались исключительно в корневой системе.

Значение коэффициента биоаккумуляции (КБА) отражает способность растения поглощать металлы из почвы и способность транслоцировать элементы из почвы через корневую систему в надземную часть растительного организма [25]. При рассчете КБА подтверждено, что *M.x giganteus* при произрастании на загрязненной и незагрязненной почвах из территории бывшего военного полигона обладает способностью аккумулировать Ba, Sr, Zn в надземных органах (КБА ближе к значению 1) (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент биологического поглощения (КБП), коэффициент биоаккумуляции (КБА), коэффициент транслокации (Кт) *M.x giganteus*, произрастающие на почве из территории бывшего военного полигона

Металлы	Варианты	Коэффициент биологического поглощения, растение/почва	Коэффициент биоаккумуляции, побеги/почва	Коэффициент транслокации, побеги/корень
As	Контроль	0,71±0,01	0,12±0,001	0,19±0,00
	Загрязненная почва	0,20±0,02	0,03±0,001	0,17±0,01
Pb	Контроль	0,45±0,03	0,06±0,05	0,17±0,02
	Загрязненная почва	0,70±0,01	0,03±0,00	0,04±0,01
Zn	Контроль	1,68 ±0,01	0,35±0,01	1,03±0,04
	Загрязненная почва	1,08±0,01	0,21±0,02	1,27±0,03
Co	Контроль	0,45±0,01	0,01±0,00	0,02±0,00
	Загрязненная почва	0,25±0,02	0,22±0,02	0,06±0,00
Ni	Контроль	0,42±0,01	0,08±0,00	0,23±0,01
	Загрязненная почва	0,28±0,06	0,05±0,01	0,20±0,01
Cu	Контроль	1,21±0,03	0,37±0,03	0,44±0,02
	Загрязненная почва	0,97±0,01	0,25±0,04	0,49±0,03
Cr	Контроль	0,54±0,02	0,08±0,02	0,16±0,01
	Загрязненная почва	0,20±0,02	0,04±0,00	0,25±0,02
Ba	Контроль	1,49±0,06	0,80±0,08	1,17±0,08

	Загрязненная почва	0,91±0,01	0,65±0,01	0,97±0,05
Sr	Контроль	1,75±0,05	0,87±0,06	0,99±0,04
	Загрязненная почва	1,13±0,07	0,59±0,00	1,08±0,05
V	Контроль	0,40±0,02	0,02±0,001	0,04±0,00
	Загрязненная почва	0,19±0,06	0,06±0,00	0,03±0,00
Mn	Контроль	0,71±0,05	0,24±0,01	0,89±0,01
	Загрязненная почва	0,45±0,07	0,27±0,04	1,04±0,02

Демонстрирующее значение коэффициента биоаккумуляции (КБА), близкое к значению 1, свидетельствует о способности *M.x giganteus* к фитоэкстракции тяжелых металлов в надземные органы. При произрастании *M.x giganteus* на загрязненной и незагрязненной почвах из территории горно-обогатительного комплекса значение КБА, как КБП ниже 1, что означает ограниченную способность накопления опасных и менее опасных металлов в надземных органах (таблица 4).

Следующим параметром оценки способности миграции металлов в системе «почва – корень – стебель – листья» является коэффициент транслокации [26, 27]. Установлено, что параметры накопления и распределения опасных тяжелых металлов (As, Pb, Co, Ni, Cr) в системе «почва – корень – стебель – листья» подчиняются общей закономерности. Изученные тяжелые металлы имеют низкую подвижность не только в почве, но и в растениях – коэффициент транслокации, в

отношении данных элементов, меньше единицы. Основным органом накопления As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr является корневая система. Менее опасные элементы, такие как Ba, Mn, Sr и опасный элемент Zn, транслоцируются в надземных органы, значение Кт ≥ 1.

При произрастании *M.x giganteus* на суглинистой загрязненной и незагрязненной почвах из территории горно-обогатительного комплекса, несмотря на то, что значения ВАС и КБП были ниже 1, растение обладает способностью перемещать металлы из почвы в надземные органы, в основном менее опасные металлы и опасный токсикант Zn, Кт выше либо близко к значению 1. Вероятно, они являются необходимыми элементами для развития данного вида, поэтому они мигрируют из корневой системы в надземную часть растительного организма. Следует заметить, что растение не поглощает из загрязненной и незагрязненной почв As, Co, Ni (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициент биологического поглощения (КБП), коэффициент биоаккумуляции (КБА), коэффициент транслокации (Кт) *M.x giganteus*, произрастающего на почве из территории Текелийского горно-обогатительного комбината

Металлы	Варианты	Коэффициент биологического поглощения, растение/почва	Коэффициент биоаккумуляции, побеги/почва	Коэффициент транслокации, побеги/корень
As	Контроль	0,09±0,01	0	0
	Загрязненная почва	0,05±0,01	0	0
Pb	Контроль	0,23±0,05	0,04±0,01	0,23±0,00
	Загрязненная почва	0,15±0,07	0,01±0,007	0,06±0,01
Zn	Контроль	0,58±0,03	0,24±0,05	0,72±0,02
	Загрязненная почва	0,57±0,02	0,35±0,06	0,90±0,04
Co	Контроль	0,08±0,01	0	0
	Загрязненная почва	0,07±0,01	0	0
Ni	Контроль	0,19±0,01	0	0

	Загрязненная почва	0,20±0,01	0	0
Cu	Контроль	0,73±0,04	0,22±0,02	0,44±0,03
	Загрязненная почва	0,89±0,20	0,28±0,02	0,56±0,05
Cr	Контроль	0,11±0,04	0,005±0,00	0,04±0,01
	Загрязненная почва	0,003±0,00	0,004±0,00	0,02±0,0
Ba	Контроль	0,66±0,02	0,35±0,04	1,56±0,14
	Загрязненная почва	0,51±0,03	0,26±0,04	1,24±0,09
Sr	Контроль	0,82±0,06	0,49±0,06	1,54±0,02
	Загрязненная почва	0,85±0,03	0,46±0,02	1,35±0,05
V	Контроль	0,003±0,00	0,003±0,00	0,32±0,03
	Загрязненная почва	0,06±0,00	0,003±0,00	0,04±0,00
Mn	Контроль	0,18±0,02	0,13±0,04	1,80±0,08
	Загрязненная почва	0,20±0,00	0,12±0,01	1,74±0,14

Аналогичная закономерность была характерна для растений, произрастающих на загрязненной и незагрязненной почвах из территории бывшего военного гарнизона.

На основании полученных результатов следует отметить, что *M.x giganteus* как эксклюдер (КБП, КВА, Кт <1) акумулирует опасные элементы As, Pb, Co, Ni и Cr в корневой системе. В надземных органах растительного организма они либо не аккумулируются, либо аккумулируются в низкой концентрации, тем самым поддерживая относительную стабильность в накоплении их в почве. Однако поглощение тяжелых металлов из почвы растением зависит от типа почвы: спектр поглощения элементов из песчаной почвы выше, чем спектр поглощения элементов из суглинистой почвы.

Растения-эксклюдеры способны изменять проницаемость мембран и металлов связывающую способность клеточных стенок, либо выделять большое количество хелатирующих веществ [28], и они не пригодны для фитоэкстракции, обладают способностью к фитостабилизации [29]. Наряду с этим, *M.giganteus* обладает способностью экстрагировать из загрязненной почвы в надземные органы умеренно опасные элементы Ba, Mn, Sr, а также токсичный элемент Zn. При этом, накопление Zn в стебле и листьях *M.x giganteus* при произрастании как на загрязненной, так незагрязненной почв происходит равномерно, в соотношении 1:1. Исходя из этого, можно предположить, что *M.x giganteus* при произрастании на загрязненной земле обладает способностью к фитостабилизации 7 опасных

элементов (As, Pb, Co, Ni, Cr, Cu, V) и фитоэкстракции 3-х элементов (Ba, Sr, Zn, Mn). Согласно теории A.L.M.Baker [28], растения обладают толерантностью к токсичным металлам. Эти механизмы не связаны с аккумуляцией, а связаны с внутренней детоксикацией. У гипераккумуляторов и аккумуляторов местом детоксикации тяжелых металлов являются надземные органы, а эксклюдеров – корневая система.

Оценку эффективности извлечения тяжелых металлов *M.x giganteus* проводили по отношению содержания элементов в побегах и корневой системе к валовому содержанию его в почве [30] (Dushenkov V. and et al., 1995). На рисунках 3 и 4 представлены данные снижения концентрации металлов в почве с помощью *M.x giganteus*.

Подтверждено, что основную роль в восстановлении загрязненной тяжелыми металлами почвы играют корни *M.x giganteus*. Они эффективно снижают концентрацию As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, V в почве. Из песчаной солончаковой загрязненной почвы вокруг территории бывшего военного гарнизона корни *M.x giganteus* извлекают от 16 до 60,5% металлов. Опасные металлы Pb, Cu накапливаются в корневой системе. Менее опасные элементы, такие как Mn, Ba и Sr, в системе «почва – корень» извлекают из загрязненной почвы от 18,1 до 46,1%, а в системе «почва – побеги» – 0,6–46,1%. В основном извлекаются Ba и Sr. При выращивании *M.x giganteus* на суглинистой почве из территории горно-обогатительного комплекса в системе «почва – корень» извлекаются опасные металлы

от 6,5 до 72,6%, в системе «почва – побеги» – 0 – 28%. Менее опасные металлы извлекаются из

загрязненной почвы в корнях – от 8,2 до 35,0%, а в побегах – от 0,30 до 47%.

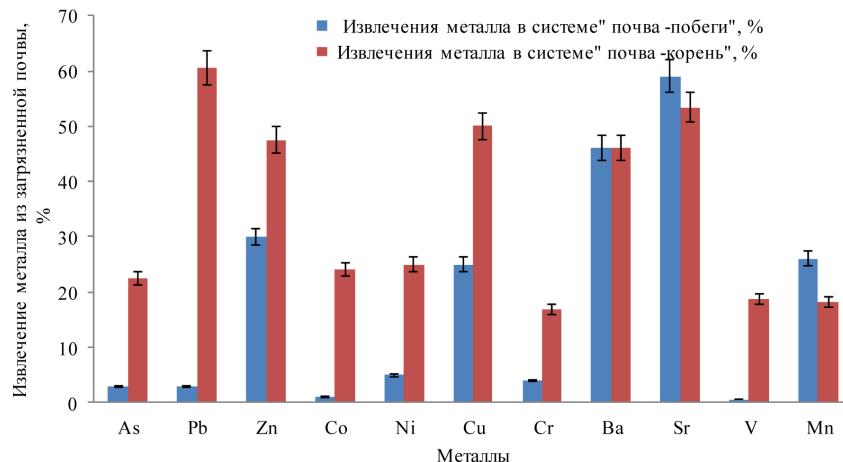


Рисунок 3 – Процент извлечения тяжелых металлов при выращивании *M.x giganteus* на почве из территории бывшего военного гарнизона

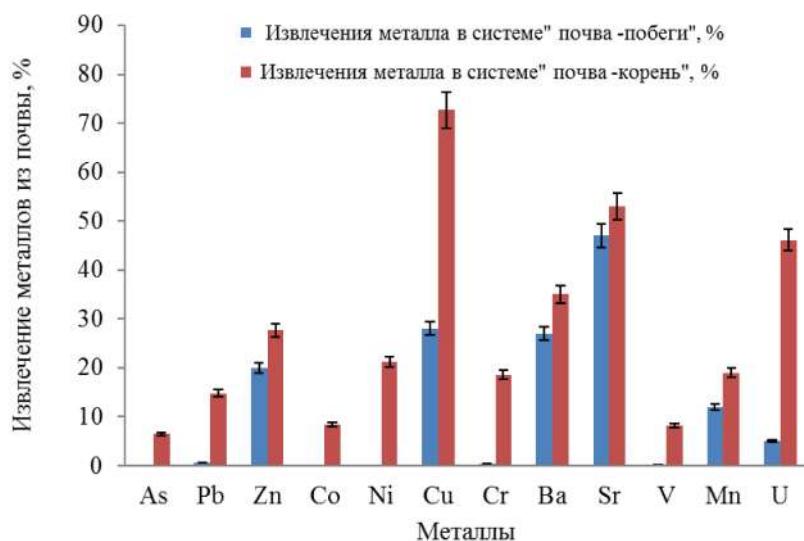


Рисунок 4 – Процент извлечения тяжелых металлов при выращивании *M.x giganteus* на почве из территории горно-обогатительного комплекса

Анализируя результаты исследования, следует заметить, что *M.x giganteus* обладает способностью извлекать из загрязненной почвы тяжелые металлы. Извлечение тяжелых металлов зависит от типа почвы: из песчаной загрязненной почвы он извлекает больше металлов, чем из суглинистой загрязненной почвы. Полученные данные свидетельствуют о том, что растение обладает способностью восстанавливать загрязненную тяжелыми металлами почву.

Заключение

Для восстановления плодородия заброшенных загрязненных земель и производства биомассы для биотопливной промышленности одним из важных факторов является экологичность биомассы. В связи с этим возникает вопрос, является ли биомасса *M.x giganteus* экологически чистой при выращивании их на загрязненной тяжелыми металлами почве?

При выращивании *M.x giganteus* на загрязненной почве из территории бывшего военного гарнизона (Маили, Балхашский район, Алматинская область) и Текелийского горнообогатительного комплекса (Текели, Алматинская область) установлено, что растение устойчиво к тяжелым металлам (индекс толерантности ≥ 1) и обладает фиторемедиационным потенциалом. Растение поглощает из загрязненной почвы 11 элементов (As, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cu, Sr, Mn, Ba, V). Основным органом накопления опасных элементов (As, Pb, Co, Ni, Cr, Cu) является корневая система, а менее опасных металлов (Sr, Mn, Ba, V) и токсичного элемента Zn – в корневой системе и в незначительном количестве в надземной биомассе. При расчете коэффициента биологического поглощения, коэффициента биоаккумуляции, коэффициента транслокации

установлено, что растение обладает способностью к фитостабилизации опасных тяжелых металлов в почве. С точки зрения токсикологии токсичные элементы не попадают на надземную часть, поэтому они не могут передаваться через пищевую цепь травоядным животным. Биомасса может использоваться как экологически чистый продукт для производства твердого биотоплива. Такой подход позволит не только улучшить экологическую ситуацию, но и получить экологически чистую биомассу для биоэнергетической промышленности.

Источник финансирования исследований: работа выполнена при поддержке проекта МОН РК АР05131473 «Разработка приемов фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами на основе конструирования растительно-микробных ассоциаций» и НАТО G 4687.

Литература

- 1 Tsao D.T. Overview of phytotechnologies // Advances in Biochemical Engineering /Biotechnology Phytoremediation – 2003. – Springer-Verlag: Berlin – Vol. 78. – P. 50.
- 2 Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами // Физиология растений – 2003. – Т. 50. – № 5. – С. 764-780.
- 3 Amanullah M., Ping, W., Amjad A., Mukesh K.A., Altaf, H.L., Quan W., Zengqiang Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review //Ecotoxicology and Environmental Safety. –2016. –Vol.126. –P.111–121.
- 4 Cunningham S.D., Ow D.W. Promises and Prospects of Phytoremediation // Plant Physiol. – 1996. – Vol. 110. – P. 715-719.
- 5 Arthur, M.W., Glaser, R.R., Hawkins, J.D. Steps towards community-level resilience: Community adoption of science based prevention programming – Resilience in children, families, and communities: Linking context to practice and policy. – 2005. New York: Kluwer Academic/Plenum. –P. 177-194.
- 6 Nsanganwimana F., Pourrut B., Mench M., Douay F.Suitability of Miscanthus species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review //J. Environ. Management. – 2014. – Vol.143. –P.123-134.
- 7 Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. Sustainable Land Management: Growing Miscanthus in Soils Contaminated with Heavy Metals // J. Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. – 2014. – Vol. 5. – P. 723-730.
- 8 Pogrzeba M., Krzyzak J., Sas-Nowosielska A. Environmental hazards related to Miscanthus x giganteus cultivation on heavy metal contaminated soil // Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development/Risk Assessment and Prevention Strategies. – 2011. Springer Science/ Business Media B.V. – P. 213-225.
- 9 Kilpatrick L.A. Sustainable growth of Miscanthus on marginal lands amended with flue gas desulfurization gypsum and sewage biosolids // Paper. 2012. N 12-133766124, ASABE. – P. 37.
- 10 Lord R., Atkinson J., Lane A., Scurlock J., Street G. Biomass, remediation, re generation (BioReGen Life Project): reusing brownfield sites for renewable energy crops // GeoCongress. – 2008. – Vol. 177. – P. 527– 534.
- 11 Heaton E.A., Dohleman F.G., Miguez A.F., Juvik J.A., Lozovaya V., Widholm J., Zabotina O.A., Mcisaac G.F., David M.B., Voigt T.B., Boersma N.N., Long S.P. Miscanthus: a promising biomass crop // Advances in Botanical Research. –2010. – Vol. 56. – P. 75-137.
- 12 Baker A.J.M., McGrath, S.P., Reeves, R.D. Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biochemical resource for phytoremediation of metal polluted soils // Contaminated soil and water. – 2000. – P. 85-107.
- 13 Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. – 548 p.
- 14 Almaganbetov N., Grigoruk V. 2008. Degradation of Soil in Kazakhstan: Problems and Challenges – Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security. – 2008, Springer Science+Business Media B.V. – 309 p.
- 15 ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – 2008.Стандартинформ. – 8 с.
- 16 ГОСТ 26213-84 почвы. Определение гумуса по методу Тюрина
- 17 ГОСТ 26207-91. Почва. Определение подвижных соединений фосфора и калия методом Кирсанова в модификации ЦИНАО
- 18 Кидин, В.В. Практикум по агрохимии / под ред. В.В. Кидина. – М.: Колос, 2008. – 599 с.

- 19 Максимюк Г. П. Применение кальциметра Гейслера для определения углекислоты. Почловедение. – М.: АН СССР, 1948. – 126 с.
- 20 Ковалчук, В.П. Сборник методов исследования почв и растений / В.П. Ковалчук, В.Г. Васильев, Л.В. Бойко, В.Д. Зосимов. – К.: Труд-ГриПол – XXI век, 2010. – 252 с.
- 21 ГОСТ 26423-85. Измерение актуальной кислотности почвы путем применения прибора pH-метр AP50.
- 22 ГОСТ 17.4.1.02.-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
- 23 Audet P., Charest C. (2007). Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective // Environmental Pollution. – 2007. – Vol. 147. – P.231–237.
- 24 Mullai P., Yugeswari M. K., Saravanakumar K., Kathiresan K. Phytoremediation of heavy metals using Avicennia marin and Rhizophora mucronata in the Uppanar River // International Journal of ChemTech Research. – 2014. – Vol.6, No.12. – P. 4984-4990
- 25 Amina H., Araina B.A., Abbasi M.S., Jahangir T.M., Amind F. Comparative study of Zn-phytoextraction potential in guar (*Cyamops tetragonoloba* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.): tolerance and accumulation //GeoloGy, ecoloGy, and landscapes. –2018. – P. 1-10.
- 26 Zu Y.Q., Li Y., Chen J.J., Chen H.Y., Qin L., Schwartz C. Hyperaccumulation of Pb, Zn, and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China // Environment International. – 2005. – Vol 31. – P. 755–762.
- 27 Yoon J., Cao X., Zhou Q., Ma LQ., Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site // Science of the Total Environment. – 2006. – Vol. 368 (2-3). – P. 456–464.
- 28 Baker A.J.M. Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals // Journal of Plant nutrition.–1981–Vol. 3 (1-4). – P.1-4.
- 29 Rohan D., Mayank V., João P., Paul, M. SSpatial distribution of heavy metals in soil and flora associated with the glass industry in North Central India: Implications for Phytoremediation // International Journal Soil and Sediment Contamination. – 2013. – Vol. 22. – P. 1–20.
- 30 Dushenkov V., Nanda-Kumar P.B.A., Motto H., Raskin I. Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams // Environmental Science and Technology. – 1995. – Vol. 29. – P. 1239–1245.

References

- Almagambetov N., Grigoruk V. (2008). Degradation of Soil in Kazakhstan: Problems and Challenges – Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security. Springer Science+Business Media B.V. pp. 309.
- Amanullah M., Ping, W., Amjad A., Mukesh K. A., Altaf H. L., Quan, W., Zengqiang Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils (2016) A review Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 126, pp.111–121.
- Amina H., Araina B.A., Abbasi M.S., Jahangir T.M., Amind F. (2018) Comparative study of Zn-phytoextraction potential in guar (*Cyamops tetragonoloba* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.): tolerance and accumulation GeoloGy, ecoloGy, and landscapes, pp. 1-10.
- Arthur M.W., Glaser R.R., Hawkins J.D. (2005) Steps towards community-level resilience: Community adoption of science based prevention programming [Resilience in children, families, and communities: Linking context to practice and policy]. New York: Kluwer Academic/Plenum. pp. 177-194.
- Audet P., Charest C. (2007). Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective. Environmental Pollution., vol. 147, pp. 231–237.
- Baker A.J.M. (1981) Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. Journal of Plant nutrition, vol. 3 (1-4), pp. 1-4.
- Baker A.J.M., McGrath S.P., Reeves R.D. (2000) Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biochemical resource for phytoremediation of metal polluted soils. Contaminated soil and water. pp. 85-107.
- Cunningham S.D., Ow D.W. (1996) Romises and Prospects of Phytoremediation. Plant Physiol, vol. 110, pp. 715-719.
- Dushenkov V., Nanda-Kumar P.B.A., Motto H., Raskin I. (1995) Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. Environmental Science and Technology, vol. 29, pp. 1239–1245.
- GOST 17.4.4.02-84. (2008) [Protection of Nature. Soil. Methods of selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. Standartinform. pp 8.
- GOST 26213-84 of Soil. (1991) Determination of humus by the Tyurin method, modified by CINAO.
- GOST 26207-91 of Soils. (1991) Determination of the mobile compounds of phosphorus and potassium by Kirsanov method, modified by CINAO.
- GOST 26423-85. (1985) Measurement of the actual acidity of the soil was carried out by applying the instrument pH-meter AP50
- GOST 17.4.1.02.-83. (1983) Protection of nature. Soil. Classification of chemicals for the pollution control.
- Heaton E.A., Dohleman F.G., Miguez A.F., Juvik J.A., Lozovaya V., Widholm J., Zabotina O.A., Mcisaac G.F., David M.B., Voigt T.B., Boersma N.N., Long S.P. (2010) Miscanthus: a promising biomass crop. Advances in Botanical Research. vol. 56. pp. 75-137.
- Kabata-Pendias A. (2010) Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, pp. 548.
- Kidin V.V., Deriugin I.P., Kobzarenko V.I. (2008) Workshop on agrochemistry, Moscow: Kolos. pp. 599.
- Kilpatrick L.A. (2012) Sustainable growth of Miscanthus on marginal lands amended with flue gas desulfurization gypsum and sewage biosolids Paper. no. 12-133766124, ASABE. pp. 37.

- Kovalchuk V.P., Vasiliev V.G., Boyko V.D., Zosimov L.V. (2010). Collection of methods for studying soils and plants. Kolos: XXI century. pp. 252.
- Lord R., Atkinson J., Lane A., Scurlock J., Street G. (2008) Biomass, remediation, regeneration (BioReGen Life Project): reusing brownfield sites for renewable energy crops. GeoCongress. vol. 177. pp. 527– 534.
- Maximyuk G.P (1948) Application of the Heusler calcimeter for the determination of carbon dioxide. [Pochvovedenie Moskow: AN SSSR]. pp. 126.
- Mullai P., Yogeswari M. K., Saravanakumar K., Kathiresan K (2014). Phytoremediation of heavy metals using Avicennia marin and Rhizophora mucronata in the Uppanar River International Journal of ChemTech Research. vol.6, no.12, pp. 4984-4990.
- Nsanganwimana F., Pourrut B., Mench M., Douay F. (2014) Suitability of Miscanthus species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. J. Environ. Management. vol.143. pp.123-134.
- Pogrzeba M., Krzyzak J., Sas-Nowosielska A. (2011) Environmental hazards related to Miscanthus x giganteus cultivation on heavy metal contaminated soil. Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development [Risk Assessment and Prevention Strategies]. Springer Science/ Business Media B, pp. 213-225.
- Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. (2014) Sustainable Land Management: Growing Miscanthus in Soils Contaminated with Heavy Metals J. Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. vol. 5, pp. 723-730.
- Prasad M.N. (2003) Practical use of plants for restoration soil polluted by metals // Physiology plant, vol. 50, № 5, pp. 764 - 780.
- Rohan D., Mayank V., João P., Paul M. (2013) Spatial distribution of heavy metals in soil and flora associated with the glass industry in North Central India: Implications for Phytoremediation International Journal Soil and Sediment Contamination. vol. 22, pp. 1–20.
- Tsao D.T. (2003) Overview of phytotechnologies Advances in Biochemical Engineering Biotechnology Phytoremediation Springer-Verlag: Berlin, vol. 78, pp. 50.
- Yoon J., Cao X., Zhou Q., Ma LQ. (2006) Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the Total Environment. vol. 368 (2-3), pp. 456–464.
- Zu Y.Q., Li Y., Chen J.J., Chen H.Y., Qin L., Schvartz C. (2005) Hyperaccumulation of Pb, Zn, and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. Environment International. vol 31, pp. 755–762.

2-бөлім

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

Раздел 2

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

Section 2

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

¹Alybayeva R.A., ¹Kruzhayeva V., ¹Abdratzakova G., ²Atabayeva S., ²Asrandina S.

¹Al-Farabi Kazakh National University, UNESCO Chair in Sustainable Development, Kazakhstan, Almaty,

²Al-Farabi Kazakh National University, Department of Biotechnology, Kazakhstan, Almaty,

e-mail: raya_aa@mail.ru

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GENOTYPIC FACTORS ON THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY WHEAT

The most acute problem, solution of which has practical significance, is the contamination of agro-cenoses by heavy metals near large industrial centers. It is necessary to develop agricultural systems that guarantee sustainable functioning of agricultural production, reduce the level of contamination of produced products by HM and by other chemical toxicants. The most promising direction in this area is the identification of plant objects characterized by a minimum accumulation of heavy metals. In this regard, the purpose of our study was the identification of wheat forms resistant to priority pollutants in East-Kazakhstan industrial region (zinc, cadmium, lead and copper). The objects of the study are different genotypes of winter and spring bread wheat. The plants were grown on the scientific test site in the conditions of natural pollution of environment, in the suburban zone of Ust-Kamenogorsk. The content of heavy metals in plants and soil was determined by atomic absorption method. The experiments and determination of physiological parameters were carried out by the method of field experiment. The study of heavy metals content in the root zone of wheat plants showed that plants experience stress from poly-metallic soil contamination. Investigation of the accumulation of heavy metals in the organs of wheat showed that winter and spring wheat differ in the distribution of heavy metals in the organs. In case of winter wheat, zinc and cadmium, in contrast to copper and lead, are actively supplied to the reproductive organs. In the case of spring wheat, zinc and cadmium accumulate in seeds in small quantities, and copper and lead are significant in quantity and its content exceeds the MPC in almost all varieties. Large genotypic differences were revealed in the accumulation of zinc, copper, cadmium and lead in plant organs. According to the results of study, wheat varieties that accumulate less heavy metals are recommended for further use in breeding for resistance to metals.

Key words: heavy metals, wheat, accumulation of metals, promising genotypes.

¹Алыбаева Р.А., ¹Кружаяева В.И., ¹Абдразакова Г.Г., ²Атабаева С.Д., ²Асрандина С.Ш.

¹Ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Тұрақты даму жөніндегі ЮНЕСКО кафедрасы, Қазақстан, Алматы қ.,

²Ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Биотехнология кафедрасы, Қазақстан, Алматы қ.,

e-mail: raya_aa@mail.ru

Бидайда ауыр металдың жинақталуына генотиптік фактордың әсерін зерттеу

Ең маңызды мәселе, ірі өнеркәсіптік орталықтарға жақын агроценоздың ауыр металдармен ластануын шешу практикалық маңызды болып табылады. Ауылшаруашылық өндірісінің тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін ауыл шаруашылығы жүйелерін дамыту, ауыр металдар және басқа химиялық токсиканттардың шығарылған өнімдерінің ластану деңгейін төмендету қажет. Экологиялық таза технологиялардың күрамдас бөліктегінің бірі ауылшаруашылық дақылдарының, техногенді-төзімділік түрғыдан тұқымдық сорттарын құру, анықтау және пайдалану болып табылады, олар астықтың тауарлық бөлігінде экотоксиканттарды ең аз жинаиды. Осыған байланысты біздің зерттеуіміздің мақсаты Шығыс Қазақстан өнеркәсіптік аймақтағы басымдықты ластаушы заттарға (мырыш, кадмий, қорғасын және мыс) төзімді бидай нысандарын анықтау болды. Зерттеу обьектісі жұмысқа құздік және жаздық бидайдың әр түрлі генотиптері болып табылады. Өсімдіктер Өскемен қаласы аймағында табиғи топырақты ластау жағдайларында ғылыми сынақ алаңдарында өсірілді. Өсімдіктердегі ауыр металдардың мөлшері атомды абсорб-

ция әдісі арқылы анықталды. Тәжірибелі жүргізу және физиологиялық, көрсеткіштерді анықтау далалық эксперимент әдісімен жүргізілді. Бидай есімдіктерінің тамыры аймағында ауыр металдар мөлшері зерттеу көрсеткендей, топырақтың полиметалды ластануы өсімдіктеге зиянын тигізеттіні анықталды. Зерттелетін бидай органдарында ауыр металдардың жинақталуын зерттеу күздік және жаздық, бидайда ауыр металдардың тараулұнда айырмашылығы бар екенін көрсетті. Күздік бидайда мыс пен қорғасынға қарағанда мырыш пен кадмий репродуктивті органдарына белсенді түрде жеткізіледі. Жаздық, бидай тұқымдарында мырыш және кадмий аз мөлшерде жиналады, ал мыс пен қорғасын мөлшері біраз барлық сорттардағы ШРК-дан асып түседі. Өсімдік органдарында мырыш, мыс, кадмий және қорғасынның жинаулұнда үлкен генотиптік айырмашылықтар анықталды. Тәжірибелер нәтижелері бойынша ауыр металдардың жиналитын бидай сорттары металдарға тәзімділік селекцияда одан әрі пайдалануы ұсынылады.

Түйін сөздер: ауыр металдар, бидай, металл жинақталуы, перспективті генотиптер.

¹Алъябаева Р.А., ¹Кружакеева В.И., ¹Абдразакова Г.Г., ²Атабаева С.Д., ²Асрандина С.Ш.

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, кафедра ЮНЕСКО

по устойчивому развитию, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, кафедра биотехнологии,

Казахстан, г. Алматы, e-mail: raya_aa@mail.ru

Исследование влияния генотипических факторов на накопление тяжелых металлов пшеницей

Наиболее острой проблемой, решение которой имеет практическое значение, является загрязнение тяжелыми металлами агроценозов вблизи крупных промышленных центров. В связи с этим необходима разработка системы земледелия, гарантирующей устойчивое функционирование сельскохозяйственного производства, снижение уровня загрязнения получаемой продукции тяжелыми металлами и другими химическими токсикантами. Одними из составляющих экологически чистых технологий являются создание, выявление и использование техногенно-устойчивых сортов сельскохозяйственных культур, которые минимально накапливают экотоксиканты в товарной части урожая. В связи с этим целью нашего исследования стала идентификация форм пшеницы, устойчивых к накоплению приоритетных в Восточно-Казахстанском промышленном регионе загрязнителей (цинка, кадмия, свинца и меди). Объектом исследования являются различные генотипы мягкой озимой и яровой пшеницы. Растения выращивались на научно-испытательном участке, в условиях естественного загрязнения почвы, в пригородной зоне г. Усть-Каменогорска. Содержание тяжелых металлов в растениях определяли методом атомной абсорбции. Проведение опытов и определение физиологических показателей проводилось по методике полевого опыта. Изучение содержания тяжелых металлов в прикорневой зоне растений пшеницы показало, что растения испытывают стресс от полиметаллического загрязнения почвы. Исследование накопления исследуемых тяжелых металлов в органах пшеницы показало, что озимая и яровая пшеницы отличаются по распределению тяжелых металлов в органах. В случае озимой пшеницы цинк и кадмий, в отличие от меди и свинца, активно поступают в репродуктивные органы. В случае яровой пшеницы цинк и кадмий накапливаются в семенах в незначительных количествах, а медь и свинец – в значительном количестве и их содержание превышает ПДК почти во всех сортах. Выявлены большие генотипические различия по накоплению цинка, меди, кадмия и свинца по органам растений. По результатам опытов сорта пшеницы, мало накапливающие тяжелые металлы, рекомендованы для дальнейшего использования в селекции на устойчивость к металлам.

Ключевые слова: тяжелые металлы, пшеница, накопление металлов, перспективные генотипы.

Introduction

Pollution of the environment, in particular by chemicals, is one of the most powerful factors in the destruction of components of the biosphere. Accumulation of toxic substances in biota, atmospheric air and drinking water is one of the main problems of large urban centers [1, 2]. Ecotoxicants – heavy metals (HM) and their compounds, pesticides and radionuclides that represent a particular danger,

among pollutants of the environment [3]. It is believed that among the chemical elements of HM are the most toxic [4]. This group of substances has a great affinity for physiologically important organic compounds and is capable of inactivating the latter. Excessive inflow of HM into the body of living beings disrupts metabolic processes, inhibits their growth and development. These pollutants disrupt the normal course of biochemical processes; affect the synthesis and functions of many active com-

pounds: enzymes, vitamins, pigments. HM reduce the intake of iron, phosphorus, calcium, magnesium in plants. Under their action, the membranes change occurs, which leads to disruption of near and far transport [5-8]. In agriculture, this is reflected in a decrease in output and deterioration in its quality [9].

The most acute problem, the solution of which is of practical importance, is the contamination of agroecosystems by HM near large industrial centers. The city of Ust-Kamenogorsk is a large industrial center of Kazakhstan. In recent years, the implementation of many environmental programs has made it possible to reduce the flow of pollutants into the atmospheric air of Ust-Kamenogorsk, while the study of the city's soils shows a continuing increase in the accumulation of HM. Studies by a number of authors demonstrated that plants grown in contaminated soils, show considerable interspecies and intervarietal differences in the response reactions to the contamination [10, 11]. The selection of varieties, as a means to reduce such potentially harmful trace elements as Cd, Pb and As in edible plant organs, was carried out on a wide range of crops, especially cereals, including rice [12, 13], wheat [14], maize [15].

Now, when contamination of cultivated soil has become relatively common and probably will continue, the identification and creation of varieties that have the ability not to accumulate heavy metals, for contaminated areas, becomes almost the only real solution emerging environmental problems [16-21]. For this, it is necessary to study the gene pool of cultivated, wild-growing and mutant plant samples and to isolate forms that accumulate the minimum amount of ecotoxicants in the commercial part of the crop [10, 16, 20, 22, 23], which was the prerequisite for carrying out this study. In this article, we perform a comparative analysis of the features of heavy metals accumulation by spring and winter wheat under pollution conditions.

Objects and methods of research

Objects of research. The objects of the study are different genotypes of winter and spring bread wheat zoned in East Kazakhstan region from the collection of the East Kazakhstan Agricultural Research Institute (EKARI) and some genotypes of winter wheat of the world collection.

Plant growing in conditions of natural pollution of environment. Plants were grown on the test site of the EKARI, in conditions of natural pollution of the environment. The area of the experimental plot is 5 m² in triplicate. Sowing is mechanized; plotting, seeding rate is 5-6 million germinated grains per 1 hectare. The

row spacing is 15 cm, between the plot spaces is 50 cm. The soil is black earth, heavy loam, low humus, NO₃-5.3 mg/g soil, P₂O₅-3.4 mg/g, K₂O-29.8 mg/g. Optimum content of N, P, K per 100 gr of soil for the majority of agricultural crops P₂O-3.5, K₂O-20, N-NO₃-4.5. The soil fertility score is 63. The predecessor is black steam after autumn plowing – 23-25 cm. Early spring harrowing, cultivation, pre-sowing cultivation. Care of plants (packing, weeding by hand).

Carrying out a field experiment. The experiments and determination of physiological parameters were carried out by the method of field experiment [24].

Determination of heavy metals. Cadmium in soil and plant samples were determined by atomic absorption on the device AAnalyst 300 of «Perkin Elmer» firm. Sample preparation was carried out using a heating unit «Hot Block» with the addition of concentrated nitric acid and hydrochloric acid at a temperature of 90 ± 5 °C, in accordance with standard operating procedures. Weighed portion of sample was placed in disposable sample cups; 5 ml of 50% nitric acid and 0.5 ml of concentrated hydrochloric acid were added. Samples were mixed well to liquid clay condition, covered with a watch glass and placed in a heating block. The sample was heated to a temperature of 90 ± 5 °C, and evaporated for 10-15 minutes without boiling. Then the sample was cooled, 5 ml concentrated HNO₃ were added and heated again for 30 minutes. Content of capacitances were evaporated without boiling at a temperature of 90 ± 5 °C for approximately up to 5ml during 2 hours, avoiding foaming. After that the sample was cooled and the volume was adjusted to 50 ml with deionized water.

To calibrate of the device calibration blank have been used, consisting of deionized water and 1% HNO₃ solution and standard samples of the company «High Purity». After calibration of devise readings of analyzed samples were taken. Accuracy of analysis performance was checked by the screening standard of the company «Merck».

The content of heavy metal in the sample was calculated according to the formula:

$$C \text{ mg / kg} = \frac{C \text{ device} \times V \text{ samp.} \times FD}{M},$$

wherein

C device – devise reading (mg / l);

V samp. – final volume of samples (ml);

FD – dilution factor;

M – weighed sample (g).

Results and discussion

First of all, when studying the accumulation of the studied heavy metals in the organs of various genotypes of winter wheat under conditions of natural contamination of the environment, their content in the soil of the basal zone of genotypes was determined. Investigations have shown that the concentration of lead is not exceeded relatively to the MPC, but the concentration of zinc, copper and cadmium is exceeded. With respect to the regional Clarke content of these elements, the soils in East Kazakhstan do not show an excess in copper and lead, but an increase in zinc and cadmium is observed. Studies conducted with spring varieties have shown that in relation to MPC in the soil of the root zone of almost all varieties, cadmium, copper and lead are exceeded, and there is no excess in zinc. With respect to the regional

Clarke content of these elements in the soils of East Kazakhstan, there is no excess in zinc, but there is an excess in lead, cadmium and copper, with the exception of several varieties of spring wheat. Thus, a study of the content of heavy metals in the root zone soil of wheat plants showed that plants experience stress from polymetallic soil contamination.

Investigation of the accumulation of these heavy metals in plants' parts of different wheat genotypes showed that winter and spring wheat differ in the distribution of HM in the organs (Figures 1, 2, 3, 4).

The study of accumulation of investigated heavy metals in plants' parts of different genotypes of winter wheat showed that zinc accumulates in all organs, copper - mainly in roots and leaves, cadmium mainly in seeds, lead - mainly in leaves and roots (Figures 1, 2, 3, 4).

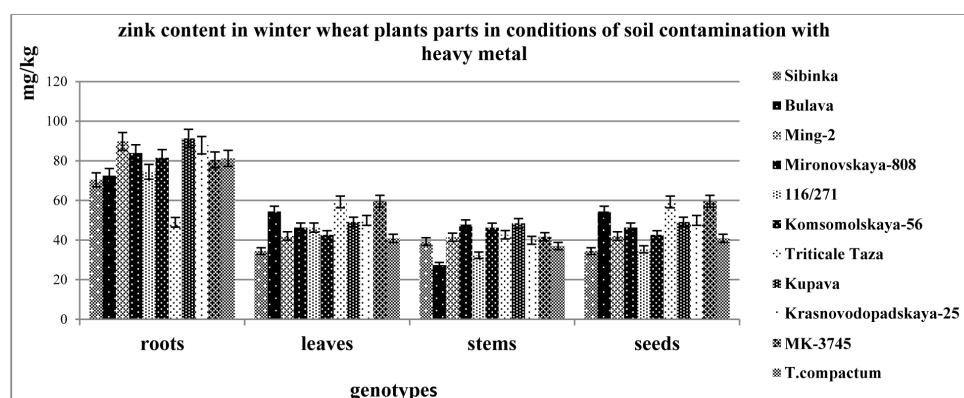


Figure 1 – Distribution of zinc by plants' parts of different winter wheat genotypes under conditions of soil contamination with heavy metals

According to our research, different metals have different distribution pattern in parts of winter wheat plants. Zinc and cadmium actively enter the reproductive organs, unlike copper and lead. There is information in the literature that the calculation of the coefficients of transition of elements from roots to the aboveground mass (vegetative and generative organs) revealed active transport of Zn and Cd in cereals [25]. Mechanisms for the protection of reproductive organs are of great biological importance, they provide further reproduction and seed production. Nature has taken care of preserving the ability of plants to reproduce. However, some metals, in particular such as cadmium, have the ability to move quickly through the plant, so that they can penetrate into the generative organs [26]. Experiments to study the transport of this element in cultivated

cereals have made it possible to discover that cadmium has the opportunity to enter the reproductive organs by the xylem from the root and by the phloem along with assimilates from the leaves [14, 27]. It should be noted that significant quantities of cadmium can accumulate in the grain of cereals, which can lead to a threat to human and animal health and create a problem for agricultural production.

Investigation showed that zinc and copper are accumulated in all organs of plants, cadmium is accumulated mainly in leaves and roots, lead - predominantly in roots and leaves. Only the distribution of lead is similar in the case of winter and in case of spring wheat, although its amount in soil of the root zone of spring wheat exceeds the MAC for soil, in contrast to soil of winter wheat root zone.

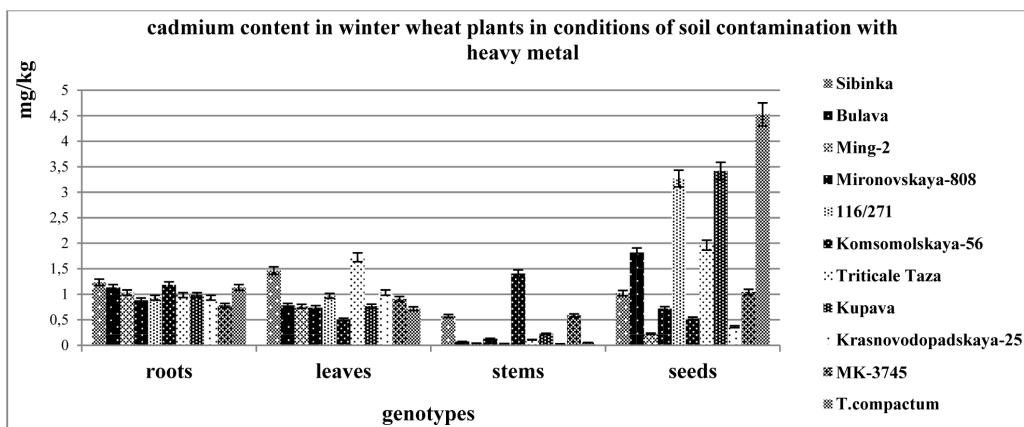


Figure 2 – Distribution of cadmium by plants' parts of different winter wheat genotypes in conditions of soil contamination with heavy metals.

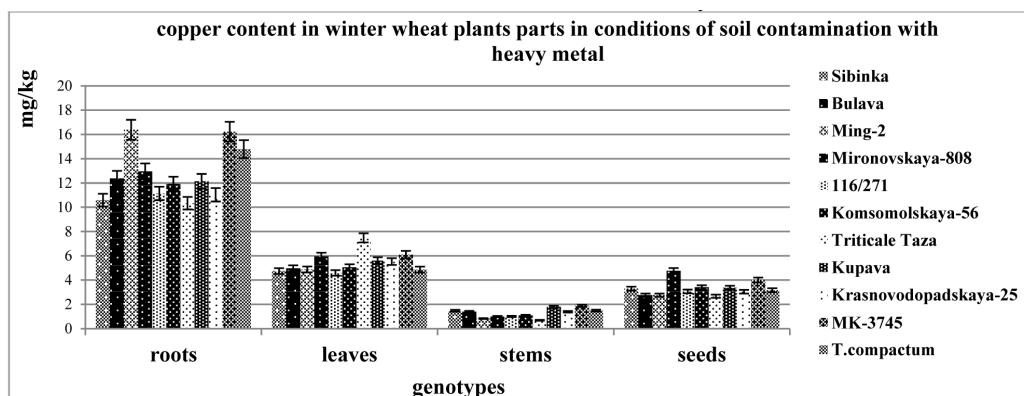


Figure 3 – Distribution of copper by plants' parts of different winter wheat genotypes in conditions of soil contamination with heavy metals

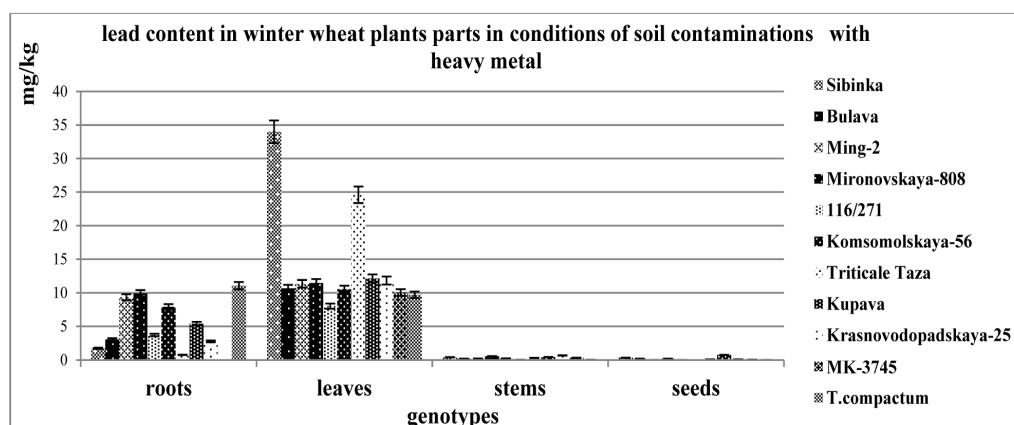


Figure 4 – Distribution of lead by plants' parts of different winter wheat genotypes in conditions of soil contamination with heavy metals

The distribution of heavy metals by parts of spring wheat plants is shown in figures 5, 6, 7, 8.

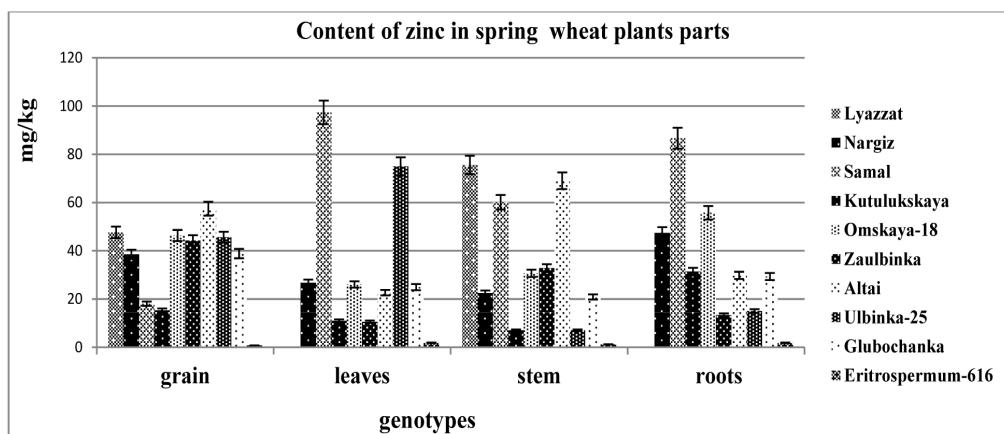


Figure 5 – Distribution of zinc by plants' parts of different spring wheat genotypes under conditions of soil contamination with heavy metals

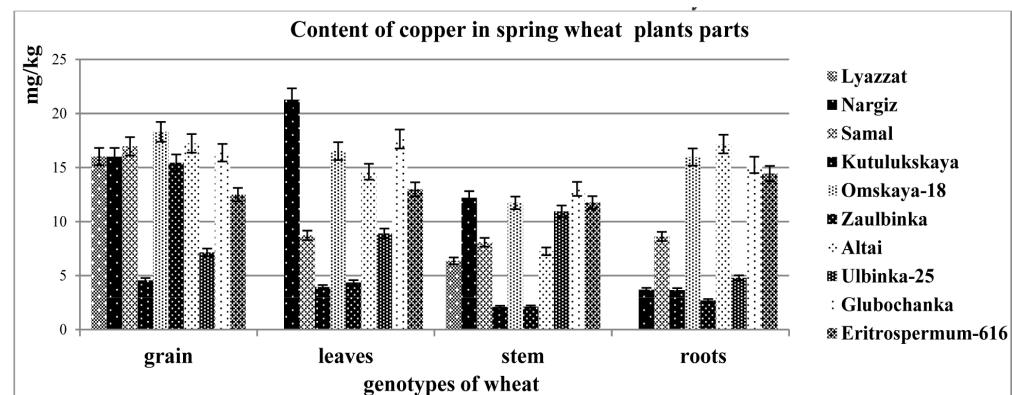


Figure 6 – Distribution of copper in parts of spring wheat plants in conditions of soil contamination with heavy metals

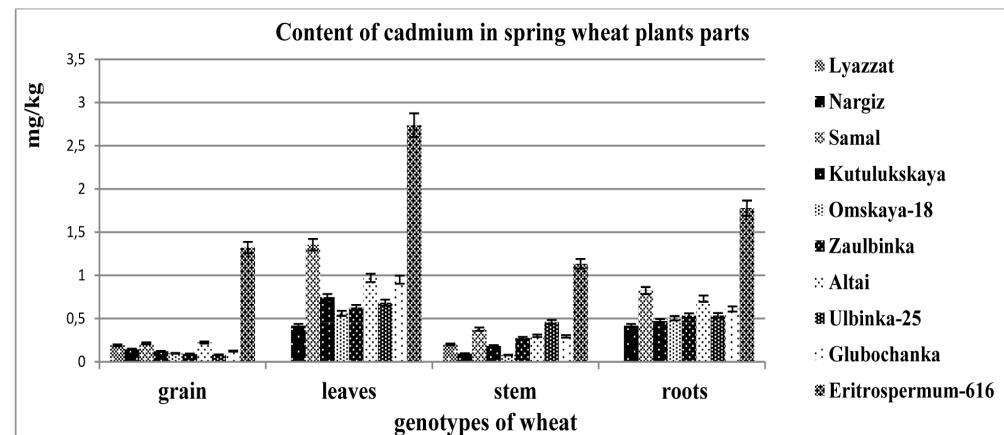


Figure 7 – Distribution of cadmium in parts of spring wheat plants in conditions of soil contamination with heavy metals

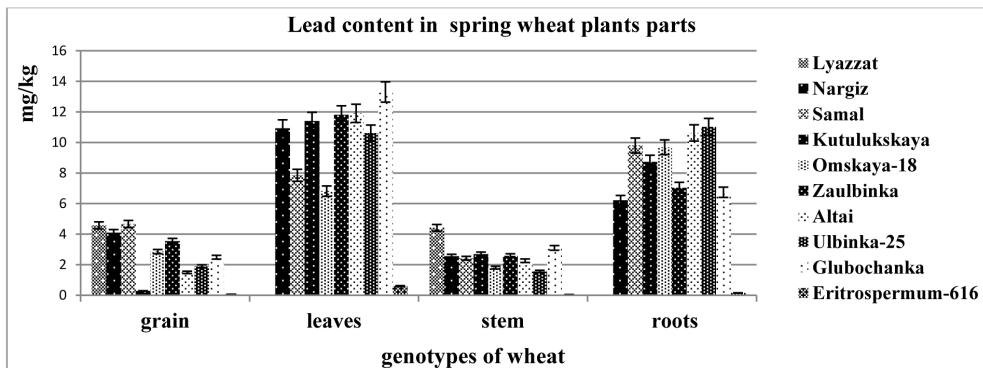


Figure 8 – Distribution of lead in parts of spring wheat plants in conditions of soil contamination with heavy metals

According to our research, different metals have different distribution pattern in parts of spring wheat plants. Copper and lead actively enter the reproductive organs, unlike zinc and cadmium. Previous studies by other scientists have shown that the organs of plant-excluding metals are arranged in the following typical way: root > stem > leaves > fruit or seeds [28, 29]. However, the metals distribution by plants' parts has specific and even varietal or genotypic specificity and may vary in percentage, the reason for this is in distinctive features of the uptake of metal ions by roots and their movement from roots to shoots [30].

Large genotypic differences in accumulation of zinc, copper, cadmium and lead by parts of plants were revealed in metal containing soils. The biggest problem in the case of winter wheat cultivation in contaminated soils is intake of cadmium in the reproductive organs as well as cadmium and zinc enter the seeds, but zinc non-toxic element. The lowest accumulation of cadmium in seeds was revealed for the varieties of winter wheat: Ming-2, Komsomolskaya-56, Krasnovodopadskaya-25 and Mironovskaya-808. The least amount of all studied heavy metals in seeds accumulates varieties of winter wheat Ming-2, Mironovskaya-808 and Krasnovodopadskaya-25. Varieties of winter wheat Ming-2, Mironovskaya-808, Krasnovodopadskaya-25 can be recommended for their further use in breeding for metal resistance. The content of cadmium in seeds of these varieties at the level of MPC, copper and lead does not exceed MPC, zinc slightly exceeds the MPC. Since zinc is not a toxic element, and such toxic metals as cadmium and lead are slightly accumulated in seeds of these varieties, we can recommend them for further use in breeding for metal resistance.

The study of accumulation of heavy metals in seeds of spring wheat has shown that varieties of

spring wheat Ulbinka-25, Zaulbinka and Omskaya-18 are the most resistant to cadmium accumulation. According to the accumulation of zinc, Samal and Kutulukskaya are the most resistant.

The greatest problem in case of cultivation of spring wheat is the penetration of copper and lead into the reproductive organs, this way these elements enter the seeds. According to the accumulation of copper, the most resistant varieties are spring wheat Kutulukskaya and Ulbinka-25. Other authors also show that there are significant genotypic differences in the accumulation of copper in grain of spring wheat [31]. There is also information that the content of copper in wheat grains ranged from 1.588 to 2.356 mg/kg, the smallest amount (less than 2 mg/kg) was noted in the grain varieties Darya, Bonpen, Mis, Voronezhskaya-16 and Ester [32].

In terms of the accumulation of lead, the most resistant varieties are Erythrospermum-616 and Kutulukskaya. Other studies have also found that different varieties of spring wheat show great differences in accumulation of HM, varieties were identified that showed high accumulation capacity and varieties with the lowest content, and therefore less sensitive to industrial pollution. This is typical for most carcinogenic elements - cadmium and lead [31].

Varieties of spring wheat Kutulukskaya and Ulbinka-25 can be recommended for their further use in breeding for resistance to accumulation of copper, variety of spring wheat Eritrospermum-616 and Kutulukskaya - to the accumulation of lead in grain.

Conclusions

1. Zinc and cadmium actively enter the reproductive organs of winter wheat, unlike copper and lead.
2. Copper and lead actively enter the reproductive organs of spring wheat, unlike zinc and cadmium.

3. Varieties of winter wheat Ming-2, Mironovskaya-808, Krasnovodopadskaya-25 can be recommended for their further use in breeding for metal resistance.

4. Varieties of spring wheat Kutulukskaya and

Ulbinka-25 can be recommended for their further use in breeding for resistance to accumulation of copper, a variety of spring wheat, Eritrospermum-616 and Kutulukskaya - to the accumulation of lead in grain.

Литература

- 1 Mireles A., Solis C., Andrade E. Lagunas-Solar M., Pina C., Flocchini R.G. Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico city: 16 International Conference on Ion beam Analysis, Albuquerque, N.M., 29 June-4 July, 2003 // Nucl. Instrum. And Meth. Phys. Res. B. – 2004. – Vol. 219-220. – P.187-190.
- 2 Рахманин Ю.А., Боев В.М., Аверьянов В.Н., Дунаев В.Н. Химические и физические факторы урбанизированной среды обитания. – Оренбург: Юж.Урал, 2004. – 432 с.
- 3 Давыдов С.А., Тагасова В.Т. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М.: РУДН, 2002. – 140 с.
- 4 Wood J.M. “Biological cycles for toxic elements in the environment” // Science. – 1974. – Vol. 183. – P. 1049-1059.
- 5 Дмитриева А.Г., Кожанова О.Н., Дронина Н.Л. Физиология растительных организмов и роль металлов. – М.: МГУ, 2002. – 160 с.
- 6 Barcelo J., Poschenrieder Ch., Andren I., Gunse B. Cadmium induced decrease of water stress resistance in broad bean plants // Plant Physiol., – 1986. – V.125. – P. 17-25.
- 7 Wallace A. Excess trace metal effects on calcium absorption in plants // Commun. Soil Sci. and Plan Anal. - 1979. - N. 1 – 2. – P. 473-477.
- 8 Сазанова Л.А., Башмаков Д.И., Лукаткин А.С. Влияние тяжелых металлов и ти-диазурина на интенсивность перекисного окисления липидов в растениях пшеницы // Вестник мордовского университета. – 2011. – № 4. – С. 212-214.
- 9 Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1991. – 150 с.
- 10 Молчан И.М. Селекционно-генетические аспекты снижения содержания экотоксикантов в растениеводческой продукции // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 1. – С.55-66.
- 11 Гамзикова О.И., Барсукова В.С. Потенциал пшеницы по устойчивости к тяжелым металлам // Сиб. эколог. журн. – 1994. – № 3. – С. 245-251.
- 12 Yu H., Wang J.L., Fang W., Yuan J.G., Yang, Z.Y. Cadmium accumulation in different rice cultivars and screening for pollution-safe cultivars of rice // Sci. Total Environ. – 2006. – Vol. 370. – P. 302–309.
- 13 Liu J., Qian M., Cai G., Yang J., Zhu Q. Uptake and translocation of Cd in different rice cultivars and the relation with Cd accumulation in rice grain // J. Hazard. Mater. – 2007. – Vol. 143. – P. 443–447.
- 14 Greger M., Löfstedt M. Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat // Crop. Sci. – 2004. – Vol. 44. – P. 501–507.
- 15 Dai Q. L., Yuan J. G., Fang W., Yang, Z. Y. Differences on Pb accumulation among plant tissues of 25 varieties of maize (*Zea mays*) // Front. Biol. China. – 2007. – Vol. 2. – P. 303–308.
- 16 Yang Y.Y., Jung W.Y., Song, H.S., Youngsook L. Identification of Rice Varieties with High Tolerance or Sensitivity to Lead and Characterization of the Mechanism of Tolerance // Plant Physiol. – 2000. – Vol. 124, N 3. – P. 1019-1026.
- 17 Лукин С.В., Солдат С.В., Пендюрин Е.А. Закономерности накопления цинка в сельскохозяйственных растениях // Агрохимия. – 1999. – № 2. – С.79-82.
- 18 Гамзикова О.И., Шумный В.К. Генетика агрохимических признаков пшеницы. – Новосибирск: Наука, 1994. – 220 с.
- 19 Жученко А.А. Проблемы адаптации в селекции и растениеводстве // Материалы конференции «Актуальные проблемы генетики». – Москва, 2003. Т.1. – С. 312-315.
- 20 Ishikawa S., Ishimaru Y., Igura M., Kuramataa M., Abea T., Senourab T., Hased Y., Araoa T., Nishizawab N.K., Nakashib H. Ion-beam irradiation, gene identification, and marker-assisted breeding // PNAS. – 2012. – Vol. 109, N 47. – P. 19166-19171.
- 21 Zhan J., Wei S., Niu R., Li Y., Wang S., Zhu J. Identification of rice cultivar with exclusive characteristic to Cd using a field-polluted soil and its foreground application // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2013. – Vol. 20, N 4. – P. 2645-2650.
- 22 Al-Khateeb W., Al-Qwasemeh H. Cadmium, copper and zinc toxicity effects on growth, proline content and genetic stability of *Solanum nigrum* L., a crop wild relative for tomato; comparative study // Physiol. Mol.Biol. Plants. – 2014. – Vol. 20, N. 1. – P. 31–39.
- 23 Wu F., Zhang G. Genotypic variation in kernel heavy metal concentrations in barley and affected by soil factors // J. Plant Nutr. – 2002. – Vol. 25, № 6. – P.1163-1173.
- 24 Методика государственного сортиспытания сельскохозяйственных культур / под. ред. С.О. Скокбаева. – Алматы, 2002. – 378 с.
- 25 Троц Н.М., Чернякова Г.И., Ишкова С.В., Батманов А.В. Экологическая устойчивость в посевах основных групп сельскохозяйственных культур в Самарской области // Аграрная Россия. – 2017. – № 5. – С. 17-21.
- 26 Harris N.S., Taylor G.J. Remobilization of cadmium in maturing shoots of near isogenic lines of durum wheat that differ in grains cadmium accumulation // J. Exp. Bot. – 2001. – Vol. 360, N. 52. – P. 1473–1481.

- 27 Tanaka K., Fujimaki S., Fujiwara T., Yoneyama T., Hayashi H. Quantitative estimation of the contribution of the phloem in cadmium transport to grains in rice plants (*Oryza sativa L.*) // Soil Sci. Plant Nutr. – 2007. – Vol. 53. – P. 72–77.
- 28 Ильин В.Б., Степанова М.Д. О фоновом содержании тяжелых металлов в растениях // Известия СО АН СССР. Сер. Биол. наук. – 1981. – Вып. 1. – № 5. – С. 26–32.
- 29 Grant C.A., Buckley W.T., Bailey L.D., Selles F. Cadmium accumulation in crops // Can. J. Plant Sci. – 1998. – Vol. 78. – P. 1–17.
- 30 Hart J.J., Welch R.M., Norvell W.A., Sullivan L.A., Kochian L.V. Characterization of cadmium binding, uptake and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars // Plant Physiol. – 1998. – Vol. 116. – P. 1413–1420.
- 31 Медведев П.В., Федотов В.А. Исследование влияния природно-географических и сортовых факторов на накопление тяжелых металлов яровой пшеницей // Вестник ОГУ. - 2009. – № 6 (100). – С.222-226.
- 32 Мажуго Т.М., Мельникова О.В. Урожайность и содержание тяжёлых металлов в зерне сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Брянской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №8. – С.126-128.

References

- 1 Al Khateeb W. and Al-Qwasemeh H. (2014) Cadmium, copper and zinc toxicity effects on growth, proline content and genetic stability of *Solanum nigrum* L., a crop wild relative for tomato; comparative study, *Physiol. Mol. Biol. Plants.*, vol. 20, no. 1, pp. 31–39.
- 2 Barcelo J., Poschenrieder Ch., Andren I., Gunse B. (1986) Cadmium induced decrease of water stress resistance in bash bean plants, *Plant Physiol.*, vol. 125, pp. 17-25.
- 3 Gamzikova O.I., Barsukova V.S. (1994) Potencial pshenicy po ustojchivosti k tyazhelym metallam [Potential of wheat in resistance to heavy metals]. *Sib. ecologist. Journal*, no 3, pp. 245-251.
- 4 Gamzikova O., Shumny V.K. (1994) Genetika agrokhimicheskikh priznakov pshenitsy [Genetics agrochemical traits of wheat]. Novosibirsk: Science, 220 p.
- 5 Dai Q. L., Yuan J. G., Fang W., Yang, Z.Y. (2007) Differences on Pb accumulation among plant tissues of 25 varieties of maize (*Zea mays*), *Front. Biol. China*, no 2, pp. 303–308.
- 6 Davydov S.A., Tagasova V.T. (2002) Tyazhelye metally kak supertoksikanty XXI veka [Heavy metals as super-toxicants of the XXI century]. Moscow: Science, 140 p.
- 7 Dmitrieva A.G., Kozhanova O.N., Dronina N.L. (2002) Fiziologiya rastitel'nyh organizmov i rol' metallov [Physiology of plant organisms and role of metals]. Moscow: MSU, 160 p.
- 8 Zhuchenko A.A. (2003). Problemy adaptatsii v selektsii i rasteniyevodstve [Problems of adaptation in breeding and plant growing]. Proceedings of the conference “Actual problems of genetics”. - Moscow, vol.1, pp. 312-315.
- 9 Ilyin V.B. (1991) Tyazhelye metally v sisteme pochva – rastenie [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk: Science, Siberian Branch, 150 p.
- 10 Ilyin V.B., Stepanova M.D. (1981) O fonovom soderzhanii tyazhelykh metallov v rasteniyah [About the background content of heavy metals in plants]. Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. Biol. Sciences, vol. 5, pp. 26-32.
- 11 Lukin S.V., Soldat S.V., Penduryin E.A. (1999) Zakonomernosti nakopleniya tsinka v sel'skokhozyaystvennykh rasteniakh [Laws of zinc accumulation in agricultural plants]. Agrochemistry, no 2, pp.79-82.
- 12 Mazhugo T.M., Melnikova O.V. Olga V.V. (2015) Urozhaynost' i soderzhaniye tyazholykh metallov v zerne sortov yarovoymyagkoy pshenitsy v usloviyah Bryanskoy oblasti [Productivity and the maintenance of heavy metals in a grain of grades of a summer soft wheat in the conditions of the Bryansk area]. The bulletin of the Kursk state agricultural academy, no 8, pp.126-128.
- 13 Medvedev P.V., Fedotov V.A. (2009) Issledovaniye vliyaniya prirodno-geograficheskikh i sortovykh faktorov na nakopleniye tyazhelykh metallov yarovoym pshenitsey [Investigation of the influence of natural-geographical and varietal factors on the accumulation of heavy metals by spring wheat]. OSU Bulletin, vol.100, no. 6, pp. 222-226.
- 14 Metodika gosudarstvennogo sortospytaniya sel'skokhozyay-stvennykh kul'tur [The method of state variety testing of agricultural crops]. (2002). Under Ed. S.O. Skokbaeva. Almaty, 378 p.
- 15 Molchan I.M. (1994) Selekcionno-geneticheskie aspekty snizheniya soderzhaniya ekotoksikantov v rastenievodcheskoj produkciyu [Breeding genetic aspects of reducing the content of ecotoxicants in crop production]. Agricultural Biology, no 1, pp. 55-66.
- 16 Rakhmanin Yu.A., Boyev V.M., Averyanov V.N., Dunayev V.N. (2004) Himicheskie i fizicheskie faktory urbanizirovannoj sredy obitaniya [Chemical and physical factors of the urbanized habitat]. Orenburg: South Ural, 432 p.
- 17 Sazanova L.A., Bashmakov D.I., Lukatkin A.S. (2011) Vliyanie tyazhelyh metallov i tidiazuron na intensivnost' perekisnogo okisleniya lipidov v rasteniyah pshenicy [Influence of heavy metals and tidiazuron on the intensity of lipid peroxidation in wheat plants]. Bulletin of the Mordovian University, no. 4, pp. 212-214.
- 18 Trots N.M., Chernyakova G.I., Ishkova S.V., Batmanov A.V. (2017) Ekologicheskaya ustojchivost' v posevah osnovnyh grupp sel'skokhozyajstvennyh kul'tur v Samarskoj oblasti [Ecological stability in crops of the main groups of agricultural crops in the Samara region]. Agrarian Russia, no 5, pp. 17-21.
- 19 Grant C.A., Clarke J.M., Duguid S., Chaney R.L. (2008) Selection and breeding of plant cultivars to minimize cadmium accumulation, *Sci. Total Environ.*, vol. 390, pp. 301–310.
- 20 Greger M., Löfstedt M. (2004) Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat, *Crop Sci.*, vol. 44, pp. 501–507.
- 21 Harris N.S., Taylor G.J. (2001) Remobilization of cadmium in maturing shoots of near isogenic lines of durum wheat that differ in grains cadmium accumulation, *J. Exp. Bot.*, vol. 360, no. 52, pp. 1473–1481.

- 22 Hart J.J., Welch R.M., Norvell W.A., Sullivan L.A., Kochian L.V. (2007) Characterization of cadmium binding, uptake and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars, *Plant Physiol.*, vol. 116, pp. 1413–1420.
- 23 Ishikawa S., Ishimaru Y., Iguraa M., Kuramataa M, Abea T., Senourab T., Hased Y., Araoa T., Nishizawab N.K., Nakanihib H. (2012) Ion-beam irradiation, gene identification, and marker-assisted breeding, *PNAS.*, vol. 109, no 47, pp. 19166- 19171.
- 24 Liu J., Qian M., Cai G., Yang J., Zhu Q. (2007) Uptake and translocation of Cd in different rice cultivars and the relation with Cd accumulation in rice grain, *J. Hazard. Mater.*, vol. 143, pp. 443–447.
- 25 Mireles A., Solis C., Andrade E. Lagunas-Solar M., Pina C., Flocchini R.G. (2004) Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico city.16 International Conference on Ion beam Analysis, Albuquerque, N.M., 29 June-4 July, 2003, *Nucl. Instrum. And Meth. Phys. Res.* 219-220, pp. 187-190.
- 26 Tanaka K., Fujimaki S., Fujiwara T., Yoneyama T., Hayashi H. (2007) Quantitative estimation of the contribution of the phloem in cadmium transport to grains in rice plants (*Oryza sativa* L.), *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 53, pp. 72–77.
- 27 Wallace A. (1979) Excess trace metal effects on calcium absorption in plants, *Commun. Soil Sci. and Plan Anal.*, no.1 – 2, pp. 473-477.
- 28 Wood J.M. (1974) Biological cycles for toxic elements in the environment, *Science*, vol. 183, pp. 1049-1059.
- 29 Wu F., Zhang G. (2002) Genotypic variation in kernel heavy metal concentrations in barley and affected by soil factors, *J. Plant Nutr.*, vol. 25, no 6, pp. 1163-1173.
- 30 Yang Y.Y., Jung J.Y., Song W.Y., Youngsook L. (2000) Identification of Rice Varieties with High Tolerance or Sensitivity to Lead and Characterization of the Mechanism of Tolerance *Plant Physiol.*, vol. 124, no 3, pp. 1019-1026.
- 31 Yu H., Wang J.L., Fang W., Yuan J.G., Yang, Z.Y. (2006) Cadmium accumulation in different rice cultivars and screening for pollution-safe cultivars of rice, *Sci. Total Environ.*, vol. 370, pp. 302–309.
- 32 Zhan J., Wei S., Niu R., Li Y., Wang S., Zhu J. (2013) Identification of rice cultivar with exclusive characteristic to Cd using a field-polluted soil and its foreground application, *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, vol. 20, no. 4, pp. 2645-2650.

МРНТИ 34.27.00.

¹Акмуханова Н.Р., ²Болатхан К., ³Бауенова М.О., ⁴Садвакасова А.К., ⁵Заядан Б.К.

¹к.б.н., и.о. доцента, преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²PhD доктор, постдокторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: kenge83@mail.ru

³PhD-докторант, преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁴к.б.н., доцент, преподаватель Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: asem182010@gmail.com

⁵д.б.н., профессор, преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

БИОИНДИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ РЕКРЕАЦИОННЫХ РАЙОНОВ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ

Одним из наиболее репрезентативных индикаторов состояния водных экосистем является структура фитопланктона, структурные характеристики которого используются в системе биомониторинга достаточно широко. Объектом исследования было соленое озеро Алаколь вблизи сел Акши, Коктума, Кабанбай и Коктал. Данные районы, в процессе рекреационного использования, подвержены наибольшему антропогенному воздействию, поэтому биологическая оценка воды озера именно в этих районах представляется наиболее актуальной. В связи с этим целью нашей исследовательской работы явилось изучение видового разнообразия альгофлоры озера Алаколь. Анализ флористического состава альгофлоры озера Алаколь выявил, что видовое разнообразие альгофлоры в них определяют диатомовые, зеленые, сине-зеленые, евгленовые и криптофитовые водоросли, составляющие более 89 видов. Проведенная оценка качества воды с использованием индикаторных организмов выявила мезосапробный характер воды, что позволило сделать вывод об умеренном загрязнении обследованных районов озера. Научная значимость проведенного исследования заключается в изучении видового разнообразия микроводорослей и цианобактерий данного объекта. Практическая значимость исследований заключается в том, что полученные результаты необходимы для прогнозирования и выработки рекомендаций по сохранению и нормальному функционированию природных комплексов.

Ключевые слова: биоиндикация, альгофлора, Алаколь, микроводоросли, сапробность.

¹Акмуханова Н.Р., ²Болатхан К., ³Бауенова М.Ө., ⁴Садвакасова Э.К., ⁵Заядан Б.К.

¹б.ғ.к., доцент қ.а., оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²PhD доктор, постдокторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: kenge83@mail.ru

³PhD докторант, оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁴б.ғ.к., доцент, оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: asem182010@gmail.com

⁵б.ғ.д., профессор, оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: zbolatkhan@gmail.com

Алакөл көлі рекреациялық аудандарының микробалдырылар негізіндегі биоиндикациясы

Су экожүйелері жағдайларының репрезентативті жағдайларының бірі фитопланктонның құрылымы болып табылады, оның құрылымдық сипаттамасы биомониторинг жүйесінде жеткілікті кең пайдаланылады. Зерттеу объектісі ретінде Ақши, Қектума, Қабанбай және Қектал ауылдарына

жақын орналасқан Алакөл көлі алынды. Атамыш аудандар рекреационды пайдалану үрдісінің нәтижесінде антропогендік әсерге қатты ұшыраған, сол себепті осы аймақтардағы көлдің сүйн биологиялық бағалау өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Осылан байланысты біздің зерттеу жұмысымыздың мақсаты Алакөл көлі альгофлорасының түрлік ауантурлілігін зерттеу. Алакөл көлі альгофлорасының флористикалық құрамының сараптамасы бойынша, альгофлораның түрлік ауантурлілігіне диатомды, жасыл, көк-жасыл, евгленалы және криптофитті сияқты 89 түрден тұратын балдырлар жататындығы анықталды. Индикаторлы ағзаларды пайдалана отырып, судың сапасына бағалау жүргізу кезінде су-мезосапробы сипаттамаға ие болды, ол көлдің зерттелінген аймақтарының орташа ластанғаны жайлы қорытынды жасауға болады. Жүргізілген зерттеудің ғылыми маңыздылығы атамыш объектінің микробалдырлары және цианобактерияларының түрлік ауантурлілігін зерттеумен сипатталады. Зерттеудің практикалық маңыздылығы, алынған нәтижелер табиги кешендерді сактаудың және қызметтің қалыптылығы бойынша болжауға және ұсыныстар құрастыру үшін қажеттілігімен сипатталады.

Түйін сөздер: биоиндикация, альгофлора, Алакөл, микробалдырлар, сапробтылық.

¹Akmukhanova N.R., ²Bolatkhan K., ³Bauyenova M.O., ⁴Sadvakasova A.K., ⁵Zayadan B.K.

¹Candidate of Biological Sciences, assistant professor, lecturer, Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²PhD, postdoctoral student, Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty, e-mail: kenge83@mail.ru
³PhD student, assistant, Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁴Candidate of Biological Sciences, associate professor, lecturer, Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty, e-mail: asem182010@gmail.com

⁵Doctor of Biological Sciences, professor, lecturer, Al-Farabi Kazakh national university, Kazakhstan, Almaty, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

Bioindication on the basis of microalgae of recreational areas of Lake Alakol

One of the most representative indicators of the state of aquatic ecosystems is the structure of phytoplankton, the structural characteristics of which are widely used in the biomonitoring system. The object of study was the salt Alakol lake near the villages of Akshi, Koktuma, Kabanbay and Koktal. These areas, in the process of recreational use, are subject to the greatest anthropogenic impact, so the biological assessment of lake water in these areas is most relevant. In this regard, the purpose of our research work was to study the species diversity of the algal flora of Lake Alakol. An analysis of the flora composition of the algal flora of Lake Alakol revealed that the species diversity of the algoflora in them determines the diatoms, green, blue-green, euglenic and cryptophyte algae that make up more than 89 species. The conducted water quality assessment using indicator organisms revealed -mesosaprobic character of water, which allowed to conclude about moderate contamination of the surveyed lake areas. The scientific significance of the study is to study the species diversity of microalgae and cyanobacteria of this object. The practical significance of research is that the results obtained are necessary for forecasting and developing recommendations for the conservation and normal functioning of natural complexes.

Key words: bioindication, algoflora, Alakol, microalgae, saprobity.

Фитопланктон является одним из важнейших компонентов водных экосистем, который формирует первичную биологическую продукцию и является основой существующих в водной экосистеме пищевых цепей [1-2]. Он активно участвует в процессах самоочищения водоемов, а многие представители микроводорослей являются важными индикаторами степени загрязнения вод [3-5]. Одним из наиболее репрезентативных индикаторов состояния водных экосистем является структура фитопланктона [6-7]. Структурные характеристики фитопланктона используются в системе мониторинга достаточно широко. Методические подходы к исследованию фитопланктона как показателя эвтрофирования основаны на наблюдении за видовой структурой сообщества [8-9]. Применение фитопланк-

тона в индикации загрязнения вод основано на его чувствительности к изменению физико-химических свойств воды и быстрому отклику, благодаря короткому жизненному циклу [10-11]. Они участвуют в образовании органического вещества, круговороте соединений биогенных элементов. Нередко являются ценозообразующей группой организмов, особенно в местообитаниях с экстремальными условиями и в антропогенно измененных биоценозах [12-13]. Изучение водорослей представляет большой интерес для оценки биоразнообразия и мониторинга состояния водных экосистем, находящихся под угроузой или уже подверженных антропогенному воздействию, для прогнозирования и выработки рекомендаций по сохранению и нормальному функционированию природных комплексов [14-15].

15]. Последнее актуально для рекреационных водоемов, т.к. увеличивается темп урбанизации прибрежных территорий озер, что в свою очередь способствует росту объемов поступления биогенных элементов в экосистему водоема.

Одним из ключевых мест туристического интереса для развития пляжного отдыха является озеро Алаколь. Алаколь – соленое бессточное озеро, расположенное на Балхашко-Алакольской низменности, что находится на границе Алматинской и Восточно-Казахстанской областей, в восточной части Балхаш-Алакольской котловины. Вместе с озерами Сасыкколь, Уялы, Жаланашколь и другими, более мелкими, образует Алакольскую озерную систему. Берега сильно изрезаны многочисленными полуостровами, мысами, заливами, бухтами. Озеро Алаколь расположено на высоте 347 метров над уровнем моря. Площадь водной поверхности составляет 2650 км² (длина – 104, ширина – 52 км, наибольшая глубина – 54 м, средняя – 22,1). Озеро солёное, минерализация воды изменяется от 1,2 до 11,6 г/кг. Наибольшая минерализация отмечается в центральной глубоководной части акватории, вблизи устьев рек вода опреснённая. Для озера Алаколь характерно циклическое повышение и понижение уровня воды как по сезонам, так и в многолетнем аспекте [16]. Вода озера Алаколь имеет ту же структуру, что и морская: сульфат-хлорид натрия [17-19]. Территориальные рекреационные системы, расположенные на берегу озера вблизи сел Акши, Коктума, Кабанбай, Коктал, в процессе рекреационного использования подвергаются наибольшему антропогенному воздействию, поэтому биологическая оценка воды озера именно в этих районах представляется наиболее актуальной. Кроме того, данные о видовом разнообразии микроводорослей и цианобактерий озера Алаколь в литературе отсутствуют. В связи с этим целью нашей исследовательской работы явилось изучение видового разнообразия альгофлоры озера Алаколь.

Материалы и методы исследований

Объект исследования – озеро Алаколь. Сбор альгологических проб, изучение таксонов осуществляли в районе 2 сел – Акши и Коктума. Альгологические образцы собирали летом. В процессе исследования проводили полевые сборы и лабораторные анализы, используя методы, общепринятые в альгологической практике. Всего собрано 48 альгологических проб, в том

числе образцов планктона, бентоса, перифитона. На момент отбора альгологических проб температура воды была в пределах 18-20° С, pH 5,8-6,3, прозрачность – 0,5-1 м, глубина – от 0,5 до 1,5-2 м. Количественные пробы отбирали с использованием рамки ($S = 0,01 \text{ м}^2$). Обрастиания соскабливали с субстрата с помощью щетки, фиксировали раствором Люголя в модификации Г.В. Кузьмина [20]. Просматривали 50 полей зрения не менее чем на 3 препаратах. Результаты выражали в количестве клеток на 1 мл воды. Число организмов оценивали по шкале частот после перечисления на 100 полей зрения [21]. Частоту встречаемости учитывали по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1 – очень редко; 2 – редко; 3 – нередко; 5 – часто; 7 – очень часто; 9 – масса [22]. Определение видов водорослей проводили в живом и фиксированном состоянии. В качестве фиксатора использовали 4% раствор формальдегида. Одновременно со сбором проб измеряли температуру, кислотность и прозрачность воды. Водоросли изучали с помощью световых микроскопов «Premere» и «Micros Austria» с увеличением от 40 до 100 раз. Виды микроводорослей устанавливали с использованием определителей [24-27]. Индекс сапробности водоема вычисляли по методу Пантле и Букка в модификации [28]. Индикаторная значимость отдельных видов водорослей оценивалась по спискам сапробных организмов [29].

Результаты и их обсуждение

Водоросли встречаются в озерах при любой концентрации солей воды, вплоть до самосадочных озер включительно. Они представляют группу скорее экологическую, объединенную водным образом жизни; общее для всех них – наличие хлорофилла и обусловленное этим автотрофное питание – способность синтезировать на свету органические вещества из неорганических [30].

Видовой состав водорослей является отражением всех процессов, происходящих в одном объекте, его экосистеме. В озере Алаколь основную биомассу составили водоросли отдела *Chlorophyta* (39,32 %) (Рис. 1). Это объясняется присутствием в данном таксоне широко распространенных галофильных видов водорослей рода *Dunaliella*. В озере Алаколь всего обнаружено 89 видов водорослей, относящихся к пяти отделам (*Bacillariophyta* – 24, *Cyanoproctaryota* – 22, *Chlorophyta* – 35, *Euglenophyta* – 7,

Cryptophyta – 1), 12 классам, 36 семействам и 55 родам (табл. 1, 2). Евгленовые и криптофитовые водоросли встречались эпизодически, что свидетельствует об их низкой приспособленности к условиям нарастающей минерализа-

ции. Только представители отделов *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Cyanoproctota* встречались во всех исследуемых образцах, что объясняется их широкой экологической валентностью, способствующей выживанию в условиях солености воды.

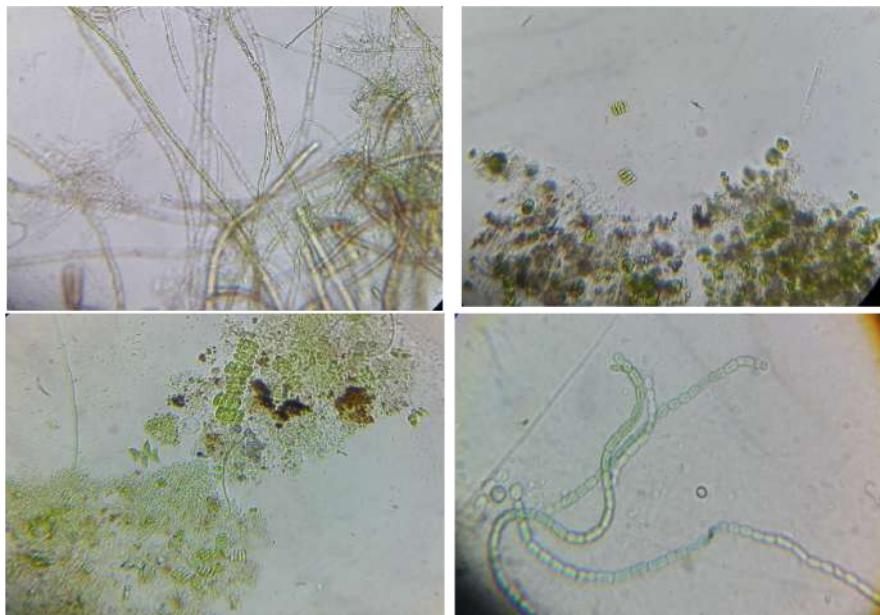


Рисунок 1 – Смешанные микроводоросли в пробах воды из озера Алаколь (при увеличении х100)

Первое место по числу видов занимает отдел *Chlorophyta* (35 видов), включающий пять классов *Chlorococcophyceae*, *Ulothrichophyceae*, *Volvocophyceae*, *Siphonocladophyceae*, *Conjugatophyceae*. Из класса *Volvocophyceae* обнаружено два представителя – *Dunaliella salina*, *Chlamydomonas monadina* (Рис. 2). Класс *Chlorococcophyceae* объединяет 9 семейств, 20 видов. Ведущими являются семейства *Scenedesmaceae*, *Chlorococaceae*. Из сифонокладовых выявлены *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz. Среди *Ulothrichophyceae* всего обнаружено 5 видов, разновидностей и форм, наиболее распространены семейства *Ulotrichaceae* (роды *Ulothrix* и *Uronema*). Из конъюгатов выделяется род *Cosmarium*.

Подавляющее число диатомовых, обнаруженных в озере Алаколь, принадлежат классу *Pennatophyceae*. Выделяются роды *Fragilaria* и *Synedra*. Из порядка *Raphales* наиболее представительными являются *Naviculaceae*, *Nitzchiaceae*, *Cymbellaceae*. Такие виды диатомовых водорослей, как *Synedra vaucheriae*, *Cym-*

bella cistula, *Achnantes minutissima*, *Navicula hungarica*, в разном соотношении формируют доминирующий по численности комплекс на всех исследованных образцах воды озера Алаколь.

Сине-зеленые водоросли по видовому составу занимают третье место, объединяют 22 вида из 10 родов, 12 семейств. Хроококковые включают 7 видов, наиболее богато представлен род *Gloeocapsa*. Гормогониевые более разнообразны – 15 видов. Более высокому разнообразию осцилляториевых над другими порядками сине-зеленых водорослей способствует повышенная минерализация вод большей части озера. Ведущим семейством является *Oscillatoriaceae* (8) с преобладающими родами *Phormidium*, *Spirulina*. Цианобактерии достигают большого развития в соленных озерах, где выполняют ведущую роль в составе планктонных и бентосных группировок.

Евгленовые водоросли в озере Алаколь представлены одним классом *Euglenophyceae*, семейством *Euglenaceae*, родами *Eutreptia*, *Euglena*, которые включают 7 видов. Отдел *Cryptophyta* содержит 1 вид – *Cryptomonas salina*, характерный для соленых озер.

Таблица 1 – Систематический состав альгофлоры озера Алаколь

Отдел	Число видов	Доля от общего числа видов, %
<i>Bacillariophyta</i>	24	27
<i>Cyanoproctota</i>	22	24,7
<i>Chlorophyta</i>	35	39,32
<i>Euglenophyta</i>	7	7,86
<i>Cryptophyta</i>	1	1,12
Всего	89	100

Таблица 2 – Список видов микроводорослей и цианобактерий озера Алаколь

Таксон	Место нахождения		Отношение к солености	Сапробность
	Акши	Коктумба		
<i>Chlorophyta</i>				
<i>Dunaliella salina</i>	+	+	Галофил	-
<i>Chlamydomonas monadina</i>	+	+	Галофил	-
<i>Cladophora glomerata</i>		+	Индифферент	β
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (Ag.)	+	+		-
<i>Vaucheria sp</i>	+	+		-
<i>Ulothrix tenerrima</i>	+			β
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	+	+	Космополит	ρ-
<i>Chlorella mucosa</i> Korsch	+			
<i>Oocystis submarina</i>		+	Индифферент	
<i>Oocystis lacustris</i>	+		Космополит	
<i>Ulothrix implexa</i> (Kütz.) Kütz.,	+	+		
<i>Enteromorpha prolifera</i> (O.F. Müll.) J.Ag.				
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen,	+	+		
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb. var. <i>quadricauda</i>	+	+		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>		+		
<i>S. arcuatus</i> Lemm. var. <i>arcuatus</i>	+			
<i>S. obliquus</i> (Turp.) Kütz.		+		
<i>S. striatus</i> var. <i>apiculatus</i> Deduss.	+			
<i>Coelastrum microporum</i>	+	+		
<i>Coelastrum intermedium</i>	+			
<i>Dunaliella viridis</i>	+	+		
<i>Ankistrodesmus acicularis</i>				
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	+	+	Космополит	
<i>Ankistrodesmus longissimus</i> (Lemm.) Will. var. <i>longissimus</i>		+	Галофоб	
<i>Ankistrodesmus minutissimus</i> Korsch.		+	Индифферент	
<i>Coenochloris ovalis</i> Korsch.	+	+		
<i>Oocystis borgei</i> Snow var. <i>borgei</i>				
<i>Oocystis lacustris</i> Chod	+	+		
<i>Oocystis pseudocoronata</i> Korsch.	+	+		
<i>Pediastrum boryanum</i>	+		Космополит	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	+	+	Космополит	
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	+	+	Космополит	
<i>Closterium aciculare</i>		+	Космополит	
<i>Cosmoastrum punctulatum</i>	+	+	Космополит	
<i>Desmidium</i> Ag. sp.		+		
		+		
<i>Bacillariophyta</i>				

<i>Synedra vaucheriae</i> , <i>Synedra acus</i> Kütz <i>Synedra ulna</i> <i>Synedra capitata</i> Ehrenb <i>Cymbella cistula</i> , <i>Achnantes minutissima</i> <i>Achnanthes triconfusa</i> <i>Navicula hungarica</i> <i>Navicula digitoradiata</i> (Greg.) <i>Navicula cryptocephala</i> <i>Navicula digitoradiata</i> <i>Amphora ovalis</i> <i>Amphora delicatissima</i> Krasske <i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>incurva</i> Grun. <i>Nitzschia gracilis</i> <i>Nitzschia epithemoides</i> <i>Nitzschia hungarica</i> <i>Nitzschia hungarica</i> <i>Nitzschia petitiana</i> <i>Fragilaria capucina</i> <i>Fragilaria tenera</i> <i>Fragilaria intermedia</i> Grun. <i>Diatoma tenue</i> Ag. <i>Diatoma vulgare</i> Bory	+	+	Алкалифилл Галофилл	β χα χ-
<i>Cyanoprokaryota</i>				
<i>Gloeocapsa turgida</i> <i>Gloeocapsa minuta</i> <i>Synechocystis minuscula</i> Woronich., <i>Synechocystis salina</i> <i>Merismopedia minima</i> <i>Merismopedia punctata</i> Meyen <i>Merismopedia tenuissima</i> <i>Oscillatoria agardhii</i> <i>Oscillatoria amphibia</i> <i>Oscillatoria kissalevii</i> <i>Oscillatoria laetevirens</i> <i>Oscillatoria limosa</i> <i>Oscillatoria mougeotii</i> <i>Oscillatoria neglecta</i> <i>Oscillatoria subtilissima</i> <i>Oscillatoria tenuis</i> <i>Phormidium ambiguum</i> <i>Phormidium tenue</i> <i>Spirulina tenuissima</i> <i>Spirulina major</i> <i>Anabaena Bergii</i> Ostenf. f. <i>minor</i> <i>Anabaena knipowitschii</i>	+	+	Галофил Галофил	0-
<i>Euglenophyta</i>				
<i>Eutreptia globulifera</i> <i>Eutreptia viridis</i> <i>Euglena acus</i> <i>Euglena viridis</i> <i>Euglena oxyuris</i> f. <i>lata</i> <i>Euglena clara</i> <i>Euglena gracilis</i>	+	+		- β β-
<i>Cryptophyta</i>				
<i>Cryptomonas salina</i>	+	+	Галофил	-

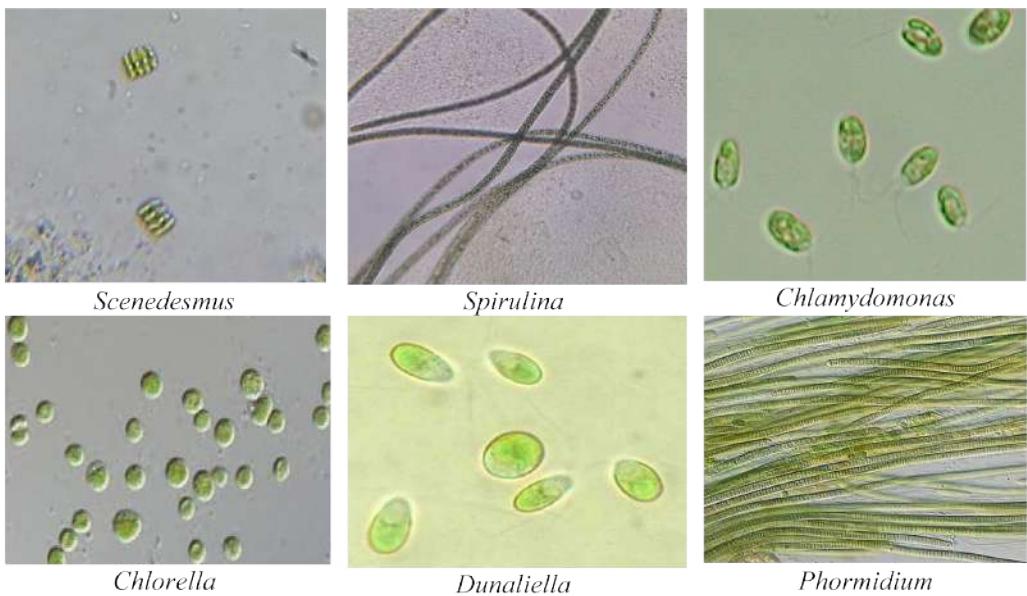


Рисунок 2 – Микрофотографии часто встречающихся фототрофных микроводорослей в озере Алаколь (при увеличении х100)

В целом все биоразнообразие микроводорослей, обнаруженное в озере Алаколь, условно можно разделить на три группы. Первая группа – типичные представители соленой воды, совершенно не встречающиеся в пресных водоемах. Эта группа малочисленна и включает 18% всех определенных видов микроводорослей. Сюда входят такие виды, как *Synedra capitata Ehrenb.*, *Synechocystis salina*, *Dunaliella salina*, *Synechocystis minuscula*, *Anabaena Bergii Ostenf. f. minor*, *Anabaena knipowitschii*, *Cryptomonas salina*.

Вторая группа микроводорослей, приспособившихся к галофильному образу жизни. Сюда относятся пресноводные виды, которые лишь временно адаптировались к жизни в соленых озерах. Это в основном индифферентные виды микроводорослей, такие как *Oscillatoria subtilissima*, *Ankistrodesmus longissimus (Lemm.) Will. var. longissimus*, *Oocystis submarina*, *Cladophora glomerata*.

Третья группа представлена видами, которые обитают в пресной воде и лишь случайно заносятся в соленые водоемы, где некоторые из них могут переносить высокие концентрации солей, не изменяя своей морфологии. Этую группу составили 7,8%, в основном космополиты, такие как *Scenedesmus acutus Meyen*, *Scenedesmus quadricauda (Turp.) Breb. var. quadricauda*, *Chlorella vulgaris Beijer*.

Таким образом установлено, что альгофлора озера Алаколь складывается из видов-эндемиков, постоянно обитающих в данном озере и

формирующих ядро сообщества, и видов-пришельцев, поступающих в озера из окружающей среды. Последняя группа является непостоянным компонентом озера, и их развитие связано с сезонными колебаниями и различными видами рекреационной деятельности.

Степень органического загрязнения воды в обследованных районах озера оценивалась по 38 выявленным видам-индикаторам сапробности, что составляет 42,6% от общего списка микроводорослей. Определено, что большинство индикаторно-сапробных видов (19 видов – 50%) относится к β-мезосапробным формам. Ксеносапробы и олигосапробы, являющиеся показателями очень чистых вод, малочисленны. В основном, это представители диатомовых – *Synedra acus Kütz*, *Synedra ulna*, *Amphora ovalis*. Мало в фитопланктоне озер и видов, характеризующих более сильное загрязнение (полисапробные условия). Ими являются представители синезеленых – *Oscillatoria limosa*, зеленые водоросли – *Chlorella vulgaris Beijer* и эвгленовые – *Euglena viridis*.

Оценка качества воды с использованием индикаторных организмов по Пантле-Букку в модификации Сладечека выявила β-мезосапробный тип воды в обследованных районах озера Алаколь, что позволило отнести их к разряду вполне чистых или слабо загрязненных. Рассчитанные индексы сапробности находились в пределах значений 1,5–2,5. Как и предполагалось, выявленное некоторое повышение

сапробности в озере связано с тем, что данные районы подвергаются наибольшему антропогенному воздействию в процессе рекреационного использования.

Таким образом, анализ флористического состава альгофлоры озера Алаколь выявил, что видовое разнообразие альгофлоры в них определяют диатомовые, зеленые, сине-зеленые, евгленовые и криптофитовые водоросли, составляющие более 89 видов. Экологогеографический анализ альгофлоры показал,

что для озера Алаколь характерно преобладание галофильных видов. Кроме того, выявлено, что в озере встречаются виды микроводорослей, индифферентные по отношению к солености среды. Большинство видов-индикаторов сапробности относится к β -мезосапробным формам. Проведенная оценка качества воды с использованием индикаторных организмов выявила β -мезосапробный характер воды, что позволило сделать вывод об умеренном загрязнении обследованных районов озера.

Литература

- 1 Абакумов В.А. К истории контроля качества вод по гидробиологическим, показателям // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Тр. Всесоюз. конф. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 46–74.
- 2 Takamura N., Kadono Y., M. Fukushima, M. Nakagawa, B.-H. O. Kim. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes // Ecological Research. – 2003. – Vol. 18. – P. 381–395.i
- 3 Алисов Д.А. Административные центры Западной Сибири: городская среда и социально-культурное развитие (1870-1914 гг.): монография / Д.А. Алисов. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2006. – 337 с.
- 4 Баженова О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока: монография / О.П. Баженова. – Омск, 2005. – 248 с.
- 5 Ivanova M. B., Baluskin E. B., Basova S. L. Structural-functional reorganization of ecosystem of hyperhaline lake Saki (Crimea) at instead salinity // Russian Journ. Aquat. Ecol. – 1994. – 3, № 2. – P. 111–126.
- 6 Balushkina E.V. Characteristic features of ecosystems of hyperhaline lakes of the Crimea E.V. Balushkina, S.M. Golubkov, M.S. Golubkov, L.F. Litvinchuk, N.V. Shadrin // Proc. Zool. Inst. Russ. Acad. Sci.. – 2005. – Vol. 308. – P. 5-12.
- 7 Hasle G. R., Syversten E. E. Identifying Marine Phytoplankton / Ed. C. R. Tomas. – Chapter 2. Marine Diatoms. – Academic Press. – 1997. – P. 5–386.
- 8 Reynolds C.S. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge e.t.e.: Cambridge Univ. Press. – 1984. – P.384.
- 9 Danilov R.A. Phytoplankton communities at different depths in two eutrophic and two oligotrophic temperate lakes at higher-latitude during the period of ice cover / R. AvDanilov, N.G.A. Ekelund // Acta Protozool: – 2001. – Vol. 40.
- 10 Williamson D.B. The desmid floras of small temporary pools // Microscopy, – 1991.-Vol. 36, №7.-P. 539-544.
- 11 Hörnström E. Phytoplankton in 63 limed lakes in comparison with the distribution in 500 untreated lakes with varying pH // Hydrobiologia. – 2002. – Vol. 470. – P. 115-126.
- 12 John D.M., Whitton B.A., Brook A.J. The Freshwater Algalflora of the British Isles. An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press7 – 2002. – 704 pp.
- 13 Randhawa M. S. Zygnemaceae. I. C. A. R. Monographs on algae. Indian council of agricultural research. New Delhi. – 1999. – P. 478.
- 14 Swale E. M. F. A study of the phytoplankton of a calcareous river // J. Ecol. – 2004. – Vol. 52, № 2. – P. 433-446.
- 15 Мукаев Ж.Т. Геэкологическая оценка территориально-рекреационных систем бассейна озера Алаколь: Диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD). – 2015. – 170 с.
- 16 Иващенко А.А. Заповедники и национальные парки Казахстана. – Алматы: ТОО «Алматы кітап», 2006. – 284 с.
- 17 Актымбаева А.С. Оценка экологической устойчивости бассейна озера Алаколь в условиях антропогенного воздействия: автореф. канд. геогр. наук. – Алматы, 2007. – 17 с.
- 18 Николаева О.П., Дирин Д.А. Теоретико-методологическое основы исследований территориальных систем рекреационного природопользования // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – №3. – С. 103-107.
- 19 Мукашева Ж.Н., Мухамадиева А.К. К истории развития ландшафттов Алакольской котловины // Вестник КазНУ. Серия географическая. – Алматы, 2003. – Т. 17, №2. – С. 17-20.
- 20 ГОСТ 17.1.3.07-82. 1982. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
- 21 Биоиндикация: теория, методы, приложения / под ред. Г.С. Розенберга. – Тольятти: Интер-Волга, 1994. – 266 с.
- 22 Мелехова О.П., Сарапульц Е.И., Евсеева Т.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
- 23 Голлербах М. М., Полянский В.Н. Пресноводные водоросли и их изучение. – М.: Изд-во «Сов. наука», 2001. – 200 с.
- 24 Масюк Н. П., Кондратьева Н.В., Вассер С.П. Водоросли. – Киев, 1989. – 608 с.
- 25 Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. – М.: Изд-во «Сов. наука», 1951. 618 с.
- 26 Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. – М.: Изд-во «Сов. наука», 1953. 646 с.

- 27 Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. – Л.: Изд-во «Наука», 1982. – Вып. 11(2). 624 с.
- 28 Sladecek V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnol. – 1973. – Vol. 7. – P. 218.
- 29 Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. – 3-е изд. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. – М.: СЭВ, 1977. – С. 42–141.
- 30 Bondarenko N.A., Sheveleva N.G., Domysheva V.M. Structure of plankton communities in Ilchir, an alpine lake in eastern Siberia // Limnology. – 2002. – Vol. 3. – P. 15-22.

References

- 1 Abakumova V.A. (1981) K istorii kontrolya kachestva vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam [To the history of water quality control according to hydrobiological indicators] Scientific fundamentals-quality control'water on hydrobiological indicators: Tr. All-Union. Conf. – L.: Gidrometeoizdat, pp. 46—74.
- 2 Alisov D.A. (2006) Administrativnye centry Zapadnoi Sibirii gorodskaya sreda i sociolno-culturnoe razvitiye (1870-1914 yy.) [Administrative centers of Western Siberia: urban environment and socio-cultural development]. Monograph, D.A. Alisov: Omsk: Izd-vo Omsk State University, pp. 337.
- 3 Aktymbaeva a.S. (2007) Ocenka ekologicheskoi ustoichivosti basseina ozera Alakol v usloviyah antropogenного vozdeistviya [Estimation of ecological stability of the Alakol lake basin under anthropogenic impact] Author's abstract. Cand. geogr. sciencies. – Almaty, pp.17.
- 4 Bazhenova O.P. (2005) Fitoplankton Verhnogo I srednego Irtysha v usloviyah zaregistrirovannogo stoka [Phytoplankton of Upper and Middle Irtysh in conditions of regulated runoff] Monograph O.P. Bazhenov. Omsk, pp. 248.
- 5 Balushkina E.V. (2005) Characteristic features of ecosystems of hyperhaline lakes of the Crimea E.V. Balushkina, S.M. Golubkov, M.S. Golubkov, L.F. Litvinchuk, N.V. Shadrin. Proc. Zool. Inst. Russ. Acad. Sci. vol. 308, pp. 5-12.
- 6 Bondarenko N.A., Sheveleva N.G., Domysheva V.M. (2002) Structure of plankton communities in Ilchir, an alpine lake in eastern Siberia. Limnology., vol. 3.
- 7 Bioindikacia: teoria, metody, prilozhenia (1994) [Bioindication: theory, methods, applications / sub-projects]. G.S. Rosenberg. – Togliatti: Inter-Volga., pp.266.
- 8 Danilov R.A. (2001) Phytoplankton communities at different depths in two eutropic and two oligotrophic temperate lakes at higherlatitude duringthe period of ice cover. R.AvDanilov, N.G.A. Ekelund, Acta Protozool, vol. 40.
- 9 Gollerba M.M., Polyanskii V.N. (2001) Presnovodnye vodorosli ih izuchenie [Freshwater algae study them] – Moscow: Izd-vo Sov. the science”, pp.200.
- 10 GOST 17.1.3.07-82. 1982. Ohrana prirody. Gidrosphera. Pravila kochestva vody vodoemov i vodotokov [Protection of Nature. Hydrosphere. Rules for water quality control of water bodies and streams].
- 11 Hörnström E. (2002) Phytoplankton in 63 limed lakes in comparison with the distribution in 500 untreated lakes with varying pH, Hydrobiologia, vol. 470, pp. 115-126.
- 12 John D.M., Whitton B.A., Brook A.J. (2002) The Freshwater Algalflora of the British Isles. An Identification Guid to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press, pp. 704.
- 13 Ivanova M. B., Baluskina E. B., Basova S. L. (1994) Structural- functional reorganization of ecosystem of hyperhaline lake Saki (Crimea) at instead salinity. Russian Journ. Aquat. Ecol, vol. 3, № 2, pp. 111– 126.
- 14 Ivashenko A.A. (2004) Zapovedniki I nacionalnye parki Kazakhstana [Reserves and national parks of Kazakhstan]. Almaty: LLP Almaty KITAP, pp. 284.
- 15 Mukasheva Zh.N., Muhamedieva A.K. K istorii razvitiya landshavtov Alakolskoi katlaviny [Towards a history of landscape development in the Alakol hollow] Bulletin of KazNU. Geographic series, Almaty., vol. 17, №2, pp.17-20.]
- 16 Melehova O.P., Sarapulc E.I., Evseeva T.I. (2008) Biologicheski kontrol okruzhaishii sredy: bioindikacia I biotestirovanie [Biological control of the environment: bioindication and biotesting] Publishing Center “Academy”, pp. 288.
- 17 Masuk N.P., Kondrateva N.V. Vasser S.P. (1989) Vodorosli [Algae]. Kiev. pp. 608.
- 18 Nikolayleva O.P., Dirin D.A. (2011) Teoretiko- metodologicheskoe osnovy issledovanii teritorialnyh system rekreacionno- go prirodopolzovaniye [Teoretiko-methodological bases of researches of territorial systems of recreational wildlife management] Proceedings of the Altai State University, №3, pp. 103-107.
- 19 Mukaev Zh.T. (2015) Geoecologicheskaya ocenka territorialno rekrekacionnyh system basseina ozera Alakol [Geoecological assessment of territorially recreational systems of the Alakol lake basin] Thesis for the degree of Doctor of Philosophy (PhD), pp. 170.
- 20 Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. (1961) [The determinant of freshwater algae of the USSR] Issue. 4. Diatoms. – Moscow: Izd-vo Sov. the science”, pp. 618.
- 21 Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. (1953) [The determinant of freshwater algae of the USSR] Issue. 2. Blue-green algae. – Moscow: Izd-vo Sov. the science”, pp. 646.
- 22 Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. (1982) [The determinant of freshwater algae of the USSR] Issue. 11 (2). Green algae. – Moscow: Izd-vo “Science”, pp. 624.
- 23 Randhawa M. S. Zygnemaceae. I. C. A. R. (1999) Monographs on algae. Indian council of agricultural research. New Delhi, pp. 478.
- 24 Sladecek V. (1973):System of water quality from the biological point of view. – Ergebnisse der Limnol., vol. 7, pp. 218.
- 25 Swale E. M. F. (2004) A study of the phytoplankton of a calcereous river. J. Ecol. vol. 52, № 2, pp. 433-446.

- 26 Takamura N., Kadono Y., M. Fukushima, M. Nakagawa, B.-H. O. Kim. (2003) Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. Ecological Research, vol. 18, pp. 381-395.
- 27 Unificirovannye metody issledovaniya kachestva vod (1977) [Unified methods for the study of water quality]. Part III. Methods of biological water analysis. 3_e ed. Appendix 2. Atlas of saprobic organisms. Moscow: SEV., pp.42-141.
- 28 Williamson D.B.(1991) The desmid floras of small temporary pools, Microscopy, vol. 36, №7, pp. 539-544.

¹Имангалиева А.Н., ²Ишанова М.Н., ³Сейлханова Г.А.

¹PhD докторант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: runia_i91@mail.ru

²магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru

³доктор химических наук, профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: g_seilkhanova@mail.ru

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ШРОТА РАСТОРОПШИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОТ ИОНОВ Pb^{2+} И Cd^{2+}

В работе представлены результаты исследования текстурных и сорбционных характеристик композиционных материалов на основе растительного сырья – угля грецкого ореха и шрота расторопши, активированных щелочью и аммиаком. Показано, что практически все текстурные и адсорбционные характеристики в результате модификации заметно улучшились. На основе анализа результатов сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и повышения значений адсорбционной активности по йоду установлено, что поверхность модифицированного материала имеет практически неоднородную текстуру, представленную преимущественно мезопорами. Установлено, что процесс сорбции ионов кадмия и свинца описывается мономолекулярной теорией Ленгмюра, которая характеризуется наличием активных центров на поверхности сорбента. Установлены оптимальные условия процесса сорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} в статических условиях: время контакта реагентов – 15 мин, при которых степень извлечения ионов кадмия и свинца достигает ~ 99,0 %. Была также исследована сорбция при совместном присутствии двух ионов: Cd^{2+} и Pb^{2+} . Полученный в работе сорбент на основе растительного сырья может быть использован для эффективной очистки сточных вод от ионов кадмия и свинца, что способствует решению одной из актуальных проблем в области экологии и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: шрот расторопши, скорлупа грецкого ореха, свинец, кадмий, сорбция, композитные материалы.

¹Imangalieva A.N., ²Ishanova M.N., ³Seilkhanova G.A.

¹PhD doctoral student, Kazakh National University named after al-Farabi, Kazakhstan, Almaty, e-mail: runia_i91@mail.ru

²Master student, Kazakh National University named after al-Farabi, Kazakhstan, Almaty, e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru

³Doctor of Chemical Sciences, Professor, Kazakh National University named after al-Farabi,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: g_seilkhanova@mail.ru

Composite materials based on the thistle meal for the treatment of aqueous solution from Pb^{2+} and Cd^{2+} ions

This paper presents the results of research of texture and sorption characteristics of composite materials based on vegetable raw materials walnut shell and thistle meal, activated with alkali and ammonia. It is shown that practically all the texture and adsorption characteristics as a result of the modification have significantly improved. Based on the analysis of the results of scanning electron microscopy (SEM) and increased values of adsorption activity of iodine, the modified material has a practically heterogeneous texture, represented mainly by mesopores was established. It was established that the process of sorption of cadmium and lead ions is described by the monomolecular theory of Langmuir, which is characterized by the presence of active centers on the surface of the sorbent. The optimal conditions for the sorption of Cd^{2+} and Pb^{2+} ions under static conditions are established: the contact time of the reagents is 15 min, at which the degree of extraction of cadmium and lead ions reaches ~ 99.0%. In addition, the sorption process was studied in the simultaneous presence of two ions: Cd^{2+} and Pb^{2+} . The sorbent obtained from the plant raw materials can be used for effective wastewater treatment from cadmium and lead ions, which contributes to solving one of the most urgent problems in the field of ecology and environmental protection.

Key words: thistle meal, walnut shell, lead, cadmium, sorption, composite materials.

¹Имангалиева А.Н., ²Ишанова М.Н., ³Сейлханова Г.А.

¹PhD докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: runia_i91@mail.ru

²магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: ishanova.marzhan@mail.ru

³химия ғылымдарының докторы, профессор,
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: g_seilkhanova@mail.ru

Pb²⁺ және Cd²⁺ иондарының су ерітінділерін тазарту үшін құмыра негізіндең композиттік материалдар

Жұмыста сілтілі және аммиак арқылы белсендірілген өсімдік шикізатына – жаңғақ қабығы мен қурап құмырасына, негізделген композиттік материалдардың текстуралық, және адсорбциялық, сипаттамаларының зерттеу нәтижелері көлтірілген. Модификация нәтижесінде түгелге жуық, текстуралық пен адсорбциялық, сипаттамаларының мәндері көзге тусерліктер жақсарғаны көрсетілді. Сканерлеу электрондық микроскопиясының (СЭМ) нәтижелері мен йод бойынша адсорбциялық белсенділіктің арттырған мәндері негізінде модифицирленген материалдың беті негізінен мезопорлы, біртекті құрылымды болып анықталғаны көрсетілді. Кадмий және қорғасын иондарының сорбциялану процесі Ленгмюрдің мономолекуларлы теориясымен сипатталатыны анықталған, бұл теория бойынша сорбент бетінде белсенді орталықтары бар екендейін дәлелденді. Статикалық, жағдайда Cd²⁺ және Pb²⁺ иондарының сорбциялануының онтайтын шарттары белгіленеді: реагенттердің байланыс уақыты 15 мин, сол уақытта кадмий мен қорғасын иондарының алыну дәрежесі 99,0 % жетті. Сорбциялық процестің екі ионның (Cd²⁺, Pb²⁺) бір мезгілде болған кездегі сорбциялық, сипаттамалары да зерттелген. Өсімдік шикізаты негізінде алынған сорбент кадмий және қорғасын иондарынан ағынды суларды тазарту үшін пайдаланылуға болады, бұл экология және қоршаған ортаны қорғау саласындағы ең өзекті мәселелердің бірін шешуіне ықпал етеді.

Түйін сөздер: қурап құмырасы, жаңғақ қабығы, қорғасын, кадмий, сорбция, композиттік материалдар.

В настоящее время серьезной проблемой является загрязнение природных и сточных вод тяжелыми металлами. Поступление тяжелых металлов в природную среду связано с антропогенным действием человека. Основными источниками антропогенной деятельности являются все виды промышленности, выхлопные газы автотранспортов, котельные установки, а также сельскохозяйственное производство [1]. Поэтому на данный момент особое внимание уделено разработке технологических процессов, которые способны обеспечить рациональное использование оставшегося запаса воды и вторичную очистку сточных вод. Тяжелые металлы, такие как кадмий и свинец, вызывают серьезные последствия для здоровья, как снижение роста и развития, рак, повреждение органов, повреждение нервной системы, а в редких случаях, смерть [2]. На практике широко распространены такие методы очистки, как реагентный, сорбционный, ионообменный, электрохимический [3], обратный осмос, мембранный [4] и различные виды экстракции. Однако особый интерес проявляет сорбционный метод, т.к. является в настоящее время наиболее эффективным и доступным, а также позволяет использовать самые различные и дешевые материалы.

Для очистки сточных вод наиболее привлекательны сорбенты из отходов растительного сырья. Практически неограниченные запасы этих материалов, их дешевизна, простая техника получения, высокие адсорбционные способности сорбентов стимулируют исследования, направленные на получение новых адсорбционно-активных материалов из растительного сырья. Хорошие результаты были получены в процессе сорбции промышленных сточных вод биосорбентами, которые способствуют полному удалению цинка из раствора. Для анализа исследователи подвергли сточные воды действующих заводов, в которой содержались ионы магния, железа, кремния и цинка [5]. Основной механизм сорбции биосорбентами был ионным обменом. Для достижения равновесия сорбентам потребовалось короткое время контакта – 15-30 мин [5]. Особое внимание привлекают разнообразные продукты растительного происхождения, которые получают на основе возобновляемого сырья – древесины [6], льна [1], хлопка [1], характеризующиеся доступностью и низкой стоимостью. Целлюлозосодержащие сорбенты проявили высокую сорбционную активность по отношению к ионам тяжелых металлов (ТМ). Однако, полное извлечение металлов наблюдается после мо-

дифицирования термическими методами [1]. В последнее время особый интерес привлекают сорбенты, которые получены путем обработки различных фруктовых отходов [6], в том числе кожура апельсина [10], банана [16], киви [17] и мандарина [17] для удаления токсичных и тяжелых элементов, также рисовая шелуха [6]. Известны образцы на основе люцерны [5], фасоли [1] и гречневой шелухи [6], древесных опилок, скорлупы орехов [7]. Авторами работы [8] исследования проводились на образцах подсолнечника (лузга) и гречихи (шелуха). В данной работе провели исследование сорбционных свойств отходов авокадо для удаления двухвалентного никеля из водных растворов. исследования показали, что биосорбция Ni (II) зависит от переменных факторов, таких как pH раствора, время контакта и начальная концентрация Ni (II) [9]. Изученные материалы удаляют нефтепродукты на 75–85 %, а также ионы тяжелых металлов [12]. Следовательно, для очистки сточных вод необходимо использовать новые наиболее эффективные и доступные методы модификации растительного сырья.

Целью данной работы является синтез и исследование физико-химических и адсорбционных свойств новых композитных материалов на основе шрота расторопши и скорлупы грецкого ореха.

Экспериментальная часть.

Материалы. В работе использованы следующие вещества:

Шрот расторопши компании Биокор (Россия), скорлупа грецкого ореха, $CdCl_2 \cdot 2H_2O$ марки х.ч., $Pb(NO_3)_2$ марки х.ч., NH_4OH , марки х.ч., $NaOH$, марки х.ч.

Методика модификации и получения сорбентов. Активацию шрота расторопши провели двумя методами: щелочным и аммиачным.

Щелочная модификация шрота расторопши (ШР): навеску шрота расторопши заливают водным раствором, содержащим 1 г (10% от массы шрота) $NaOH$. Далее полученный раствор со ШР ставят на кипящую водяную баню на 30 мин при pH равной 8 и температуре, не превышающей 100°C. Через 30 мин раствор охлаждают до 25°C и по каплям добавляют разбавленный раствор соляной кислоты до pH равной 5-6. Раствор отфильтровывают, а оставшийся на фильтровальной бумаге сорбент промывают дистиллированной водой и высушивают в сушильном шкафу при температуре 80-90°C.

Аммиачная модификация шрота расторопши: навеску шрота расторопши помещают в стакан, заливают водным раствором, содержащим 5% NH_4OH . Далее полученный раствор со ШР ставят на кипящую водяную баню и кипятят его около 30 мин при pH равной 8 и температуре, не превышающей 100°C. Через 30 мин раствор охлаждают до 25°C и по каплям добавляют разбавленный раствор соляной кислоты до pH равной 5-6. Раствор отфильтровывают, а оставшийся на фильтровальной бумаге сорбент промывают дистиллированной водой и высушивают в сушильном шкафу при температуре 80-90°C.

Сорбент на основе грецкого ореха. Для получения сорбента была отобрана скорлупа грецкого ореха. Сначала проводили механическую обработку, после промыли 10%-й серной кислотой с последующей промывкой дистиллированной водой. Далее отмытую скорлупу сжигали в муфельной печи в атмосфере воздуха для удаления летучих веществ, при температуре 400–500°C в интервале 30 и 60 мин. Полученный уголь измельчили для получения порошка с размером зерен 0,07 мм.

Композитный материал на основе модифицированного (щелочью или аммиаком) шрота расторопши и угля грецкого ореха. Полученные материалы на основе шрота расторопши и угля были смешаны в соотношении 3:1.

Проведение процесса сорбции и методы исследования. Процесс сорбции проводили при температуре 298 К в статических условиях с периодическим перемешиванием. Исходную и остаточную концентрацию кадмия и свинца определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии Shimadzu 6200. Результаты были обработаны с помощью программного обеспечения ORIGIN 8.

Результаты и их обсуждение.

Большое содержание углерода в карбонизате положительно влияет на сорбционные характеристики. Для установления оптимальных условий получения карбонизата из скорлупы грецкого ореха были изучены влияние температуры и времени на содержание углерода и зольность карбонизата. Данные представлены в таблице 1.

Как видно из этой таблицы, для получения карбонизата на основе скорлупы грецкого ореха оптимальной температурой является 400 °C, время равно 30 мин.

Были также исследованы физико-химические характеристики, такие как влажность [13], зольность [14], суммарная пористость по ацетону [15] и воде [15], активность по йоду [15] (Таблица 2).

Таблица 1 – Режимы карбонизации скорлупы грецкого ореха

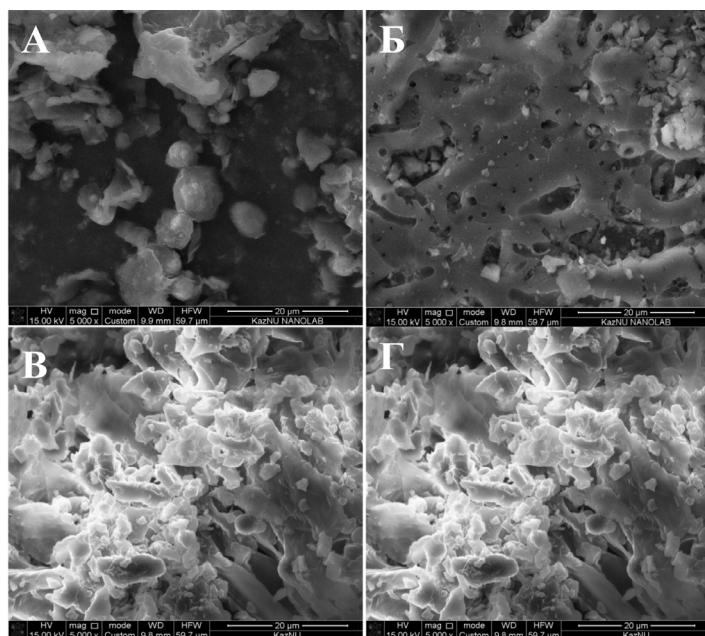
№	Температура карбонизации, °С	Время карбонизации, мин	Содержание углерода, %	Зольность, %
1	400	30	95	2,5
2	400	60	90	4,0
3	500	30	80	10,0
4	500	60	60	10,0

Таблица 2 – Физико-химические характеристики растительных сорбентов

Сорбент	Влажность, %	Зольность, %	Суммарная пористость по ацетону, %	Суммарный объем пор по воде, см ³ /г	Активность по йоду, %	Удельная поверхность по БЭТ
Уголь	0,24	2,50	79,40	-	32,59	58
Шрот расторопши	2,00	15,00	-	-	5,00	48
Шрот расторопши (аммиачный) + уголь 3:1	3,75	97,40	14,27	2,60	95,69	-
Шрот расторопши (щелочь) + уголь 3:1	1,04	98,16	17,68	2,70	37,20	-

Данные в таблице 2 показывают, что модификация шрота расторопши аммиаком и щелочью заметно увеличивает такой показатель, как активность по йоду, которая достигает значений 95,69 % и 37,20 % для композитов ШР (аммиачный) + уголь и ШР (щелочь) + уголь, соответственно. В то же время, показатели суммарной

пористости по ацетону заметно уменьшаются с 79,40 % до 14,27 % для ШР (аммиачный) + уголь и до 17,68 % для ШР (щелочь) + уголь. Это можно объяснить тем, что модификация исходного шрота расторопши аммиаком и щелочью приводит к увеличению количества мезо- и микропор в структуре сорбента.



А – образец ШР; Б – образец карбонизата скорлупы грецкого ореха; В – образец ШР (щел) + уголь (3:1); Г – ШР (аммиач)+уголь (3:1)

Рисунок 1 – Микрофотографии сорбентов на основе растительных материалов. С целью изучения состава исследуемых объектов был проведен элементный анализ, результаты которого представлены в таблицах 3 и 4

Морфология поверхности и размер пор полученных композиционных материалов на основе шрота расторопши и скорлупы грецкого ореха были изучены методом СЭМ. На рисунке 1 представлены микрофотографии исходных материалов: шрот расторопши (А), уголь грецкого ореха (Б) и синтезированные композитные сорбенты (В, Г). Как видно из рисунка 1 (А, Б),

шрот расторопши и карбонизат грецкого ореха характеризуются микропористой структурой. В результате щелочной и аммиачной модификации (рисунок 1 (В, Г)) морфология и структура исходных материалов значительно меняются. Предполагается, что частицы модификатора внедряются в межслойное пространство шрота и угля, тем самым увеличивая размер пор.

Таблица 3 – Химический состав шрота расторопши

Сырье	Содержание, %									
	C	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Fe
ШР	42,20	53,94	0,44	0,12	0,38	0,38	0,09	1,42	0,75	0,11

Органические вещества в шроте расторопши составляют 42,20 %, а кислород – 53,94 %.

Таблица 4 – Технический анализ и элементный состав скорлупы грецкого ореха

Сырье	Технический анализ, %			Элементный анализ, %				
	Влага	Зола	Летучие	C	H	S	N	O
Скорлупа грецкого ореха	7,2	0,3	76,1	56,4	6,5	0,2	0,3	36,6

Из таблицы видно, что оба исходных сырья имеют относительно высокое содержание углерода и кислорода, и могут быть применены в качестве углеродного пористого материала.

Сорбционные характеристики полученных композиционных материалов были изучены по отношению к одним из наиболее токсичных ионов металла – Pb^{2+} и Cd^{2+} .

На рисунке 2 представлены интегральные кривые сорбции ионов свинца и кадмия на исследуемых композиционных материалах. Как видно из рисунка 2, сорбент ШР (щел.) + уголь является эффективным для извлечения как ионов свинца, так и кадмия. Степень извлечения достигает 99%. Композитный сорбент на основе шрота расторопши, модифицированный аммиаком, показал аналогичный результат по отношению к ионам свинца, но меньшее сорбционное извлечение ионов кадмия. Степень извлечения ионов кадмия равно 90 %. Кроме того, на основе интегральных кривых процесса сорбции было рассчитано оптимальное время, необходимое для наступления равновесия, которое равно 15 мин. Это говорит о высокой скорости

извлечения ионов ТМ синтезированными сорбентами.

Изотермы сорбции важны при описании процесса сорбции, которые показывают, как ионы металла распределены между адсорбентом и жидкой фазой при равновесии в зависимости от концентрации. На рисунках 3-4 представлены изотермы Ленгмюра и Фрейндлиха, которые получены на основе экспериментальных данных, при различных исходных концентрациях ионов исследуемых металлов. Были рассчитаны константы изотерм: К – константа равновесия адсорбции, A_{∞} – предельная адсорбция, β и $1/n$ – константы изотермы Фрейндлиха (таблица 5). Как видно из таблицы 5, изотерма Ленгмюра более точно описывает процесс сорбции обоих металлов, что подтверждается значениями коэффициентов корреляции R^2 , близких к единице для ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} , соответственно. Согласно литературным данным, модель изотермы Ленгмюра подразумевает, что адсорбция протекает в гомогенной системе с образованием мономолекулярного слоя сорбата без взаимодействия активных центров сорбента друг с другом [11].

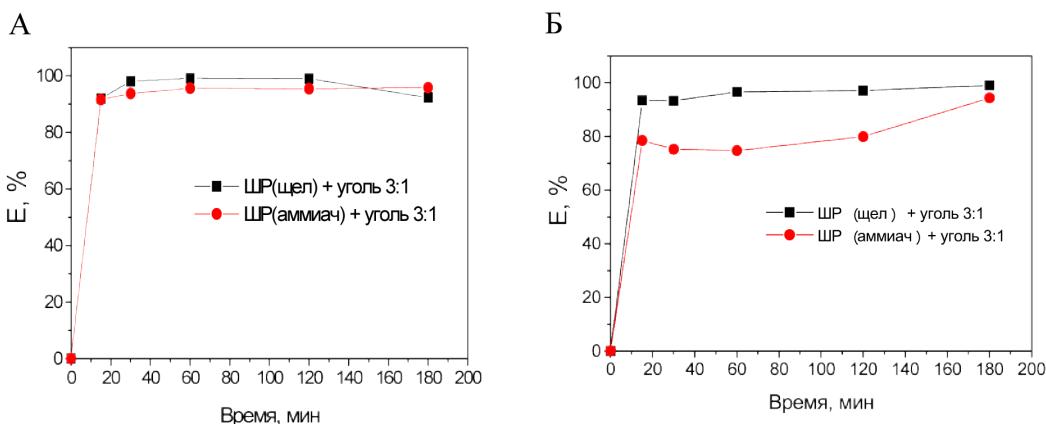
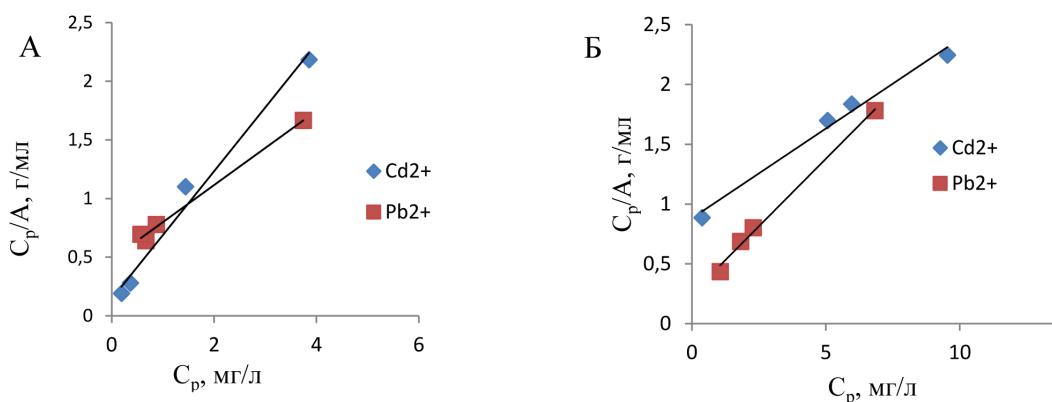
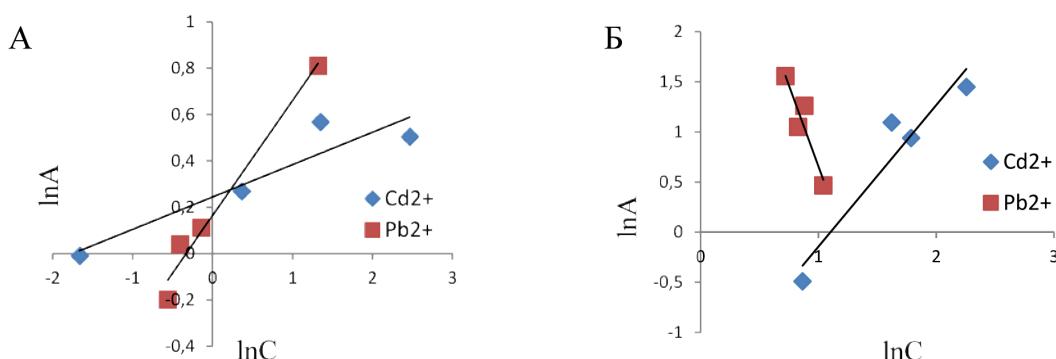


Рисунок 2 – Интегральные кривые сорбции ионов Pb^{2+} (А) и Cd^{2+} (Б)



А – ШР(щел) + уголь 3:1, Б – ШР(аммиач) + уголь 3:1
Рисунок 3 – Модели изотерм адсорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} Ленгмюра



А – ШР (щел) + уголь 3:1, Б – ШР (аммиач) + уголь 3:1
Рисунок 4 – Модели изотерм адсорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} Фрейндлиха

Таблица 5 – Константы изотерм процесса сорбции

Сорбент	Ион металла	Теория Ленгмюра			Теория Фрейндлиха		
		K	A_∞ , мг/л	R^2	B	$1/n$	R^2
ШР (щел) + уголь 3:1	Cd^{2+}	0,12	1,72	0,9944	0,13	0,18	0,6308
	Pb^{2+}	0,15	3,16	0,9939	0,16	0,50	0,9764
ШР (ам) + уголь 3:1	Cd^{2+}	0,11	4,63	0,7430	0,92	0,14	0,2160
	Pb^{2+}	0,18	0,58	0,9094	3,87	3,22	0,8783

По полученным данным из изотерм сорбции можно сделать вывод о физическом механизме адсорбции. Физическая адсорбция протекает достаточно легко, поэтому равновесное состояние устанавливается быстро (15 минут). К тому же, физическая адсорбция характеризуется мономолекулярным строением слоя сорбции. Также в ходе работы бы-

ли рассчитаны кинетические характеристики, такие как скорость, константа скорости, энергия активации. Для определения влияния температуры на процесс сорбции были проведены эксперименты при $T_1 = 298$ К и $T_2 = 288$ К, что позволило рассчитать энергию активации процесса, результаты которых представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Кинетические характеристики процесса сорбции.

Сорбент	Ион металла	T, K	$k \cdot 10^{-2}$, мин $^{-1}$	$w, \text{мг/л}^*\text{мин}$	$E_a, \text{кДж/моль}$
Шрот расторопши (щелочной)+уголь 3:1	Cd^{2+}	288	$3,7 \pm 0,3$	0,85	4,12
		298	$4,0 \pm 0,2$	0,91	
	Pb^{2+}	288	$5,5 \pm 0,2$	0,61	28,16
		298	$9,4 \pm 0,1$	0,62	
Шрот расторопши (аммиачный)+уголь 3:1	Cd^{2+}	288	$1,5 \pm 0,2$	0,17	49,28
		298	$3,3 \pm 0,1$	0,13	
	Pb^{2+}	288	$9,1 \pm 0,3$	0,99	5,48
		298	$7,0 \pm 0,2$	0,15	

Данные приведенные в таблице 6 свидетельствуют о том, что изменение температуры оказывает незначительное влияние на процесс сорбции. Дальнейшее увеличение температуры процесса негативно влияет на сорбцию ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} , так как усиливается процесс десорбции.

Был изучен процесс сорбции при совместном присутствии ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} . С этой целью смоделирован раствор сточных вод Усть-Каменогорского Ульбинского металлургического завода, который занимается производством бериллия, урана и tantalа. Полученные экспериментальные данные показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты сорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} при совместном присутствии

Сорбент	Ионы	$C_{\text{исх}}, \text{мг/л}$	$C_{\text{кон}}, \text{мг/л}$	E, %
ШР (щел.)+уголь 3:1	Cd^{2+}	14,80	0,77	94,80
	Pb^{2+}	4,99	0,41	91,78
ШР (аммиач.)+уголь 3:1	Cd^{2+}	14,00	1,89	86,50
	Pb^{2+}	4,88	0,64	86,89

Полученные результаты показывают, что полученные композиционные материалы на основе шрота расторопши и скорлупы грецкого эффективны для извлечения Cd^{2+} и Pb^{2+} при совместном их присутствии.

Заключение

Были синтезированы новые композиционные материалы на основе шрота расторопши и скорлупы грецкого ореха. Установлены оп-

тимальные условия модификации шрота расторопши и карбонизации скорлупы грецкого ореха. Показано, что модификация исходного материала существенно изменяет состав и структуру полученных образцов, повышая их сорбционную способность. Экспериментально доказано, что степень извлечения ионов кадмия и свинца полученными сорбентами составляет 99 %, значения адсорбции – 2,97 мг/г и 4,73 мг/г для кадмия и свинца, соответственно. В данной работе процесс сорбции рассмотрен согласно теориям Ленгмюра и Фрейндлиха. В данной

работе показали, что изотерма Ленгмюра более точно описывает процесс сорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} , что соответствует монослойной адсорбции. Рассчитаны кинетические характеристики сорбции (E_a , w , k). Показано, что температура положительно влияет на скорость сорбции. Результаты сорбции при совместном присутствии ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} из модельных растворов указывают на эффективность полученных композиционных материалов на основе шрота расторопши и угля скорлупы грецкого ореха, степень извлечения составляет 90 %.

Литература

- 1 Тяпля Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1. – С. 182-192.
- 2 Кривых М.А., Корнилова О.Г., Бунягин Н.Д. Разработка стандартного образца для определения антикомплементарной активности препаратов иммуноглобулинов человека // Химико-фармацевтический журнал. – 2015. – № 6. – С. 40-42.
- 3 Долина Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: Монография. – Дн-вск.: Континент, 2008. – С. 254.
- 4 Wang K., Abdalla A. A., Khaleel M. A., Hilal N., and Khraisheh M. K. Mechanical properties of water desalination and wastewater treatment membranes // Desalination. – 2017. – V. 401. – P.190–205.
- 5 Gogoi H., Leiviska T., Heiderscheidt E., and Postila H. Removal of metals from industrial wastewater and urban runoff by mineral and bio-based sorbents // Journal of Environmental Management. - 2018.- V. 209.-P. 316-327.
- 6 Al-Qahtani K. M. Water purification using different waste fruit cortices for the removal of heavy metals // J. Taibah Univ. Sci.. – 2016. – Vol. 10, № 5. – P. 700–708.
- 7 Youssef A.M., El-Nabarawy T., Samra S. E. Sorption properties of chemically-activated carbons: 1. Sorption of cadmium(II) ions // Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp. – 2004. – Vol. 235, № 1–3. – P. 153–163.
- 8 Cretescu I., Lupascu T., Buciscanu I., Balau-Mindru T., and Soreanu G. Low-cost sorbents for the removal of acid dyes from aqueous solutions // Process Saf. Environ. Prot. – 2017. – Vol. 108. – P. 57–66.
- 9 Vazquez-Palma D., Netzahuatl-Munoz A., Pineda-Camacho G., and Cristiani-Urbina E. Biosorptive removal of nickel(II) ions from aqueous solutions by hass avocado (*persea americana* mill. var. hass) shell as an effective and low-cost biosorbent // Fresenius Environmental Bulletin.- 2017.- Vol.26, №5.- P.3501-3513.
- 10 Mohamed Ahmed Mahmoud, and Mohamed Mohamed El-Halwany Adsorption of Cadmium onto Orange Peels: Isotherms, Kinetics, and Thermodynamics // J Chromatogr Sep Tech.- 2014.- Vol. 5.- P.2-6.
- 11 Efremova S.V. Influence of modification conditions on the phase composition of the mineral shungite rocks and structure of its constituent minerals // Bull. Kazn.- 2006. – № 2. – P. 79–90.
- 12 Гамзаева У. Г., Татаева С. Д., Ахмедов С. А. Групповое концентрирование Zn, Cu, Cr и Mn модифицированными сорбентами и их определение в биологических объектах // Материалы 5 Всероссийск. конф. по анализу объектов окружающей среды с международным участием – СПб., 2003. – С. 313.
- 13 ГОСТ 12852.6-77. Бетон ячеистый. Метод определения сорбционной влажности. Введен с 01.07.1978. – М.: Государственный стандарт союза, 1980.
- 14 ГОСТ РФ 55960-2014 Уголь активированный. Стандартный метод определения зольности. Введен с 2010.07.01. – М.: Стандарт информ, 2011. – С. 36.
- 15 ГОСТ ISO 1304-2013 Ингредиенты резиновой смеси. Углерод технический гранулированный. Определение числа адсорбции йода. Введен с 2008.07.01. – М.: Стандарт информ, 2009.
- 16 Anwar J., Shafique U., Muhammad D. Removal of Pb (II) and Cd (II) from water by adsorption on peels of banana // Bio-resource Technology.- 2010. – Vol. 101, № 6. – P. 1752-1755.
- 17 Gisi S.D., Lofrano G., Grassi M., Notarnicola M. An overview of low-cost adsorbents for wastewater treatment // Sustainable Materials and Technologies. – 2016. – № 9. – P. 45-96.

References

- 1 Al-Qahtani K. M. (2016) Water purification using different waste fruit cortices for the removal of heavy metals. *J. Taibah Univ. Sci.*, vol. 10, no 5, pp. 700–708.
- 2 Anwar J., Shafique U., Muhammad D. Removal of Pb (II) and Cd (II) from water by adsorption on peels of banana // Bio-resource Technology.- 2010. – vol. 101. – № 6. – pp. 1752-1755 (in Eng.).

- 3 Cretescu I., Lupascu T., Bucisanu I., Balau-Mindru T., and Soreanu G. Low-cost sorbents for the removal of acid dyes from aqueous solutions // Process Saf. Environ. Prot. – 2017. – vol. 108.- pp. 57–66.
- 4 Dolina L.F. (2008) Sovremennaya tekhnika i tehnologii dlya ochistki stochnyih vod ot soley tyazhelyih metallov: Mono-graph. [Modern technology and technologies for wastewater treatment from salts of heavy metals: Monograph.]. Day-Ssk: Continent, p. 254.
- 5 Efremova S.V. Influence of modification conditions on the phase composition of the mineral shungite rocks and structure of its constituent minerals // Bull. Kazn.- 2006. – №2. – pp. 79–90.
- 6 Gamzaeva Y. G. , S. D. Tataeva, S. A. Ahmedov. Gryppovoe koncentrirovanie Zn, Cu, Cr i Mn modifitsirovannimi sorbentami i ih opredelenie v biologicheskikh obektaх (Group Concentration of Zn, Cu, Cr and Mn by modified sorbents and their determination in biological objects). Materiali 5 Vserossiisk. konf. po analizy obektov okryjaushei sredi s mejd. Ychastiem (Materials of 5th All-Russian. Conf. Analysis of the environment with int. participating), SPb (Saint Petersburg), 2003. 313.
- 7 Gisi S.D., Lofrano G., Grassi M., Notarnicola M. An overview of low-cost adsorbents for wastewater treatment // Sustainable Materials and Technologies. – 2016. – № 9. – pp.45-96 (in Eng.).
- 8 Gogoi H., Leiviska T., Heiderscheidt E., and Postila H. Removal of metals from industrial wastewater and urban runoff by mineral and bio-based sorbents // Journal of Environmental Management. - 2018.- V. 209.-P. 316-327.
- 9 GOST 12852.6-77 (1980) Beton yacheistyj. Metod opredeleniya sorbcionnoj vlahnosti [Concrete honeycomb. Method for determination of moisture sorption], from 01.07.1978. Moscow: Gosudarstvennyj standart sojuza.
- 10 GOST RF 55960-2014 Ugol' aktivirovannyj. Standartnyj metod opredelenija zol'nosti [Activated carbon. The standard method for determination of ash]. from.01.07.2010. Moscow: Standard inform. 2011. 36 (in Russ.).
- 11 ISO 1304-2013 Ingrediente rezinovoj smesi. Uglerod tehnicheskij granulirovannyj. Opredelenie chisla adsorbcii joda (Rubber compounding ingredients. Technical carbon granulated. Determination of iodine adsorption). From 2008.07.01. Moscow: Standard inform. 2009. (in Russ.).
- 12 Krivykh M.A., Kornilova O.G., Bunyatyan N.D. (2015) Razrabotka standatnogo obrazca dlya opredeleniya antikomplementarnoy aktivnosti preparatov immunoglobulinov cheloveka [Development of a standard sample for determining the anticomplementary activity of human drug preparation]. *Himiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, no 6, pp. 40-42.
- 13 Mohamed Ahmed Mahmoud, and Mohamed Mohamed El-Halwany Adsorption of Cadmium onto Orange Peels: Isotherms, Kinetics, and Thermodynamics // J Chromatogr Sep Tech.- 2014.- Vol. 5.- P.2-6.
- 14 Teplay G.A. (2013) Tyazhelyie metallyi kak faktor zagryazneniya okruzhayuschej sredy [Heavy metals as a factor of environmental pollution]. *Astrakhan bulletin of ecological education*, vol. 23, no 1, pp. 182-192.
- 15 Youssef A.M., El-Nabarawy T., Samra S. E. (2004) Sorption properties of chemically-activated carbons: 1. Sorption of cadmium (II) ions. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 235, no 1–3, pp. 153–163.
- 16 Vazquez-Palma D., Netzahuatl-Munoz A., Pineda-Camacho G., and Cristiani-Urbina E. Biosorptive removal of nickel(ii) ions from aqueous solutions by hass avocado (*persea americana* mill. var. hass) shell as an effective and low-cost biosorbent // Fresenius Environmental Bulletin.- 2017.- Vol.26, №5.- P.3501-3513.
- 17 Wang K., Abdalla A. A., Khaleel M. A., Hilal N., and Khraisheh M. K. (2017) Mechanical properties of water desalination and wastewater treatment membranes. *Desalination*, vol. 401, pp.190–205.

**Жубанова А.А.¹, Уалиева П.С.², Абдиева Г.Ж.³,
Малик А.М.⁴, Тастанбек К.Т.⁵, Акимбеков Н.Ш.⁶**

¹ академик Каз.НАЕН, доктор биологических наук, профессор, e-mail: azhar_1941@mail.ru

² кандидат биологических наук, доцент, e-mail: ualieva_perizat@mail.ru

³ кандидат биологических наук, доцент, e-mail: a_gulzhamal@mail.ru

⁴ младший научный сотрудник, e-mail: azhar_94-03@mail.ru

⁵ преподаватель, e-mail: tastambeku@gmail.com

⁶ PhD, доцент, e-mail: nuraly99@mail.ru

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

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОБНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВ И ВОДЫ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЙКИМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМИ

В настоящее время в Республике Казахстан остро стоит экологическая проблема, связанная с последствиями многолетнего использования в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений пестицидов – химических средств защиты растений. Хотя в настоящее время их использование практически запрещено вследствие высокой токсичности в отношении биообъектов почв и водоемов, возникла иная проблема, связанная с необходимостью создания новых экологически опасных объектов – хранилищ (складов) для огромных количеств неиспользованных пестицидов – веществ, высоко опасных для всех живых организмов. Строительство таких хранилищ было в свое время продиктовано тем, что в последние годы, в условиях заметного снижения спроса на пестициды, вследствие их недостаточной целевой эффективности, негативного влияния на объекты окружающей среды, использование этих препаратов заметно снизилось, но, учитывая возможность их применения в перспективе при наличии разработок для успешной защиты организмов, заселяющих объекты внешней среды – почву, воду и воздух от действия пестицидов, в ряде регионов были построены специальные хранилища для имеющихся на складах пестицидов. В частности, в Талгарском районе Алматинской области.

Большинство исследований, проводимых в этом направлении, посвящено изучению целевой активности пестицидов в процессе их применения в сельском хозяйстве.

Однако, большого внимания исследователей требуют и проблемы, связанные с влиянием хранилищ пестицидов на экологию окружающей среды, на физиологическую активность микроорганизмов и других компонентов воды и почв, которые в таких исследованиях могут служить маркерами изменений, вызванных наличием пестицидов и продуктов их распада в среде. В частности, по их метаболической активности можно оценить интенсивность и характер воздействий токсичных веществ, к примеру пестицидов, на метаболические процессы в клетках почвенных микроорганизмов непосредственно, т.е. метаболический потенциал почвенных микробных сообществ в районах захоронения пестицидов.

Такие исследования, с одной стороны, позволяют получить достоверную информацию не только о влиянии хранилищ пестицидов на экологическую ситуацию исследуемого региона, но и имеют прогностическую ценность, т.к. позволяют судить о возможных изменениях микробного потенциала в объектах внешней среды в присутствии значительных количеств пестицидов в хранилищах. Не менее важно и то, что изучение микробных сообществ почв, загрязненных пестицидами, необходимо как для оценки биологического риска, так и для отбора перспективных агентов для технологии биоремедиации природных объектов.

Ключевые слова: микроорганизмы, пестициды, микробное разнообразие, штамм, идентификация, генетические сведения.

¹Жубанова А.А., ²Уалиева П.С., ³Абдиева Г.Ж., ⁴Мәлік А.М., ⁵Тастамбек К.Т., ⁶Акимбеков Н.Ш.

¹ Қаз.ҰЖФА академигі, биология ғылымдарының докторы, профессор, e-mail: azhar_1941@mail.ru

² биология ғылымдарының кандидаты, доцент, e-mail: ualieva_perizat@mail.ru

³ биология ғылымдарының кандидаты, доцент, e-mail: a_gulzhamal@mail.ru

⁴ кіші ғылыми қызыметкер, e-mail: azhar_94-03@mail.ru,

⁵ оқытушы, e-mail: tastambeku@gmail.com

⁶ PhD, доцент, e-mail: nuraly99@mail.ru,

әл-Фараби атындағы Қазак ұлттық университетінің биотехнология кафедрасы, Қазақстан, Алматы қ.

Тұрақты органикалық ластағыштармен ластанған топырак және судың микробтық әртүрлілігін зерттеу

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында өсімдіктердің қорғауға арналған химиялық заттардың бұрынғы аймақтарында сақтауға тыйым салынған, пайдаланылмайтын пестицидтердің жинақтау қурделі экологиялық мәселеге айналып отыр. Пестицидтердің топырақ, және су биообъектілеріне жоғары токсинді әсер етуіне байланысты, олардың қолдануға тыйым салынған, бірақ қазіргі таңда басқа мәселе туындауда, яғни барлық тірі организмдер үшін жоғары қауіпті әсер ететін қолданылмаған пестицидтердің көп мөлшерін жинақтайдын жаңа экологиялық қауіпті сақтау объектілерін ашумен байланысты. Мұндай экологиялық сақтау орындарының құрылышы осы уақытқа дейін қарастырылған болатын, себебі соңғы жылдары пестицидтердің мақсатты әсерінің жеткіліксіздігінен, қоршаған орта объектілеріне – топырақ, су, ауаға пестицидтердің әсер етуіне байланысты олардың сақтайтын арнағы қоймалар салынды. Осындай орындарының бірі Алматы облысы, Талғар ауданында орналасқан.

Бұл бағытта жүргізіліп отырған зерттеу жұмыстарының басым бөлігі ауыл шаруашылығында қолданылатын пестицидтердің мақсатты белсенділігін зерттеуге арналған.

Бірақ осы бағытта жүргізілген зерттеулердің басым бөлігі пестицидтердің ауыл шаруашылығында қолданылу процесінде мақсатты белсенділігін зерттеуге арналған, ал зерттеушілердің үлкен сұранысына байланысты пестицидтердің қоршаған орта экологиясына әсері мәсеселіне, әсіресе су мен топырақ микроорганизмдерінің пестицидтерге әсер етуі, шын мәнінде маркерлердің бірі бола алатынына негізделген. Мысалы пестицидтерге топырақ микроорганизм клеткаларының метаболитикалық процесі негізінде олардың қарқындылығы мен токсикалық әсер етуімен сипатталады, яғни пестицидтердің көмілген аймақтарында топырақ микроорганизмдер қауымдастырының метаболитикалық қарқының байқауға болады.

Бұндай зерттеу жұмыстары бір жағынан зерттеліп жатқан аймақтағы экологиялық жағдайға пестицидтердің сақтау әсері жайлы нақты ақпаратты алудағана емес, сондай-ақ, болжамды құндылықтар туралы сенімді ақпарат береді, яғни табиғат жағдайында пестицидтердің сақтау орындарында пестицидтердің біраз мөлшері бар болған жағдайда қоршаған орта объектілерінде микробтық потенциалды өзгерістерді бағалауға мүмкіндік береді. Биологиялық қауіпті бағалау мақсатында пестицидтермен ластанған топырақтың микробтық қауымдастырын зерттеу, сондай-ақ, табиғи объектілердің биоремедиация технологиясына перспективті агенттерді тандауда маңызы зор.

Түйін сөздер: микроорганизмдер, пестицидтер, микробтық әртүрлілік, штамм, идентификация, генетикалық ақпарат.

Zhubanova A.A.¹, Ualieva P.S.², Abdyeva G.Zh.³, Malik A.M.⁴, Tastambek K.T.⁵, Akimbekov N.Sh.⁶

¹Academician Kaz. NANS, doctor of biological Sciences, professor, e-mail: azhar_1941@mail.ru

²PhD in Biology, associate professor, e-mail: ualieva_perizat@mail.ru,

³PhD in Biology, associate professor, e-mail: a_gulzhamal@mail.ru,

⁴junior researcher, e-mail: azhar_94-03@mail.ru

⁵Assistant, e-mail: tastambeku@gmail.com,

⁶PhD in Biology, associate professor, e-mail: nuraly99@mail.ru

Faculty of Biotechnology al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Study of Microbial Diversity of Soil and Water Polluted by Persistent Organic Pollutants

Now in the Republic of Kazakhstan the environmental problem, the bound to consequences of long-term use in agriculture for pest control of agricultural plants of pesticides chemical means of protection of plants is particularly acute. Though now their use is almost forbidden, owing to high toxicity concerning bioobjects of soils and reservoirs, there was other problem, the bound to need of creation of new ecologically dangerous objects – storages (warehouses) for huge amounts of unused pesticides the substances highly dangerous to all alive organisms. Construction of such storages was dictated in due time by what in recent years, in the conditions of noticeable decrease in demand for pesticides, owing to their poor target effectiveness, negative impact on objects of a surrounding medium, use of these medicines con-

siderably decreased, but, considering a possibility of their application in the long term in the presence of developments for successful protection of the organisms occupying objects of the external environment the soil, water and air from effect of pesticides, in a number of regions express storages for the pesticides which are available in warehouses were constructed. In particular, in Talgarsky district of Almaty region.

Most of the research conducted in this direction is devoted to the study of the target activity of pesticides in the process of their application in agriculture.

However, the great attention of researchers is also required by the problems associated with the influence of pesticide storage facilities on the ecology of the environment, on the physiological activity of microorganisms and other components of water and soils, which in such studies can serve as markers of changes caused by the presence of pesticides and products of their disintegration in the medium. In particular, on their metabolic activity it is possible to estimate intensity and the nature of influences of toxic substances, for example pesticides, on metabolic processes in cages of soil microorganisms immediately, i.e. the metabolic capacity of soil microbial communities in areas of burial of pesticides.

Such researches, on the one hand, will allow to obtain reliable information not only about influence of storages of pesticides on an ecological situation of the explored region, but also have the prognostic value since allow to judge possible changes of microbial potential in objects of the external environment in the presence of the significant amounts of pesticides in storages. Not less important and the fact that studying of microbial communities of the soils polluted by pesticides is necessary both for assessment of biological risk, and for selection of perspective agents for technology of bioremediation of natural objects.

Key words: microorganisms, pesticides, microbial diversity, strain, identification, genetic information.

Введение

Пестициды – это химические препараты, проявляющие токсичные (биоцидные) свойства в отношении вредителей сельскохозяйственных культур. По химическому составу выделяют три основные группы:

Неорганические соединения (препараты солей меди, серы, марганца, железа и др.);

Органические соединения;

Препараты растительного, бактериального и грибного происхождения – биопрепараты, антибиотики и фитонциды.

Использование химических соединений, в том числе пестицидов, для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур всегда сопровождается отрицательным действием и на окружающую среду, и на организм человека, животных, растений и микроорганизмов.

Кроме мест интенсивного применения пестицидов, потенциальную опасность для окружающей среды и человека несут места их захоронения, поскольку токсичные вещества могут попасть в окружающую среду и создавать угрозу для всех живых организмов, включая почвенное и водное микробное население. Важно и то, что микроорганизмы, выделенные из экосистем, подвергавшихся длительному воздействию пестицидов, обладают потенциалом к более быстрому разложению данных соединений [2].

Проблемы хранения и утилизации пестицидов и арохимикатов продолжают оставаться наиболее трудно решаемыми проблемами. При этом, в силу физико-химических особенностей почв, процессов сорбции в ней создаются

условия для накопления пестицидов и тесного контакта их остаточных количеств с микрофлорой. Изучение состава микробоценозов загрязненных почв, а также почв с территории захоронения ядохимикатов представляет значительный научный интерес как для мониторинга окружающей среды, так и для выделения микроорганизмов, устойчивых к высоким дозам токсикантов. За последние годы была установлена огромная роль микроорганизмов в поддержании экологического равновесия. Многочисленные формы микроорганизмов обладают способностью включать в обмен веществ ксенобиотики, используя их в конструктивном и энергетическом метаболизме клетки. Микробная деградация токсикантов, осуществляемая за счет ферментных систем, является обнадеживающим подходом для деструкции органических токсикантов.

Определение численности различных почвенных микроорганизмов как на местах захоронения пестицидов, так и на фоновой территории, необходимо как для характеристики в почвах и воде пуль физиологических групп микроорганизмов, устойчивых к загрязнителю, так и для выявления токсического влияния хранилищ токсикантов-пестицидов на микробиологический состав микрофлоры прилегающих к хранилищу почв и воды [3].

В связи с вышеизложенным целью данного исследования явилось:

Изучение влияния хранилищ экотоксикантов-пестицидов на микробное разнообразие почв и воды территорий, прилегающих к местам захоронения пестицидов.

Молекулярно-генетическая идентификация выделенных штаммов-деструкторов до вида.

3. Молекулярно-генетическая идентификация выделенных штаммов микроорганизмов-деструкторов.

Материалы и методы

Нами были проведены исследования по определению микробного состава образцов, взятых из почв и воды территории Алматинской области, прилегающей к местам захоронения пестицидов (опытные образцы) и фоновой территории (контрольные образцы).

В работе использовались традиционные микробиологические методы:

– Определение численности различных групп почвенных микроорганизмов для выявления пула физиологических групп, устойчивых к загрязнителю, и сравнения микробиологического состава микрофлоры почвы и воды на местах, прилегающих к хранилищам, проводили методом последовательных разведений почвенной суспензии на плотных питательных средах.

Исследования почвенных проб были направлены на определение численности аммонифицирующих, целлюлозолитических, азотфикссирующих бактерий, актиномицетов и плесневых грибов, так как именно эти группы могут обеспечить самоочищающую способность почв и участвуют в почвообразовательных процессах.

Плесневые грибы учитывали на агаризованной среде Чапека–Докса, аммонифицирующие бактерии выявляли на ГРМ-агаре, азотфикссирующие бактерии – на среде Эшби, аэробные целлюлозолитических бактерии учитывали на плотной питательной среде Хетчинсона и Клейтона.

Культивирование посевов осуществляли в термостате при 28 °C в течение 2 суток при выделении гетеротрофных бактерий, 5–7 суток – при выделении актиномицетов, азотфикссирующих и плесневых грибов и 7–9 суток – при выделении целлюлозолитических бактерий. После инкубации посевов проводили количественный учет выросших колоний и определяли количество колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 г почвы.

Получение чистых культур осуществляли механическим разобщением на поверхности плотной питательной среды (метод штриха с обжигом петли) [4]. Отдельные колонии проверяли на чистоту путем микроскопирования и отсеивали на скшенный питательный агар для культивирования.

Молекулярно-генетическую идентификацию микроорганизмов проводили методом секвенирования по Сенгеру. Геномную ДНК из 1-2-суточных культур выделяли методом фенол-хлороформной экстракции [5]. Концентрацию ДНК в образцах определяли с помощью флуориметра Qubit (Invitrogen, США) по шкале для dsDNA HS.

В качестве генетического маркера был использован участок гена 16S rRNA. В работе использовали универсальные праймеры: 8F (5'-AGAGTTGATCCTGGCTCAG-3') и 806R (5'-GGACTACCAGGGTATCTAAT-3') [6]. Реакционная смесь (30 мкл) содержала 3 мкл 10x реакционного буфера (Fermentas), 2,5 mM MgCl₂, 0,2 mM каждого дезоксирибонуклеозидтрифосфата (дНТФ), по 10 пмоль каждого из праймеров, 1 единицу Таq-полимеразы Maxima Hot Start Taq DNA Polymerase (Fermentas). Амплификацию проводили в термоциклире Mastercycler proS (Eppendorf) по следующему режиму: 95 °C в течение 7 минут, затем 30 циклов, состоящих из: 95 °C – 30 секунд, 55 °C – 40 секунд 72 °C – 1 мин. Завершающую элонгацию проводили при 72 °C в течение 10 минут. ПЦР продукт разделяли в 1,5% агарозном геле, полосы окрашивали бромистым этидием и визуализировали в УФ-трансиллюминаторе. В качестве электродного буфера использовали 1xTBE-буфер. ПЦР продукт очищали с помощью реагента для очистки CleanSweep™ (ThermoFisher Scientific, США).

Секвенирование фрагментов гена 16S rRNA бактерий проводили с использованием набора Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, США) согласно протокола производителя [BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit Protocol Applied Biosystems США]. Очистку продуктов секвенирования проводили с помощью набора BigDye® XTerminator™ Purification Kit согласно протоколу производителя. Капиллярный форез проводили на генетическом анализаторе ABI 3500 DNA Analyzer (Applied Biosystems, США).

Результаты секвенирования обрабатывали в программе SeqA (Applied Biosystems). Поиск гомологичных нуклеотидных последовательностей генов 16S rRNA осуществляли с помощью программы BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) в Международной базе данных Gene Bank Национального центра биотехнологической информации США (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Филогенетический анализ проводили с использованием программного обеспечения MEGA6.

Выравнивание нуклеотидных последовательностей проводили, используя алгоритм ClustalW. Для построения филогенетических деревьев использовали метод «объединения соседей» Neighbor-Joining (NJ) [7].

Результаты и исследования

1. Изучение микрофлоры почв и воды исследуемых участков

Одним из качественных показателей почвы является ее микробная активность. Микробиоценоз почвы характеризует ее потенциальное плодородие, суммарный результат биохимических процессов, обусловленных жизнедеятельностью микроорганизмов. Качественный и количественный состав комплексов

почвенных микроорганизмов является также важным диагностическим показателем состояния почвы, что связано с высокой чувствительностью отдельных представителей микробных сообществ к изменению экологических условий [8].

В работе пробы почвенных и водных образцов отбирали из 2 точек (Кызылкайрат, Бескайнар), прилегающих к местам захоронения пестицидов (Талгарский район Алматинской области). Контролем служили образцы почвы и воды поселка Таукаратурык, Енбекши-Казахского района Алматинской области. Результаты изучения микробного разнообразия в исследуемых пробах воды и почвы представлены на рисунке 1.

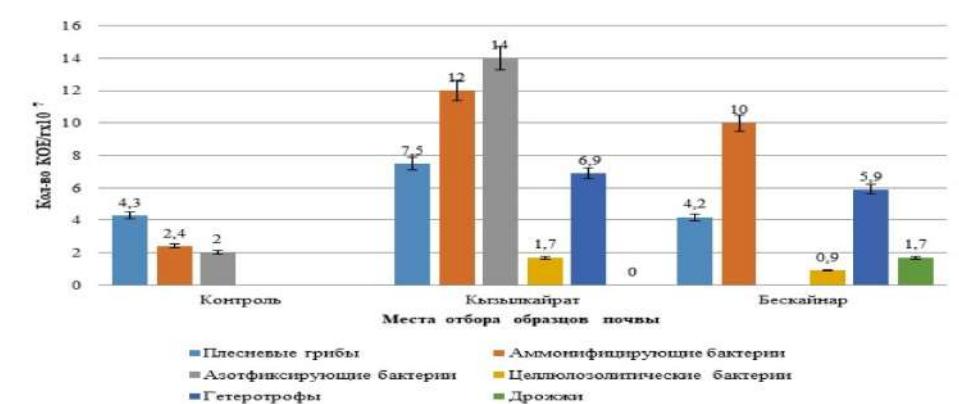


Рисунок 1 – Микробное разнообразие почв Кызылкайрат и Бескайнар

Из рисунка 1 видно, что в загрязненных почвах с мест захоронения пестицидов доминируют численность аммонифицирующих бактерий ($1,0 \times 10^8 - 1,2 \times 10^8$ КОЕ/г), гетеротрофных бактерий ($4,2 \times 10^7 - 7,5 \times 10^7$ КОЕ/г), плесневых грибов ($1,4 \times 10^5 - 1,7 \times 10^6$ КОЕ/г) и аэробных целлюлозолитических бактерий ($1,7 \times 10^5 - 8,6 \times 10^6$ КОЕ/г). Таким образом, пестициды активно влияют на жизнедеятельность как отдельных клеток микроорганизмов, так и на почвенных микробоценозов. Во многом характер действия пестицидов определяется их химической природой и своеобразием почвенной микробиоты. Встречаются группы чрезвычайно чувствительных и очень толерантных микроорганизмов. Однако, токсическое действие пестицидов, как правило, имеет обратимый характер. Степень ингибирующего эффекта и скорость восстановления исходной структуры микробо-

ценозов зависит от химического состава, дозы и стабильности ксенобиотика в окружающей среде. Изменение численности под воздействием пестицидов подтверждается данными других исследователей [9].

В ходе работы был изучен качественный и количественный состав микрофлоры в образцах почвы Кызылкайрат. Результаты представлены на рисунке 2. Анализ микробиологического состава почвы Кызылкайрат с мест захоронения пестицидов показал, что в микрофлоре доминирует численность аммонифицирующих бактерий (28%), азотфиксирующих бактерий (33%), а также преобладают гетеротрофные бактерии (17%), плесневые грибы (18%) и аэробноцеллюлозолитические бактерии (4%). В дальнейших работах был изучен качественный и количественный состав микрофлоры в образцах почвы Бескайнар.



Рисунок 2 – Качественный и количественный состав микрофлоры в образцах почвы Кызылкайрат

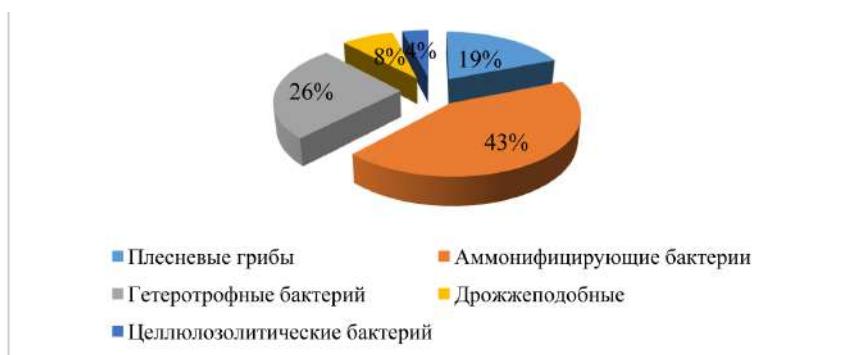


Рисунок 3 – Качественный и количественный состав микрофлоры в образцах почвы Бескайнар

В результате исследования качественного и количественного состава микрофлоры в образцах почвы Бескайнар было показано, что в микрофлоре доминируют численность аммонифицирующих бактерий (43%), гетеротрофных (26%), аэробноцеллюлозолитические бактерий (4%) и дрожжей (8%), плесневых грибов (19%).

Количественные показатели азотфикссирующих бактерий и микроскопических дрожжей в загрязненной почве существенно не отличались от показателей контрольного образца. Численность микроорганизмов в образцах воды, прилегающей к местам захоронения пестицидов, были в пределах $1,4 \times 10^7 - 1,9 \times 10^8$ КОЕ/г.

Таким образом, наличие в почве пестицидов как органического вещества стимулировало размножение аммонифицирующих бактерий. Снижение плесневых грибов может быть связано с наличием в загрязненной почве хлорорганических пестицидов, ингибирующих их рост. Анализ численности микроорганизмов в загрязненной почве показал, что доминирующей группой в загрязненной почве явились гетеротро-

рофные бактерии, поэтому поиск деструкторов проводили именно в этой группе.

Важным условием для дальнейших микробиологических исследований являлось выделение штаммов доминирующих популяций микроорганизмов и получение чистых культур для изучения их деструктивных свойств.

2. Выделение перспективных штаммов как потенциальных деструкторов химических загрязнителей

В дальнейших экспериментах нами из образцов почв и воды с мест захоронения пестицидов (Кызылқайрат, Бескайнар) и контрольного участка (Таукаратурук) выделялись перспективные штаммы микроорганизмов. В ходе работы для скрининга микроорганизмов-деструкторов химических загрязнителей из образцов с. Таукаратурук были выделены из почвы 8, а из воды – 4 штамма чистых микробных культур.

Характеристика и идентификация микроорганизмов-деструкторов проводилась по совокупности культуральных, морфологических, тинкториальных и биохимических признаков

[10]. Были изучены морфолого-культуральные и физиолого-биохимические свойства выделенных чистых культур микроорганизмов. В

таблице 1 дана характеристика выделенных штаммов по основным диагностическим признакам.

Таблица 1 – Основные дифференциально-диагностические признаки выделенных штаммов

№ п/п	Культура	Форма клеток	Окраска по Граму	Подвижность	Споры	Гидролиз желатины	Гидролиз крахмала	Гидролиз казеина	Наличие каталазы	Использование молекулярного азота	Рост при 42°C
1	<i>K2</i>	п	-	+	-	+++	++	++	+	+	+++
2	<i>K3</i>	п	+	+	+	++	++	+	+	-	+++
3	<i>K1</i>	п	+	+	+	++	+++	+++	+	-	+++
4	<i>KC1</i>	п	+	+	+	++	+	++	++	-	++
5	<i>B1</i>	к	+	+	-	+++	++	+++	+	+	++
6	<i>B2</i>	п	+	+	+	++	+++	++	+	+	+++
7	<i>B3</i>	п	+	+	+	++	+++	+	++	+	++
8	<i>B4</i>	п	+	-	-	++	++	++	++	-	++
9	<i>CK1</i>	к	+	+	-	+++	+++	+	+++	+	+++
10	<i>CK2</i>	п	+	-	+	+++	++	++	+++	+	++
11	<i>CB1</i>	п	+	-	+	++	+	++	++	+	+++
12	<i>CB2</i>	п	+	+	+	+++	+	+++	++	+	++

Примечание – п – палочковидные клетки; к – кокковидные клетки;
+ – положительна по данному признаку; – – отрицательна по данному признаку

На основании полученных данных, среди культур микроорганизмов, выделенных из образцов почв и воды, выявлены грамположительные палочки и кокки, грамотрицательные палочковидные бактерии. Среди исследуемых штаммов 4 штамма – *K2*, *B1*, *B4*, *CK1* спор не образовывали, тогда как остальные штаммы образуют эндоспоры. Установлено, что все выделенные штаммы, кроме штаммов *B4*, *CK2* и *CB1*, подвижны. Большинство культур хорошо росли при температуре 42°C и проявляли активность при использовании молекулярного азота. При изучении роста культур в присутствии молекулярного кислорода большинство штаммов – *K2*, *K3*, *K1*, *KC1*, *B1*, *B3*, *B4*, *CB1*, *CB2* являлись аэробными и 3 штамма – *B2*, *CK1*, *CK2* – микроаэрофилами. У всех штаммов наблюдается сравнительная каталазная активность. Все изученные штаммы проявили сравнительную активность гидролиза крахмала, желатина и казеина.

В результате изучения морфолого-культуральных и физиолого-биохимических свойств выделенные культуры предварительно были отнесены к родам *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*.

Из выделенных культур были отобраны 2 перспективных штамма как потенциальные деструкторы химических загрязнителей. По морфолого-культуральным признакам штамм *K2* – грамотрицательные короткие, неспособообразующие, подвижные палочки, а штамм *K3* – грамположительные крупные, спорообразующие, подвижные палочки. (Рис. 4).

3. Молекулярно-генетическая идентификация выделенных штаммов микроорганизмов-деструкторов

Отобранные культуры были идентифицированы до вида. Молекулярно-генетическую идентификацию микроорганизмов проводили методом секвенирования по Сенгеру.

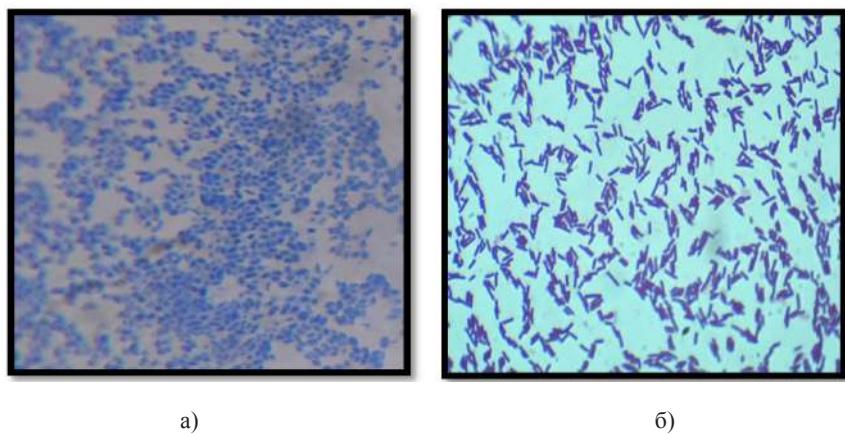
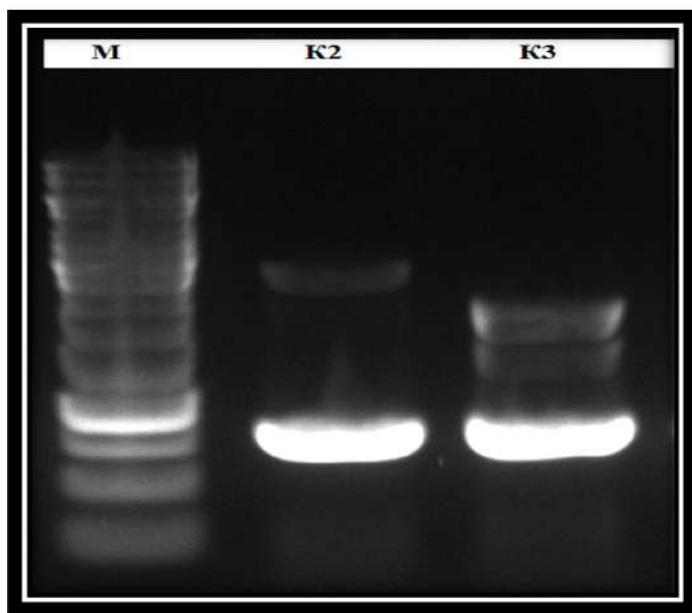


Рисунок 4 – Клетки культуры К2 (а) и К3 (б) X900

Методом ПЦР был амплифицирован фрагмент 16S rRNA гена размером около 700 п.н.

Результаты амплификации образцов отображены на рис. 5



Обозначения: (К2, К3) образцы; (М) маркер молекулярного веса (Fermentas) (100 – 10000 п.н., от 100-1000 шаг 100 п.н.)

Рисунок 5 – Электрофорерограмма ПЦР продуктов амплификации фрагмента 16S rRNA гена ДНК

Как видно на рисунке 5, в 2-х образцах были амплифицированы специфические фрагменты с молекулярной массой около 800 п.н. Нуклеотидные последовательности 16S rRNA гена 2-х идентифицируемых штаммов были анализированы и объединены в общую последовательность в программном обеспечении SeqScape 2.6.0 (Applide Biosystems). После чего были удалены концевые

фрагменты (нуклеотидные последовательности праймеров, фрагменты, имеющие низкий показатель качества), что позволило получить нуклеотидную последовательность протяженностью более 600 п.н., которые были идентифицированы в GeneBank по алгоритму BLAST. Нуклеотидные последовательности и результаты идентификации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты идентификации методом анализа нуклеотидной последовательности гена 16S rRNA

Наименование штамма	Последовательность фрагмента 16S rRNA гена	Идентификация нуклеотидных последовательностей в международной базе данных (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/) алгоритм BLAST		
		Инвентарный номер GeneBank (Accession number)	Наименование штамма	% совпадения
1	2	3	4	5
1K2	GTCCAGGTGGTCGCCCTCGCCACTGGTGTTCCT TCCTATATCTACGCATTCAACCGTACACAGGA AATTCCACCACCCCTTACCGTACTCTAGCTCGC CAGTTTGATGCAGTTCCCAGGTTGAGCCCGG GGCTTCACATCCAACCTAACGAACCAACCTACG CGCGCTTACGCCAGTAATTCCGATTAACGCT TGCACCCCTCTGTATTACCGCGGCTGCTGGCAC GAGTTAGCCGGTGTCTATTCTGTCGGTAACGTC AAAACAGCAAGGTATTAGCTTACTGCCCTTCC CCCAACTAAAGTGCTTACAATCCGAAGACCT TCTTCACACACGCCGATGGCTGGATCAGGCTT TCGCCCATGTCCAATATCCCCACTGCTGCC CCGCTAGGAGCTGGACCGTGTCTCAGTCCAGT GTGACTGATCATCCTCTCAGACCAAGTTACGGAT CGTCGCCTTGGTAGCCATTACCCACCAACTA GCTAATCCGACCTAGGCTCATCTGATAGCGCAA GGCCCGAAGGCTCCCTGCTTCTCCGTAGGAC GTATGCGGTATTAGCGTCCCTTCGAAACGTTG TCCCCCACTACCAGGCAGATTCTAGGCATTAC TCACCCGTCCGCCGCTGAATCAAGGAGCAAGC TCCCGTCATCCGCTGACTTGCATGTGTTAGGC CTGCCG	FPC951	<i>Pseudomonas plecoglossicida</i>	100
K3	TTAGAAGCTTGTCTATGACGTTAGCGGCCGA CGGGTGAGTAACACGTGGCAACCTGCCTGTA AGACTGGATAACTCGGGAAACCGAAGCTAA TACCGGATAGGATCTTCTCCTTCTGAGATGA TTGAAAGATGGTTTCTGGCTATCACTTACAGATG GGCCCGCGGTGCATTAGCTAGTTGGTAGGTA CGGCTACCAAGGCAACCGATGCATGCCGACC TGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTGAGA CACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTA GGGAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACG GAGCAACGCCCGTGAGTGTAGAAGGTTTCG GGTCGTAAGACTCTGTTAGGAAAGAACAA GTACGAGAGTAAGTGTACCTGACGGTAC CTAACCGAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCA GCAGCCGCGGTAAATACGTAGGTGGCAAGCGTTA TCCGGAATTATGGCGTAAAGCGCGCGCAGGC GGTTCTTAAGTGTAGTGAAGAGCCACGGCT CAACCGTGGAGGGTCACTGGAAACTGGGAAC TTGAGTGCAGAAGAGAAAAGCGGAATTCCACG TGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGATGTGGAGGA ACACCAGTGGCGAAGGCCGCTTTGGTCTGTA ACTGACGCTGAGGCCGCAAAGCGTGGGGAGCA AACAGGA	NR 115953.1	<i>Bacillus aryabhattai</i>	100

Принимая во внимание литературные данные [5], свидетельствующие о наличии в международных банках нуклеотидных последовательностей GeneBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), Ribosomal Database Project (RDP-II) (<http://rdp.cme.msu.edu/html/>), ошибок, дополнительно были проведены построение филогенетических деревьев с нуклеотидными последовательностями 16S rRNA гена референтных

штаммов данных видов (<http://www.bacterio.net>). В анализ были включены нуклеотидные последовательности 16S rRNA гена филогенетически наиболее связанных микроорганизмов.

Для построения филогенетического дерева для штамма K2 были использованы нуклеотидные последовательности 16S rRNA референтных штаммов, входящих в группу *Pseudomonas plecoglossicida* [11].

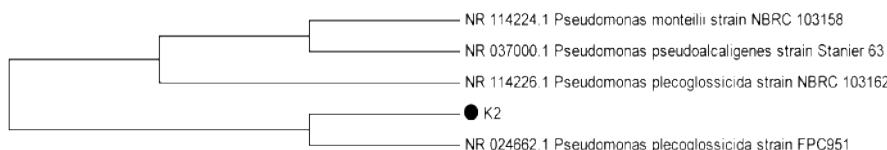


Рисунок 6 – Филогенетическое дерево, построенное на основании анализа фрагмента гена 16S rRNA группы *Pseudomonas plecoglossicida*

Как видно из рисунка 6, штамм K2 расположен на одной ветви с *Pseudomonas monteili* и *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, учитывая высокую идентичность 16S rRNA у данных видов,

для достоверной идентификации требуется проведение анализа нуклеотидной последовательности генов, кодирующих белки или фенотипический анализ [12].

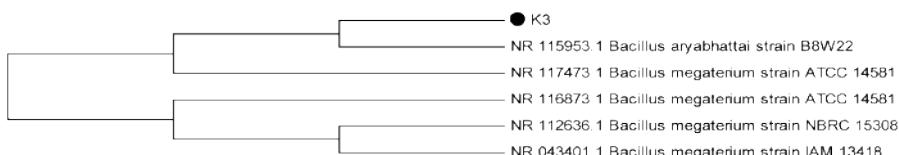


Рисунок 7 – Филогенетическое дерево, построенное на основании анализа фрагмента гена 16S rRNA *Bacillus aryabhattai*

На рисунке 7 представлен филогенетический анализ генетически близких видов *Bacillus aryabhattai* и *Bacillus megaterium* [13, 14]. Из результатов видно, что штаммы K3 расположены на одной ветви с нуклеотидными последовательностями от референтных штаммов *Bacillus aryabhattai* и *Bacillus megaterium*. Анализ нуклеотидной последовательности 16S rRNA гена не позволяет проводить видовую дифференциацию данных видов. Для достоверной идентификации необходимо провести анализ нуклеотидной последовательности генов, кодирующих белки или фенотипический анализ [15]. В результате молекулярно-генетической идентификации отобранных культур микроорганизмов штамм K2 был отнесен к виду *Pseudomonas plecoglossicida*, штамм K3 – *Bacillus aryabhattai*.

Таким образом, проведенные исследования указывают на необходимость постоянного мо-

ниторинга состояния микробного разнообразия на территории, прилегающей к местам захоронения пестицидов, а также изучения возможности использования микроорганизмов в качестве индикаторов загрязненности окружающей среды. Поиск и выделение перспективных культур микроорганизмов среди бактерий, микромицетов, способных к активной деградации тех или иных стойких органических загрязнителей, является основой в разработке биоремедиационных мероприятий по очистке почвы от остаточных пестицидов.

Выводы

1. Изучено микробное разнообразие образцов почвы и воды, отобранных из 2 точек (Кызылқайрат, Бесқайнар), прилегающих к местам захоронения пестицидов Талгарского района Алматинской области.

2. Даны характеристика разнообразия микробной и грибной флоры. Показано, что в загрязненных почвах с мест захоронения пестицидов доминируют численность аммонифицирующих бактерий ($1,0 \times 10^8 - 1,2 \times 10^8$ КОЕ/г), гетеротрофных бактерий ($4,2 \times 10^7 - 7,5 \times 10^7$ КОЕ/г), плесневых грибов ($1,4 \times 10^5 - 1,7 \times 10^6$ КОЕ/г) и аэробных целлюлозолитических бактерий ($1,7 \times 10^5 - 8,6 \times 10^6$ КОЕ/г).

3. Из образцов с мест захоронения пестицидов (Қызылқайрат, Бесқайнар) были выделены из почвы 8 чистых культур и 4 штамма из образцов воды для скрининга микроорганизмов-деструкторов химических загрязнителей. Были изучены морфолого-культуральные и физиолого-биохимические свойства выделенных чистых культур микроорганизмов.

4. Из выделенных культур были отобраны 2 перспективных штамма для использования в дальнейшем в качестве деструкторов химических загрязнителей. При генетических исследованиях показано, что штаммы К3 расположены на одной ветви с нуклеотидными последовательностями от референтных штаммов *Bacillus aryabhattai* и *Bacillus megaterium*. Штамм К2 расположен на одной ветви с *Pseudomonas monteili* и *Pseudomonas pseudocaligenes*, учитывая высокую идентичность 16S rRNA у данных видов. По результатам молекулярно-генетической идентификации, штамм К2 был отнесен к виду *Pseudomonas plecoglossicida*, штамм К3 – *Bacillus aryabhattai*.

Литература

- 1 Куликова-Хлебникова Е.Н., Робертус Ю.В., Кивацкая А.В., Любимов Р.В.. Особенности загрязнения хлорорганическими пестицидами объектов окружающей среды Республики Алтай // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 106. – С. 59-63.
- 2 Колупаев А.В. Почвенные микроорганизмы-биодеструкторы органических пестицидов: Автореферат дисс. работы. – 2010. – № 44. – С. 18-30.
- 3 Васнецова Е. В., Ксенофонтова О. Ю., Тихонова Д. А., Филимонова Е. А., Савина К. В. Поиск штаммов-деструкторов пестицидов прометрина, гхцг и 4,4-ддт в почве территории захоронения пестицидов в саратовской области // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2016. – № 16. – С. 3.
- 4 Нетрусова А. И. Большой практикум по микробиологии // учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М. : ИЦ «Академия», 2005. – № 2. – С. 608.
- 5 Michael R. Green and Joseph Sambrook. Isolation of High-Molecular-Weight DNA Using Organic Solvents // *Cold Spring Harb Protoc*; – 2001, – doi: 10.1101/pdb.prot093450).
- 6 Edwards U., Rogall T., Blocker H., Emde M., Bottger E.C. Isolation and direct complete nucleotide determination of entire genes: characterization of a gene coding for 16S ribosomal RNA // Nucleic. Acids Res. – 1989. – Vol. 17. – P. 7843–7853.
- 7 Clayton R. A., Sutton G., Hinkle P. S., Bult Jr. C., Fields C.. 1995. Intraspecific variation in small-subunit rRNA sequences in GenBank: why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa // International Journal of Systematic Bacteriology. – 1995. – Vol. 45. – P. 595–599.
- 8 Микайло И.И., Бобрик Н.Ю., Кривцова М.В., Ніколайчук В.І. Влияние антропогенных поллютантов на почвенный микробиоценоз в условиях Закарпатья // Международный журнал «Устойчивое развитие», – 2013. – №11. – С. 130-137.
- 9 Домрачева Л.И., Ашихмина Т.Я., Кондакова Л.В., Березин Г.И. Реакция почвенной микробиоты на действие пестицидов (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2012. – №3, С. 10.
- 10 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Second Edition, Volume Two, The Proteobacteria, Part B, The Gammaproteobacteria // 2nd ed. – 2005, XXVIII, 1106 – P. 222 illus.
- 11 Nishimori E., Kita-Tsukamoto K., Wakabayashi H. *Pseudomonas plecoglossicida* sp. nov., the causative agent of bacterial haemorrhagic ascites of ayu, *Plecoglossus altivelis* // Int J Syst Evol Microbiol. – 2000. – Vol. 1, – P. 9.
- 12 Uchino M., Shida O., Uchimura T., Komagata K. Recharacterization of *Pseudomonas fulva* Iizuka and Komagata 1963, and proposals of *Pseudomonas parafulva* sp. nov. and *Pseudomonas cremoricolorata* sp. nov. // J Gen Appl Microbiol. – 2001. – Vol. 5, – P. 247-261.
- 13 Shivaji S., Chaturvedi P., Suresh K., Reddy G.S., Dutt C.B., Wainwright M., Narlikar J.V., Bhargava P.M. *Bacillus aerius* sp. nov., *Bacillus aerophilus* sp. nov., *Bacillus stratosphericus* sp. nov. and *Bacillus altitudinis* sp. nov., isolated from cryogenic tubes used for collecting air samples from high altitudes // Int J Syst Evol Microbiol. – 2006. – Vol. 7. – P. 1465-73.
- 14 Satomi M., La Duc M.T., Venkateswaran K. *Bacillus safensis* sp. nov., isolated from spacecraft and assembly-facility surfaces // Int J Syst Evol Microbiol. – 2006. – Vol. 8. – P. 1735-40.
- 15 Clarridge III J. E.. Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases // Clinical Microbiology Reviews. – 2004. – Vol. 17. – P. 840–862.

References

- 1 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Second Edition, Volume Two, The Proteobacteria, Part B, The Gammaproteobacteria. – 2nd ed. 2005, XXVIII, 1106 p. 222 illus.
- 2 Clayton R. A., Sutton G., Bult Jr. C., Fields C.. (1995) Intraspecific variation in small-subunit rRNA sequences in GenBank: why single sequences may not adequately represent prokaryotic taxa. International Journal of Systematic Bacteriology, vol. 45, pp. 595–599.
- 3 Clarridge III J. E.. (2004) Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases. Clinical Microbiology Reviews., vol. 17, pp. 840-862.
- 4 Domracheva L.I., Achihmina T.Ya., Kondakova L.V., Berezin G.I. (2012) Reakciya pochvennoi mikrobioty na deistvie pestisidov [Reaction of soil microbiota to action of pesticides]. Theoretical and applied ecology, vol. 3, pp. 10.
- 5 Edwards U., Rogall T., Blocker H., Emde M., Bottger E.C. (1989) Isolation and direct complete nucleotide determination of entire genes: characterization of a gene coding for 16S ribosomal RNA. Nucleic Acids Res., vol. 17, pp. 7843–7853.
- 6 Kolupaev A. V. (2011) Pochvennye mikroorganizmy – biodestruktory organiceskikh pestisidov [Soil microorganisms-biodestructors of organic pesticides]. Avtoreferat diss. raboty. Moskow, vol. 5, no 44, pp. 18-30.
- 7 Kulikova – Hlebnikova E.N., Robertus A.V., Kivaskaya., Lubimov R.V. (2013) Osobennosti zagryaznenie hlororganicheskimi pestisidami ob'ektov okruzhaiuchei sredy Respubliki Altai. [Features of pollution with chlororganic pesticides of environmental objects of the Altai Republic]. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, vol. 8, no 106, pp 59-63.
- 8 Michael R. (2001) Green and Joseph Sambrook. Isolation of High-Molecular-Weight DNA Using Organic Solvents. *Cold Spring Harb Protoc*; doi: 10.1101/pdb.prot093450).
- 9 Mikailo I.I., Bobrik N.Ui., Krivcova M.B., Nikolaichuk B.I. (2013) Vliyanie antropogennyh pollutantov na pochvennyi mikrobiocenoz v usloviyah Zakarpat'ya [Influence of anthropogenic pollutants on soil microbiocenosis in conditions of Zacarpathia]. Bulgaria, vol. 11, pp. 130-137.
- 10 Netrukov A.I. (2005) Bol'woi praktikum po microbiology [A large workshop on microbiology]. Academy, vol. 2, pp. 608.
- 11 Nishimori E., Kita-Tsukamoto K., Wakabayashi H. (2000) Pseudomonas plecoglossicida sp. nov., the causative agent of bacterial haemorrhagic ascites of ayu, Plecoglossus altivelis. Int J Syst Evol Microbiol, vol. 1, pp. 9.
- 12 Satomi M., La Duc M.T., Venkateswaran K. (2006) Bacillus safensis sp. nov., isolated from spacecraft and assembly-facility surfaces. Int J Syst Evol Microbiol., vol. 8, pp. 1735-40.
- 13 Shivaji S., Chaturvedi P., Suresh K., Reddy G.S., Dutt C.B., Wainwright M., Narlikar J.V., Bhargava P.M. (2006) Bacillus aerius sp. nov., Bacillus aerophilus sp. nov., Bacillus stratosphericus sp. nov. and Bacillus altitudinis sp. nov., isolated from cryogenic tubes used for collecting air samples from high altitudes. Int J Syst Evol Microbiol., vol. 7, pp. 1463-73.
- 14 Uchino M., Shida O., Uchimura T., Komagata K. (2001) Recharacterization of Pseudomonas fulva Iizuka and Komagata 1963, and proposals of Pseudomonas parafulva sp. nov. and Pseudomonas cremoricolorata sp. nov. J Gen Appl Microbiol, vol.5, pp. 247-261.
- 15 Vasnesova E.V., Ksenofontava O.Ui., Tihonova D.A., Filimonova E.A., Savina K.V. (2016) Poisk shtamov – destrukturov pestisidov prrometrina ghsg i 4.4 – ddt v pochve territorii zahoroneniya pestisidov v saratovskoi oblasti [Search for strains-destructors of pesticides prometrin, ghzg and 4,4-ddt in the soil of the pesticide disposal area in the Saratov region]. Saratovskii universitet, vol. 3, pp 16.

3-бөлім

БИОЛОГИЯЛЫҚ

АЛУАНТУРЛІЛІКТІ САҚТАУДЫҢ

ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Раздел 3

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

СОХРАНЕНИЯ

БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Section 3

ACTUAL PROBLEMS

OF BIODIVERSITY CONSERVATION

МРНТИ 34.25.00.

¹Алексюк П.Г., ²Алексюк М.С., ³Богоявленский А.П., ⁴Березин В.Э.

¹в.н.с., ТОО «научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: pagenal@bk.ru

²с.н.с., ТОО «научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: madina.a06@gmail.com

³заведующий лабораторией, ТОО «научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: anpav_63@mail.ru

⁴руководитель отдела вирусологии, ТОО «научно-производственный центр
микробиологии и вирусологии», Казахстан, г. Алматы, e-mail: virprot@mail.ru.

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ БАКТЕРИОФАГОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПОЛУЧНОЙ ПРЕСНОВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Озёра являются одним из основных хранилищ пресной воды. В то же время данные экосистемы подвергаются сильному антропогенному влиянию, особенно в районах интенсивного сельского хозяйства и развития промышленности. Постоянный мониторинг отдельных биогенных или абиогенных факторов не всегда дает возможность адекватной оценки экологического состояния водоема. Поэтому поиск и внедрение новых методов оценки экологического состояния природных объектов актуальны. Одним из подобных методов оценки экологического состояния экосистемы является комплексное изучение биоразнообразия вирусов, являющихся важнейшей и неотъемлемой частью любого водоёма и обладающих преимуществом количественного превосходства над любой другой моделью биоиндикатора.

Целью данной статьи являлось изучение вирусного разнообразия озера, подвергшегося значительному антропогенному воздействию. Виром исследуемого водоёма изучали методом множественного параллельного секвенирования. Показано, что виром озера, расположенного в черте города Капчагай, на 65% представлен вирусами бактерий, среди которых было найдено значительное количество фагов энтеробактерий и вибрионов, что свидетельствует о низком качестве воды в данном водоёме. Таким образом, изучение вирусного разнообразия является важнейшим источником информации об экологическом состоянии водоёмов, и важным фактором всестороннего экологического мониторинга водных экосистем.

Ключевые слова: бактериофаги, биоразнообразие, пресноводная экосистема, экология.

¹Alexyuk P.G., ²Alexyuk M.S., ³Bogoyavlenskiy A.P., ⁴Berezin V.E.

¹Leading Researcher, Senior Researcher, LP "Research and Production Center for Microbiology and Virology",
Kazakhstan, Almaty, e-mail: pagenal@bk.ru

²Senior Researcher, LP "Research and Production Center for Microbiology and Virology" Kazakhstan, Almaty, e-mail: madina.a06@gmail.com

³Head of Laboratory, LP "Research and Production Center for Microbiology and Virology"
Kazakhstan, Almaty, e-mail: anpav_63@mail.ru

⁴Head of Virology Department, LP "Research and Production Center for Microbiology and Virology",
Kazakhstan, Almaty, e-mail: virprot@mail.ru.

Study of biodiversity of bacteriophages in environmentally adverse freshwater ecosystem

Lakes are one of the main storage of freshwater. Such ecosystems are exposed to strong anthropogenic influence, especially in areas of intensive agriculture and industrial development. Regular monitoring of individual biogenic or abiogenic factors does not always allow an adequate assessment of the ecological state of the reservoir. Therefore, the search for and introduction of new methods for assessing the ecological status of natural objects remains highly relevant. One of the such methods for assessing the ecological state of an ecosystem is a comprehensive study of the biodiversity of viruses, which are

the most important and integral part of any reservoir and possessing the advantage of quantitative superiority over any other model of bioindicator. The purpose of this article was to study the viral diversity of a lake that was exposed to significant anthropogenic impact. Virome of the investigated reservoir was studied by the method of multiple parallel sequencing. It is shown that virome of the lake located near the city of Kapchagai is 65% represented by viruses of bacteria, among which a significant number of enterobacteria and vibrios phages was detected, which indicates a low water quality in this reservoir. Thus, the study of viral diversity is the most important source of information of the ecological status of water bodies, and is an important factor for comprehensive environmental monitoring of aquatic ecosystems.

Key words: bacteriophages, biodiversity, freshwater ecosystem, ecology.

¹Алексюк П.Г., ²Алексюк М.С., ³Богоявленский А.П., ⁴Березин В.Э.

¹жетекші ғылыми қызметкер, «Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: pagenal@bk.ru

²аға ғылыми қызметкер, «Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: madina.a06@gmail.com

³зертхана менгерушісі, «Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: anpav_63@mail.ru

⁴вирусология бөлімінің басшысы, «Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: virprot@mail.ru.

Экологиялық қолайсыз тұщы су экожүйелерінде бактериофагтың биоәртүрлілігін зерттеу

Көлдер тұщы судың негізгі қоймаларының бірі болып табылады. Әдетте, мұндай экожүйелер антропогендік әсерге ие, әсіресе қарқынды ауыл шаруашылық және индустриалды даму аймақтарында. Жекелеген биогенді немесе абиогендік факторлардың тұрақты мониторингі әрдайым су қоймасының экологиялық жағдайын барабар бағалаудың жаңа әдістерін іздестіру және енгізу өте өзекті мәселенің бірі болып қалады. Экожүйенің экологиялық жағдайын бағалаудың үқсас әдістерінің бірі биоиндикатордың кез келген басқа моделіне қатысты кез келген су қоймасының маңызды және ажырамас бөлігі болып табылатын және сандық артықшылыққа ие вирустың биологиялық әртүрлілігін жан-жақты зерттеу болып табылады. Осы мақаланың мақсаты маңызды антропогендік әсерлерге ұшыраған көлдің вирустық алуан түрлерін зерттеу болып табылады. Зерттелудегі резервуардың виромын көп параллельді секвенирования әдісі арқылы зерттелді. Қапшағай қаласында орналасқан көлдің вирусының 65%-ы бактериялардың вирустары болып табылады, олардың арасында энтеробактериялар мен вибрияның фагтарының көп саны табылған, бұл судың сапасы төмен болғандығын көрсетеді. Осылайша, вирустық әртүрлілікті зерттеу су объектілерінің экологиялық мәртебесі туралы ақпараттың маңызды көзі және су экожүйелерін жан-жақты экологиялық мониторингті маңызды факторы болып табылады.

Түйін сөздер: бактериофагтар, биоәртүрлік, тұщы су экожүйесі, экология.

Введение

Известно, что 70% поверхности Земли покрыта водой, но всего 2,5% от общей массы воды представляют собой пресную воду и лишь 0,3% от всей пресной воды на планете находятся в легко доступной форме в виде рек и озёр, остальная часть хранится в виде грунтовых вод или заморожена в ледниках. Несмотря на то, что пресные водоёмы занимают столь малые пространства на поверхности Земли, они являются домом для 12% всех видов живых организмов [1, 2]. Это создаёт практически замкнутый круговорот биогенных веществ внутри экосистемы, что, с одной стороны, придаёт ей стабильности, а с другой – делает её уязвимой, так как внесённые загрязняющие агенты уже не выводятся из круговорота, что в итоге может привести к необратимому на-

рушению экологического равновесия и гибели озёрной экосистемы [3, 4]. Так как пресные водоёмы формируют фундамент жизнедеятельности всех наземных биогеоценозов и являются основой для жизни и хозяйственной деятельности человека [5], увеличение антропогенной нагрузки может привести к необратимым изменениям в экологическом балансе озёр, резкому сокращению биоразнообразия и в критических случаях полной гибели местной экосистемы [6, 7]. Помимо прямого антропогенного воздействия, в настоящее время все пресноводные биогеоценозы испытывают на себе негативный экологический эффект от глобального потепления [8]. Кроме того, замкнутость озёрных экосистем и способность в течение длительного времени накапливать в себе различные соединения делают их индикаторами раннего предупреждения зна-

чительных локальных, региональных или глобальных изменений экологического баланса [9].

В связи с чем в последние годы в развитых государствах преобладает новый подход к эксплуатации пресных водоёмов, при котором экологическое благополучие превалирует над экономической выгодой. В рамках данной тенденции разрабатываются и внедряются новые методы для проведения всестороннего и эффективного мониторинга экологического состояния природных объектов [10, 11].

Анализ различных водоёмов показал, что бактериофаги являются неотъемлемой частью равновесного состояния водных экосистем. При этом численность вирусных частиц напрямую зависит от экологического состояния водоёма, т.к. количество вирусов в десятки и сотни раз превышает количество микроорганизмов. Новые методы определения вирусов в гидросфере показали, что бактериофаги обнаруживаются в 0,8–4,3% всех бактериальных клеток, выделенных из образцов морей и пресноводных водоёмов [12]. Было доказано, что вирусы могут инфицировать практически все водные организмы, влияя при этом на их видовой состав. Вирусы способны вызывать наследственные изменения и отбор в бактериальных популяциях, являясь, таким образом, мощным биологическим фактором, определяющим формирование микробных сообществ. Так же утверждается доминирующая роль бактериофагов в вириопланктоне большинства морских и пресных экосистем [13 – 15].

Вирусы ответственны за гибель клеток в 60% (а в анаэробных пресных водах – до 100%) случаев [16], вследствие чего происходит отклонение части потока органического вещества от направления вверх по пищевым цепям к основанию пищевой пирамиды, что способствует увеличению продукции органической материи основными производителями органического углерода. Кроме того, регулирующая роль вирусного лизиса проявляется в селективной наведенной гибели чрезмерно преобладающих видов хозяев, что дает возможность выживать менее многочисленным видам микроорганизмов [17, 18].

Таким образом, вирусы являются важнейшей и неотъемлемой частью любого водоёма и при изучении экологического состояния озёрных ценозов и их биоразнообразия также необходимо уделять внимание изучению вирусного разнообразия, которое является одним из основных биоиндикаторов экологического баланса.

Целью данной статьи явилось изучение вирусного разнообразия озера, подвергшегося зна-

чительному антропогенному воздействию. Данное озеро расположено в черте города Капчагай, недалеко от городской больницы и представляет собой выход на поверхность вод с полей фильтрации городской канализации.

Материалы и методы

В работе исследовали образец воды объемом 2 л, собранный из пресноводного озера, расположенного в черте города Капчагай, недалеко от городской больницы. Воду собирали в стерильную посуду. Инактивацию возможных инфекционных агентов осуществляли с помощью глутарового альдегида (2% конечная концентрация) или формалина (1% конечная концентрация). Каждый образец фильтровали через пористые фильтры для удаления взвешенных частиц с последующей последовательной фильтрацией через поликарбонатные фильтры (Millipore) с диаметрами пор 1,2, 0,45 и 0,22 мкм, для удаления зоо- и фитопланктона, а также микроорганизмов.

Концентрирование вирусов ультрацентрифугированием. Вирусодержащие водные образцы концентрировали осаждением путем центрифугирования при 29000 об./мин.(100000g) в течение 90 мин. при 4 °C. Концентрированные вирусы очищали центрифугированием в ступенчатом градиенте сахарозы 20%-40%-60% на фосфатно-солевом буфере (ФСБ), при 29000 об./мин в течение 120 мин. при 4°C. Вирусодержащий материал на границе раздела между 20% и 40% растворами сахарозы собирали, разводили ФСБ в 5-10 раз и переосаждали центрифугированием при 29000 об./мин. в течение 90 мин при 4 °C. Полученный осадок вируса растворяли в ФСБ, определяли концентрацию белка [19].

Выделение нуклеиновых кислот. ДНК выделяли с помощью набора для экстракции PureLink ViralDNA/RNA MiniKit («Invitrogen», USA) по протоколу фирмы-производителя.

1. 200 мкл вирусодержащего материала смешивали с 200 мкл буфера, содержащего Cattier RNA, тщательно перемешивали пипетированием и инкубировали на водяной бане при 56°C в течение 15 мин. К гомогенату добавляли 590 мкл ddH₂O и 10 мкл протеиназы K (10 мг/мл, AppliChem) и перемешивали пипетированием. Инкубировали 10 минут при 55°C.

2. После инкубации добавляли 300 мкл этанола, выдерживали 5 минут при комнатной температуре.

3. Полученную смесь переливали в spin колонки и центрифugировали 1 минуту при 6000

g, затем колонку переносили в чистую 2 мл пробирку и трижды промывали промывочным буфером.

4. ДНК с колонки смывали элюириующим буферным раствором, предварительно нагретым до 56°C в количестве от 30 до 100 мкл методом центрифугирования при 16000 g в течение 3 мин.

Измерение количества нуклеиновых кислот. Для измерения концентрации нуклеиновых кислот использовали флуоресцентный краситель, специфически связывающийся с определённым типом нуклеиновой кислоты (двуихцепочечная ДНК, одноцепочечная ДНК, РНК). Количественные измерения осуществляли с помощью набора Qubit dsDNA HS (High Sensitivity) согласно инструкции, для флюориметра Qubit 2.0. Поскольку интенсивной флуоресценцией обладает только связанный форма красителя, метод не зависит от присутствия в растворе свободных нуклеотидов, солей, белков и различных растворителей.

Электрофоретический анализ нуклеиновых кислот. С целью определения наличия амплифицированного фрагмента проводили электрофорез в 1%-1,5% агарозном геле в 1X TBE буфере. Специфический фрагмент определяли окрашиванием с помощью бромистого этидия в течение 15 мин или красителя GelRed в течение 30 мин.

Получение геномных библиотек. Количество нуклеиновых кислот, 10 и 100 нг, использовалось для подготовки геномных библиотек, как описано в протоколе Genoscope (протокол Genoscope Illumina) для секвенирования с HiSeq.

Для получения ДНК-библиотек из двухцепочечной ДНК использовали набор TruSeq DNA Sample Prep Kits v2 (Illumina, США) в соответствии с инструкцией. Подготовка библиотек генов включала ферментативное фрагментирование ДНК, лигирование сиквенсных адаптеров, предварительную амплификацию библиотеки, отбор фракций нужной длины, клональную амплификацию селектированной библиотеки.

Сиквенс библиотек осуществляли на приборе HiSeq 2500 (Illumina, США) с использованием набора TruSeq PE Cluster Kit V3 в соответствии с инструкцией производителя.

Анализ качества геномных библиотек проводили при помощи набора Agilent 2100. Разгонка молекул и разделение по длине/массе осуществлялась под действием электрического напряжения в каналах чипа, заполненных гелем.

Сборка контигов. Парноконцевые последовательности ридов, полученные из Illumina HiSeq, собирали в контиги, с использованием автономного программного обеспечения «Edena»,

свободно доступного под General Public License (GPLv3) [20]. Это обеспечение – в открытом доступе, и в настоящее время часто используется для сборки коротких прочтений, полученных при секвенировании следующего поколения на таких платформах, как Illumina Genome Analyzer. В наших исследованиях, с целью нахождения наибольшего числа бактериофагов, требуемое пересечение ридов было установлено в 35 нуклеотидов. В качестве источника эталонных последовательностей (вирусных геномов) использовали автономную версию нуклеотидной базы данных NCBI, содержащей 6079 полных геномов вирусов.

Биоинформационный анализ. Базы данных контигов секвенированных образцов анализировали с помощью программы METAVIR для филогенетического анализа (N 151301, 173141, 116319) [21]. Графическое представление полученных результатов проводилось с помощью программы Krona. Анализ предсказанных генов проведен с помощью онлайн-сервера MG-RAST [22, 23]. Перед анализом, исследованные последовательности были отфильтрованы программой «MG-RAST QC» для удаления искусственных или технических повторов [24] и удаления последовательностей с низким качеством [25]. «Gene-call» проводили с помощью автоматизированного программного обеспечения «MG-RAST», которое включало: использование FragGeneScan [26] для кластеризации предсказанных белков с 90% идентичностью, с помощью uclust [27], использование sBLAT и применение алгоритма BLAT [28] для анализа каждого кластера. Таксономический состав вирома был получен путем сравнения последовательностей с последовательностями полных геномов вирусных белков базы данных NCBI RefSeq с использованием BLASTX и значением величины вероятности $\leq 10^{-7}$. Таксономический состав был сформирован на основе максимального совпадения состава нуклеотидов для каждого контига.

Статистический анализ. Для статистического анализа результатов множественного параллельного секвенирования применяли пакет программ Bioconductor и его приложение DESeq [29], которые разработаны для анализа данных высокопроизводительного секвенирования, и используют программную среду и язык программирования для статистической обработки данных R [30]. Данные пакеты программ рекомендованы для анализа данных секвенирования при размерах выборки, сходных с проанализированными в данной работе [31, 32]. Анализ в

приложении DESeq проводили по стандартному протоколу для данного приложения [33]. Приложение DESeq основано на применении модели негативного биномиального распределения для оценки достоверности различий между выборками и позволяет решить проблему избыточной дисперсии в данных молекулярно-биологического анализа [32].

Результаты и обсуждения

При множественном параллельном секвенировании геномной библиотеки, выделенной из исследуемого образца, получена база данных левосторонних и правосторонних ридов, каждый из которых содержал более 120 нуклеотидов.

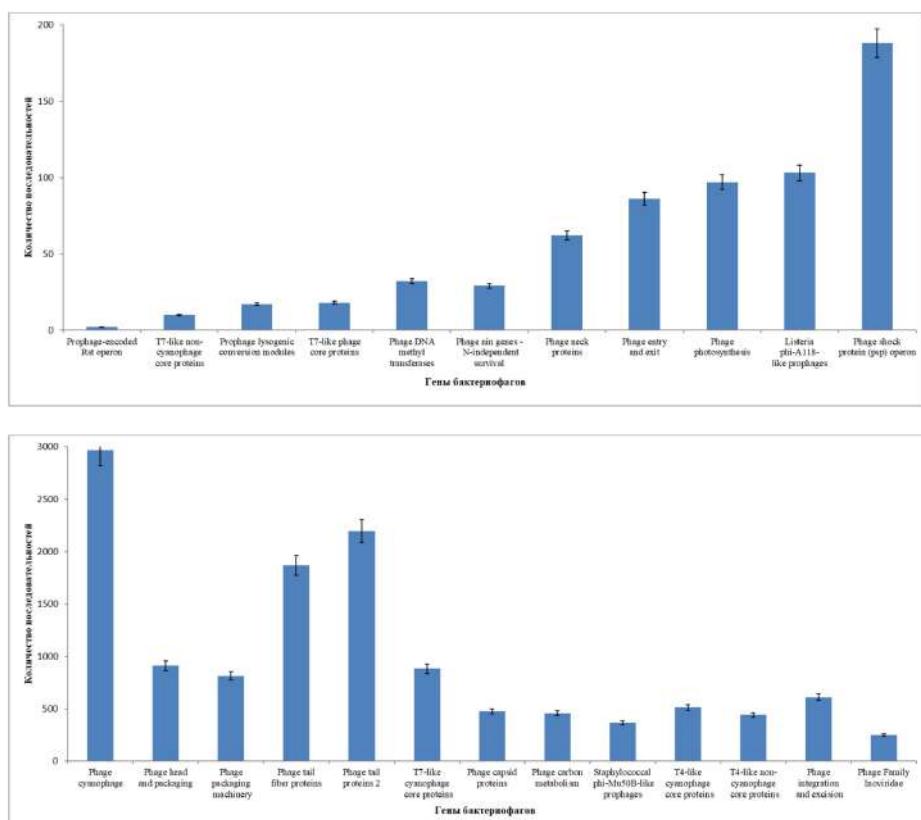


Рисунок 1 – Типы метаболических и структурных генов вирусов, представленных в базе данных

Множественное выравнивание данных и удаление индексов и нуклеотидов с низким покрытием ($Q < 20$) привело к сокращению длины рида до 101 нуклеотида. После биоинформа-

тической обработки данных секвенирования путем сборки контигов получили базу данных, состоящую из 447264 последовательностей (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика базы данных секвенированного образца

Образец	Количество собранных контигов	Количество нуклеотидов	Неучтенные контиги	Предсказанные гены
Озеро возле города Капчагай	447264	175527521	184431 (31 контиг – кольцевой)	249780

При анализе данных, содержащих 175 миллионов нуклеотидов, с помощью программ MG-Rast и METAVIR отобрано 249780 последова-

тельностей, содержащих последовательности предсказанных метаболических и структурных генов бактериофагов (рисунок 1).

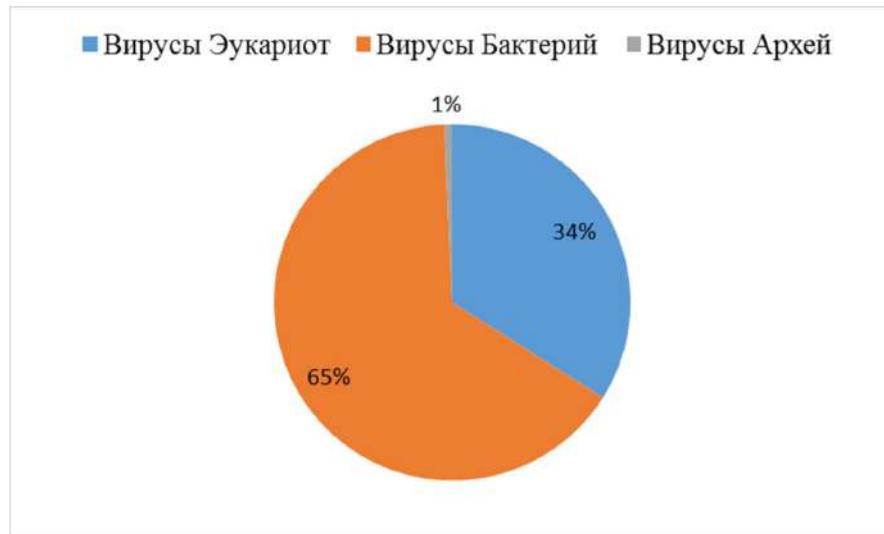


Рисунок 3 – Соотношение вирусов основных доменов в исследуемом образце

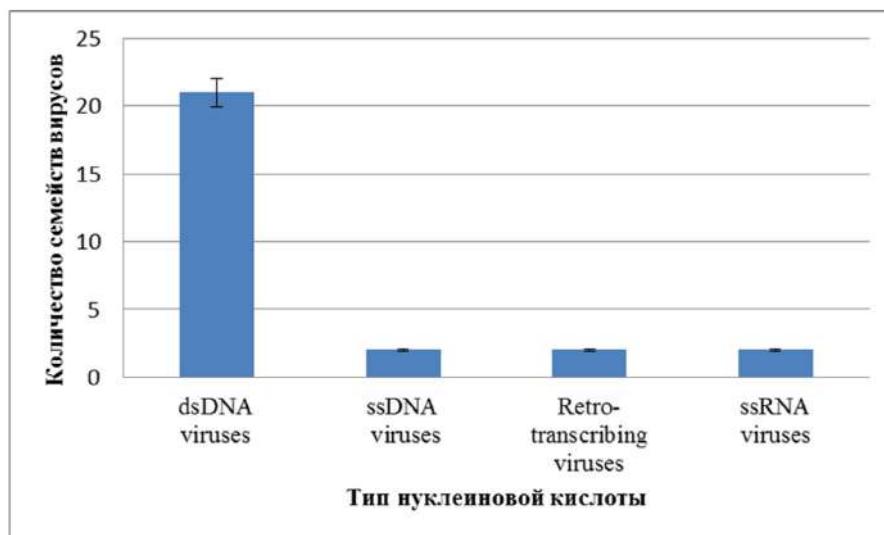


Рисунок 4 – Количество семейств вирусов с различным типом нуклеиновой кислоты

При сравнении последовательностей полученных контигов с базой данных вирусов RefSeq, с использованием BLASTX при высоком пороговом значении достоверности $e \leq 10^{-7}$ было показано, что количество вирусных последовательностей в исследуемом водном образце составило 22176. Сравнительное изучение принадлежности вирусных последовательностей к организмам хозяев позволило установить, что исследуемый образец содержал вирусы трех больших эволюционных доменов: архей, бактерий и эукариот (рисунок 3).

Из 22176 вирусных последовательностей было определено 27 семейств вирусов, большин-

ство из которых обладало двухцепочечным ДНК – геномом (Рисунок 4).

Из восемнадцати семейств вирусов бактерий и архей, утвержденных Международным Комитетом по таксономии, включающим подкомитеты по таксономии вирусов бактерий и вирусов архей, в исследуемом водоёме было обнаружено 8 семейств бактериофагов, из них три семейства вирусов, поражающих архей: семейства *Lipothrixviridae* (7 последовательностей) и *Rudiviridae* (1 последовательность), объединяемые в порядок *Ligamenvirales*, и семейство *Bicaudaviriadae* (6 последовательностей). Помимо 3 семейств вирусов архей, в исследуемом

образце было обнаружено еще 6 семейств бактериофагов: семейства *Plasmaviridae*, *Microviridae*, *Inoviridae* и три семейства хвостатых фагов порядка *Caudovirales* – *Myoviridae*, *Siphoviridae*, *Podoviridae*, а также семейство *Tectiviridae*, вирусы которого паразитируют как на бактериях, так и на археях. Процент семейств порядка *Cau-*

dovirales в изучаемом образце составил 58,91% от количества всех найденных вирусных последовательностей. Процентное содержание вирусов *Caudovirales* увеличивалось в ряду: семейство *Podoviridae* (8,51%) – семейство *Siphoviridae* (16,94%), – семейство *Myoviridae* (31,91%) (рисунок 5).

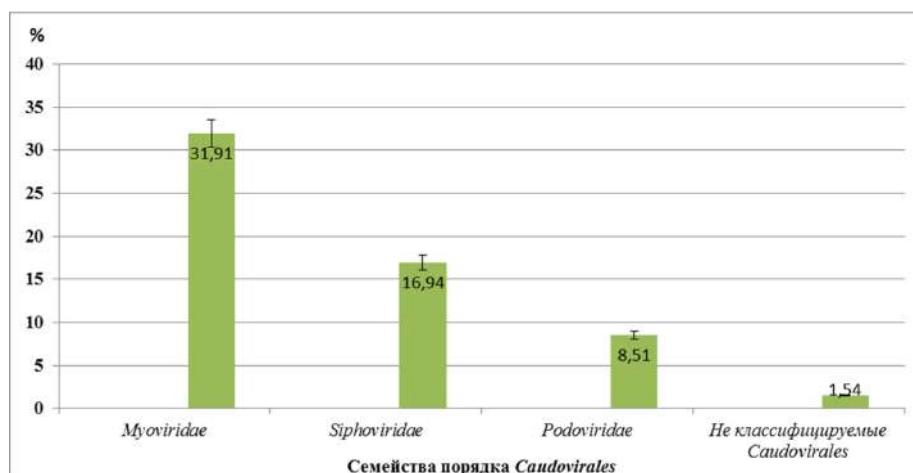


Рисунок 5 – Содержание бактериофагов порядка *Caudovirales*

Из 4 обнаруженных семейства, не принадлежащих к вирусам порядка *Caudovirales*, наиболее многочисленными были фаги, семейства *Inoviridae*. *Inoviridae* представляют собой семейство нитчатых бактериофагов, вирионы которых имеют палочковидную или нитчатую форму и не покрыты оболочкой. Данное семейство объединяет 2 рода: *Inovirus* и *Plectrovirus*. Вирусы данных родов отличаются по диапазону хозяев: род *Plectrovirus* поражает хозяев класса *Mollicutes*, в то время как род *Inovirus* поражает виды *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Spirillaceae*, *Xanthomonadaceae*, *Vibrionaceae* а также клостридии и класс *Propionibacterium*. В исследуемом образце семейство *Inoviridae* было представлено обоими вышеописанными родами, бактериофаги которых поражают энтеробактерии, вибрионы, спироплазмы и пропионобактерии (рисунок 6). Процентное содержание последовательностей семейства *Inoviridae* от общего количества обнаруженных вирусных последовательностей составило 0,16%.

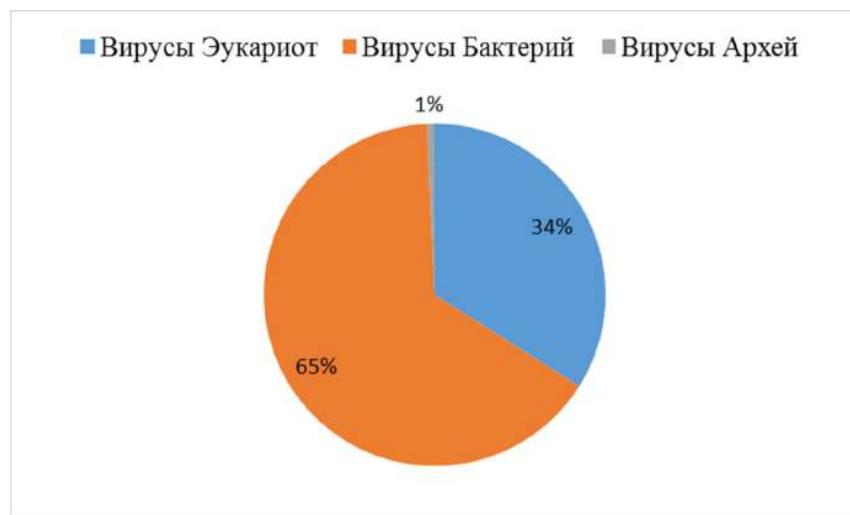
Как видно из рисунка 6, 52% семейства *Inoviridae* было представлено фагами энтеробактерий, которые являются индикаторами фекального загрязнения. 32% обнаруженных

последовательностей семейства *Inoviridae* принадлежали к фагам вибрионов, которые так же могут служить дополнительными индикаторами фекального загрязнения водных экосистем, и кроме того являются показателями присутствия холерных вибрионов. В незначительном количестве в исследуемом образце были обнаружены последовательности бактериофагов, относящихся к семействам *Tectiviridae* и *Plasmaviridae*. Присутствие представителей последнего семейства в конкретном водоеме говорит о выраженном антропогенном воздействии, так как фаги данного семейства поражают микоплазмы, представители которых способны вызывать респираторные инфекции человека, так называемую атипичную пневмонию.

Также в образце присутствовали вирусы, поражающие эукариотические микроорганизмы. Наиболее многочисленными из них были вирусы семейств *Phycodnaviridae* и *Mimiviridae*. Количество представителей семейства *Phycodnaviridae* составило 17,56 % от общего числа обнаруженных вирусных последовательностей. Это немалое количество объясняется тем, что данный водоем является выходом на поверхность вод с фильтрационных полей канализа-

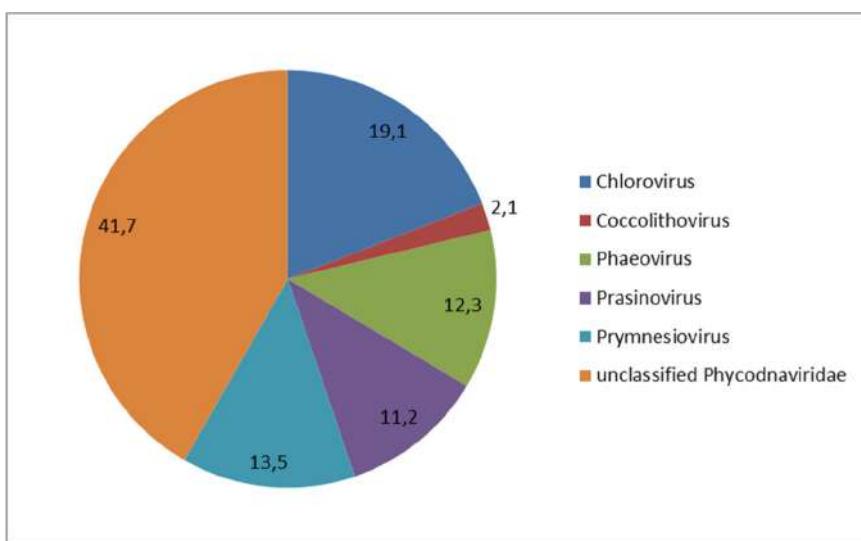
ции г. Капчагай, что приводит к повышению содержания органических веществ и активному размножению водорослей. Это семейство принадлежит к супергруппе крупных вирусов, известных как цитоплазматические крупные ДНК-вирусы (NCLDVs). Представители семей-

ства *Phycodnaviridae* инфицируют эукариотические водоросли, что делает их интересными с точки зрения их экологической функции. Вирусы данного семейства являются активными участниками в формировании и прекращении цветения воды.



Примечание – данные указаны в % от числа семейства *Inoviridae*.

Рисунок 6 – Разнообразие семейства *Inoviridae*



Примечание – данные указаны в % от числа семейства *Phycodnaviridae*

Рисунок 7 – Разнообразие семейства *Phycodnaviridae*

В настоящее время Комитет по таксономии выделяет 6 родов в семействе *Phycodnaviridae*, в нашем образце были определены последовательности пяти родов данного семейства:

Prymnesiovirus, *Prasinovirus*, *Phaeovirus*, *Cocco lithovirus*, *Chlorovirus*, а также не классифицируемые до рода представители *Phycodnaviridae* (рисунок 7).

Также в исследуемом образце по результатам секвенирования были определены последовательности вирусов, поражающих простейших и относящихся к семейству *Mimiviridae*, количество вирусов данного семейства составило почти 10%. Среди семейства *Mimiviridae* были обнаружены последовательности таких вирусов, как: *Cafeteria roenbergensis virus*, *Acanthamoeba polyphaga mimivirus*, *Megavirus chilensis* и *Moitouvirus*.

Заключение

В результате исследований вирусного разнообразия пресноводного озера, расположенного в черте города Капчагай, было установлено, что виром данного водоёма на 65% представлен вирусами бактерий, основную массу из которых составляли бактериофаги порядка *Caudovirales*, около 60% от всех обнаруженных вирусных последовательностей. Такое соотношение вирусов свидетельствует о высокой обсеменённости

прокариотическими организмами данного водоёма.

Так же было найдено большое количество бактериофагов, поражающих энтеробактерий и вибрионов, 52% и 36% соответственно от всех обнаруженных представителей семейства *Inoviridae*. Помимо этого, были обнаружены вирусы микоплазм. Среди обнаруженных вирусов эукариот в исследуемом озере большинство составляли вирусы водорослей.

Всё это свидетельствует о неблагополучном санитарном состоянии данного водоёма и соотносится с тем, что его появление связано с выходом на поверхность вод с полей фильтрации канализации города Капчагай.

Таким образом, проведённые исследования показывают, что изучение вирусного разнообразия является важнейшим источником информации об экологическом состоянии водоёмов, и данные исследований необходимы при проведении всестороннего экологического мониторинга водных экосистем.

Литература

- Abramovitz J. Imperiled Waters, Impoverished Future: The Decline of Freshwater Ecosystems. – Washington: Worldwatch Paper, 1996. – 80 p.
- Gleick P.H. The human right to water // Water Policy. – 1998. – Vol. 1. – P. 487–503.
- Никаноров А.М., Брызгало В.А. Пресноводные экосистемы в импактных районах России. – М.: НОК, 2006. – 277 с.
- Петровова Р.А. и др. Естествознание и основы экологии. – М.: Дрофа, 2007. – 303 с.
- Zhang H., Zhao Y., Yin H. et al. Effect of aquatic macrophyte growth on landscape water quality improvement // Environ Sci Pollut Res Int. – 2018. – Vol. 7. – doi: 10.1007/s11356-018-2421-4.
- Strayer D.L., Dudgeon D. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges // J.of the North American Benth. Society. – 2010. – Vol. 29. – P. 344 – 358.
- Vörösmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner, M.O. et al. Global threats to human water security and river biodiversity // Nature. – 2010. – Vol. 467. – P. 555 – 561.
- Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges // Biological Reviews. – 2006. – Vol. 81. – P. 163 – 182.
- O'Reilly C.M. et al. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe // Geophys. Res. Lett. – 2015. – Vol. 42, №24. – P. 10773 – 10781.
- Costanza R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. – 1997. – Vol. 387. – P. 253 – 260.
- Balmford A. et al. Economic reasons for conserving wild nature // Science. – 2002. – Vol. 297. – P. 950 – 953.
- Hayes S., Mahony J., Nauta A. van Sinderen D. Metagenomic Approaches to Assess Bacteriophages in Various Environmental Niches // Viruses. – 2017. – Vol. 9, №6. – doi: 10.3390/v9060127
- Dell'Anno A., Corinaldesi C., Danovaro R. Virus decomposition provides an important contribution to benthic deep-sea ecosystem functioning // Proc Natl Acad Sci U S A. – 2015. – Vol. 112, №16. – P. E2014–E2019.
- Cai L., Zhang R., He Y., Feng X., Jiao N. Metagenomic Analysis of Viriplankton of the Subtropical Jiulong River Estuary, China // Viruses. – 2016. – Vol. 8, №2. – doi: 10.3390/v8020035.
- Mizuno C.M., Ghai R., Saghafi A., López-García P., Rodriguez-Valera F. Genomes of Abundant and Widespread Viruses from the Deep Ocean // mBio. – 2016. – Vol. 7, №4. – doi: 10.1128/mBio.00805-16.
- Воробьев Г. А. Исследуем малые реки. – Вологда: ВГПУ, Русь, 1997. – 116 с.
- Меншуткин В.В., Показеев К.В., Филатов Н.Н. Гидрофизика и экология озер. – М.: Физический факультет МГУ, 2004. – Т. 2. – 280 с.
- Смирнов Н.Н. Историческая экология пресноводных зооценозов. – М.: КМК, Товарищество науч. изданий, 2010. – 225 с.
- Дрюккер В.В., Дутова Н.В., Ковадло А.С., Косторнова Т. Я. Размерная структура, сезонная динамика и вертикальное распределение бактериофагов оз. Байкал // Известия Иркутского Государственного Университета, Серия «Науки о Земле». – 2008. – Т. 1, № 1. – С. 189–197.

- Genomic research laboratory Geneva – Edena: very short reads assembler // www.genomic.ch/edena.php. 9.01.2015.
- Roux S., et al. Ecology and evolution of viruses infecting uncultivated SUP05 bacteria as revealed by single-cell- and metagenomics // eLife. – 2014. – Vol. 3. – e03125.
- MG-RAST, metagenomics analysis server <http://metagenomics.anl.gov/> 8.06.2015.
- Meyer F., et.al. The metagenomics RAST server – a public resource for the automatic phylogenetic and functional analysis of metagenomes // BMC Bioinformatics. – 2008. – Vol. 9. – P. 386.
- Gomez-Alvarez V., et. al. Systematic artifacts in metagenomes from complex microbial communities // The ISME Journal. – 2009. –Vol. 3. – P. 1314–1317.
- Cox M.P., et al. SolexaQA: At-a-glance quality assessment of Illumina second-generation sequencing data // BMC Bioinformatics. – 2010. – Vol. 11. – P. 485- 491.
- Rho M., et al. FragGeneScan: predicting genes in short and error-prone reads // Nucleic Acids Res. – 2010. – Vol. 38, № 20.- doi: 10.1093/nar/gkq747.
- Edgar R.C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST // Bioinformatics. – 2010. – Vol.26, №19. – doi: 10.1093/bioinformatics/btq461.
- Kent W.J. BLAT-the BLAST-like alignment tool // Genome Res. – 2002. – Vol. 12, №4. – P. 656-664.
- Bioconductor, open source softwsre for bioinformatics <http://www.bioconductor.org/> 8.06.2015.
- The R Project for Statistical Computing <http://www.rproject.org/> 14.07.2015.
- Zhang Z.H., Jhaveri D.J., Marshall V.M. at al. A comparative study of techniques for differential expression analysis on RNA-Seq data // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 8. – doi: 10.1371/journal.pone.0103207.
- Anders S., Huber W. Differential expression analysis for sequence count data // Genome Biol. – 2010. – Vol. 11, № 10. – doi: 10.1186/gb-2010-11-10-r106
- Anders S., Huber W. Differential expression of RNA-Seq data at the gene level—the DESeq package //bioconductor.org/packages/release/bioc/vignettes/ DESeq/inst/doc/DESeq.pdf. 5.08.2015.

References

- Abramovitz J. Imperiled Waters, Impoverished Future: The Decline of Freshwater Ecosystems. – Washington: Worldwatch Paper, 1996. – 80 p.
- Anders S., Huber W. (2010) Differential expression analysis for sequence count data. *Genome Biol.* vol. 11, no 10, doi: 10.1186/gb-2010-11-10-r106.
- Anders S., Huber W. Differential expression of RNA-Seq data at the gene level—the DESeq package //bioconductor.org/packages/release/bioc/vignettes/ DESeq/inst/doc/DESeq.pdf. 5.08.2015.
- Balmford A. et al. (2002) Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, vol. 297, pp. 950 – 953.
- Bioconductor, open source softwsre for bioinformatics <http://www.bioconductor.org/> 8.06.2015.
- Cai L., Zhang R., He Y., Feng X., Jiao N. (2016) Metagenomic Analysis of Viriplankton of the Subtropical Jiulong River Estuary, China. *Viruses*, vol. 8, no. 2, doi: 10.3390/v8020035.
- Costanza R. et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, vol. 387, pp. 253 – 260.
- Cox M.P., et al. (2010) SolexaQA: At-a-glance quality assessment of Illumina second-generation sequencing data. *BMC Bioinformatics*, vol. 11, pp. 485- 491.
- Dell'Anno A., Corinaldesi C., Danovaro R. (2015) Virus decomposition provides an important contribution to benthic deep-sea ecosystem functioning. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 112, no. 16, pp. E2014–E2019.
- Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O. at al. (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, vol. 81, pp. 163 – 182.
- Dryukker V.V., Dutova N.V., Kovadlo A.S., Kostornova T. Ya. (2008) Razmernaya struktura, sezonnaya dinamika i vertikalnoe raspredelenie bakteriofagov oz. Baykal [Dimensional structure, seasonal dynamics and vertical distribution of bacteriophages of the lake Baikal]. Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Seriya «Nauki o Zemle», vol. 1, no 1. pp. 189–197.
- Edgar R.C. (2010) Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*. vol.26, no. 19, doi: 10.1093/bioinformatics/btq461.
- Genomic research laboratory Geneva – Edena: very short reads assembler // www.genomic.ch/edena.php. 9.01.2015.
- Gomez-Alvarez V., et. al. (2009) Systematic artifacts in metagenomes from complex microbial communities. *The ISME Journal*, vol. 3, pp. 1314–1317.
- Gleick P.H. (1998) The human right to water. *Water Policy.*, vol. 1, pp. 487–503.
- Kent W.J. (2002) BLAT-the BLAST-like alignment tool. *Genome Res.*, vol. 12, no. 4, pp. 656-664.
- Hayes S., Mahony J., Nauta A. van Sinderen D. (2017) Metagenomic Approaches to Assess Bacteriophages in Various Environmental Niches. *Viruses*, vol. 9, no. 6, doi: 10.3390/v9060127.
- Menshutkin V.V., Pokazeev K.V., Filatov N.N. Gidrofizika i ekologiya ozer [Hydrophysics and ecology of lakes]. – M.: Faculty of Physics MGU, 2004. – Vol. 2. – 280 p.
- MG-RAST, metagenomics analysis server <http://metagenomics.anl.gov/> 8.06.2015.
- Meyer F., et.al. (2008) The metagenomics RAST server – a public resource for the automatic phylogenetic and functional analysis of metagenomes. *BMC Bioinformatics*, vol. 9, pp. 386.
- Nikanorov A.M., Bryzgalov V.A. Presnovodnye ekosistemyi v impaktnyih rayonah Rossii [Freshwater ecosystems in impacted areas of Russia]. – M.: NOK, 2006. – 277 p.

- Mizuno C.M., Ghai R., Saghai A., López-García P., Rodriguez-Valera F. (2016) Genomes of Abundant and Widespread Viruses from the Deep Ocean. *mBio*. vol. 7, no. 4, doi: 10.1128/mBio.00805-16.
- O'Reilly C.M. et al. (2015) Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophys. Res. Lett.*, vol. 42, no. 24, pp. 10773 – 10781.
- Petrosova R.A. et al. *Estestvoznanie i osnovy ekologii* [Natural History and the Basics of Ecology]. – M.: Drofa, 2007. – 303 p.
- Roux S., et al. (2014) Ecology and evolution of viruses infecting uncultivated SUP05 bacteria as revealed by single-cell- and meta-genomics. *eLife*, vol. 3, pp. e03125.
- Rho M., et al. (2010) FragGeneScan: predicting genes in short and error-prone reads. *Nucleic Acids Res.*, vol. 38, no. 20, doi: 10.1093/nar/gkq747.
- Smirnov N.N. *Istoricheskaya ekologiya presnovodnyih zootsenozov* [Historical ecology of freshwater zoocenoses]. – M.: KMK, Fellowship of Scientific Publications, 2010. – 225 p.
- Strayer D.L., Dudgeon D. (2010) Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *J.of the North American Benth. Society.*, vol. 29, pp. 344 – 358.
- The R Project for Statistical Computing <http://www.r-project.org/> 14.07.2015.
- Zhang H., Zhao Y., Yin H. et al. (2018) Effect of aquatic macrophyte growth on landscape water quality improvement. *Environ Sci Pollut Res Int.*, vol. 7, doi: 10.1007/s11356-018-2421-4.
- Zhang Z.H., Jhaveri D.J., Marshall V.M., et al. (2014) A comparative study of techniques for differential expression analysis on RNA-Seq data. *PLoS One*, vol. 9, no 8., doi: 10.1371/journal.pone.0103207.
- Vörösmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner, M.O. et al. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, vol. 467, pp. 555 – 561.
- Vorobev G. A. *Issleduem malyie reki* [Let's explore small rivers]. – Vologda: VGPU, Rus, 1997. – 116 p.

¹Амалова А., ²Курманбаева М., ³Туруспеков Е., ⁴Иващенко А., ⁵Абидкулова К.

¹PhD-докторант 1 курса, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики Института биологии и биотехнологии растений КН МОН РК,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: akerke.amalova@gmail.com

²д.б.н., и.о. профессора, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.kz

³к.б.н., профессор, Институт биологии и биотехнологии растений КН МОН РК, и.о. профессора, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы; e-mail: yerlant@yahoo.com

⁴к.б.н., профессор РАН, Казахстан, г. Алматы, e-mail: ivashchenkoaa41@mail.ru

⁵ведущий специалист, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *TULIPA OSTROWSKIANA REGEL* В ЗАИЛИЙСКОМ АЛАТАУ

Работа посвящена изучению онтогенетической структуры ценопопуляций *Tulipa ostrowskiana Regel* – редкого эндемичного вида Северного Тянь-Шаня, многолетнего растения из семейства Liliaceae. Ценопопуляции *T. ostrowskiana* изучались на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка (Каскеленское ущелье, Большое Алматинское ущелье и ущелье Котырбулак) и в его окрестностях. В результате исследования онтогенетической структуры ценопопуляций выявлено влияние инсоляционного режима склонов на возрастную структуру и на морфометрические показатели. Оценка возрастной структуры ценопопуляций показала наименьшее количество генеративных особей в Каскеленском ущелье, связанное с тем, что на территории данной ценопопуляции производится выпас скота и многие генеративные особи поедаются животными. Наиболее малочисленной из трех собранных ценопопуляций оказалась ценопопуляция *T. ostrowskiana*, обнаруженная в ущелье Котырбулак, где под воздействием антропогенного фактора строительства дачных массивов и сбора цветущих растений, сокращается ареал произрастания данного вида. Средняя плотность ценопопуляций на 20 пробных площадках колебалась от $2,37 \pm 0,28$ до $3,82 \pm 0,84$ особей на 1 м^2 . Проведены морфологические и анатомические исследования в ценопопуляциях *T. ostrowskiana* для определения их сходства и различия. В ходе исследований ценопопуляций был выявлен морфологический полиморфизм в окраске цветков и формах листовых пластинок. Обнаружены отличия в отношении анатомического строения: в верхнем эпидермисе наружная стенка клеток зубчатая, в нижнем – зубчатость клеток отсутствует. У виргинильных особей не развита обкладка проводящих пучков, в то время как у генеративных она четко выражена. Проводящие пучки цветоноса коллатерально закрыты, разбросаны по его толщине.

Ключевые слова: эндемик, редкий вид, *Tulipa ostrowskiana*, ценопопуляция, морфология, анатомия, онтогенез.

¹Amalova A., ²Kurmanbayeva M., ³Turuspekov Y., ⁴Ivashchenko A., ⁵Abidkulova K.

¹first year PhD student of Biodiversity and Bioresources department of Al-Farabi Kazakh National University, research assistant of Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty, e-mail: akerke.amalova@gmail.com

²doctor of Biological Sciences, Prof., Head of Biodiversity and Bioresources department of Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.kz

³candidate of biological sciences, professor, head of Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Professor at Biodiversity and Bioresources department of Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty; e-mail: yerlant@yahoo.com

⁴Candidate of Biological Sciences, Professor RANH, Kazakhstan, Almaty, e-mail: ivashchenkoaa41@mail.ru
⁵specialist of the of Biodiversity and Bioresources department of Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz

Ontogenetic Structure Of Cenopopulations Of *Tulipa Ostrowskiana Regel* In Zailiysky Alatau

The work was devoted to the study of the ontogenetic structure of cenopopulations of *Tulipa ostrowskiana Regel* – a rare endemic species of the Northern Tien Shan, perennial plant from the Lili-

aceae family. Cenopopulations of *T. ostrowskiana* has been studied in the territory of the Ile-Alatau State National Natural Park the (Kaskelen Gorge, the Big Almaty Gorge and the Kotyrbulak Gorge) and its surroundings. The study of research on the ontogenetic structure of cenopopulations revealed the influence of insulation regime of slopes on the age structure and morphometric parameters. An assessment of the cenopopulation's age structure showed the least quantity of generative individuals in the Kaskelen gorge, apparently related to the fact that many generative individuals were eaten by the cattle on the territory of this cenopopulations. The smallest of three collected cenopopulations was cenopopulation of *T. ostrowskiana* found in the Kotyrbulak gorge, where the anthropogenic factor – construction of country cottages and collection of flowering plants – had the greatest influence. Here, the area of this species' growth is constantly decreasing. The average density of the cenopopulations at 20 test sites ranged from 2.37 ± 0.28 to 3.82 ± 0.84 individuals per $1 m^2$. In order to find similarities and differences in the cenopopulations of *T. ostrowskiana*, morphological and anatomical studies were made. During the studying, the first cenopopulation demonstrated morphological polymorphism in the flower color and form of the leaf. We found differences in the anatomical structures: in the uppermost epidermis the outer cell wall was toothed in shape, in the lowermost one, there was no teeth. In virginal individuals, the lining layer of the conducting beams was not fully developed, while in generative individuals it was completely formed. Conductive beams in the peduncle are collaterally closed and scattered throughout the peduncle.

Key words: endemic species, rare species, *Tulipa ostrowskiana*, cenopopulation, morphology, anatomy, ontogeny.

¹Амалова А., ²Курманбаева М., ³Туруспеков Е., ⁴Иващенко А., ⁵Абидкулова К.

¹ курс PhD-докторанты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институтының молекулалық генетикалық лабораториясының кіші ғылыми қызметкери, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: akerke.amalova@gmail.com

²б.ғ.д., әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: Meruyert.Kurmanbayeva@kaznu.kz

³б.ғ.к., профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, профессор м.а., Қазақстан, Алматы қ., е-mail: yerlant@yahoo.com

⁴б.ғ.к., РЖА профессоры, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: ivashchenkoaa41@mail.ru

⁵жетекші маман, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., е-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz

Іле-Алатауындағы *Tulipa Ostrowskiana* Regel ценопопуляцияларының онтогенетикалық құрылымы

Жұмыс Солтүстік Тянь-Шаньда сирек кездесетін Liliaceae тұқымдасына жататын көпжылдық эндемик түр *Tulipa ostrowskiana* Regel ценопопуляцияларының онтогенетикалық құрылымын зерттеуге арналған. Іле-Алатау мемлекеттік ұлттық, табиги паркінің аумағы маңында Қаскелен шатқалы, Үлкен Алматы шатқалы және Қотырбулақ шатқалы ценопопуляциялары зерттелді. Онтогенетикалық құрылымын зерттеу нәтижесінде жастық спектрге және морфометриялық параметрлерге инсоляциалық режимнің ықпалы анықталды. Ценопопуляциялардың жастық спектрін бағалауда Қаскелен шатқалында генеративтің дарап, саны аз болғандығы айқындалды, себебі ценопопуляция аумағында мал жайылады, сондықтан көптеген генеративтің дараптар жануарлармен желінеді. *T. ostrowskiana* Қотырбулақ шатқалында өсетін түрлер саны үш ценопопуляциялармен салыстырғанда аз, онда антропогендік фактордың бірі гүлдену кезеңінде гүлдерді жинау және саяжайларды салу әсерінен таралу аймағы қысқаруда. Ценопопуляциялардың орташа тығыздығы 20 сынақ алаңында 1 шаршы метрде дарап 2.37 ± 0.28 дең 3.82 ± 0.84 дейін ауытқиды. *T. ostrowskiana* ценопопуляцияларының морфологиялық және анатомиялық айырмашылықтары мен үқсастықтарын анықтау үшін зерттеулер жүргізілді. Зерттеу барысында ценопопуляцияларда морфологиялық полиморфизм гүл бояуында және жапырақ формаларында анықталды. Анатомиялық құрылымында табылған ерекшеліктер: жоғарғы эпидермисте клеткаларының сыртқы жағы тісті, төменгі эпидермисте – тісті емес. Виргинильдік дараптарда өткізгіш шоқтардың арнайы қоршауы дамымаған, ал генеративтің дараптарда олар айқын көрінеді. Гүлсейдамның өткізгіш шоқтары коллатеральды жабық, гүлсейдам бойында шашыраңқы орналасқан.

Түйін сөздер: эндемиктер, сирек түр, *Tulipa ostrowskiana*, ценопопуляциялар, морфологиясы, анатомиясы, онтогенезі.

Введение

В настоящее время сохранение биологического разнообразия является одной из приоритетных задач человечества. Важнейшим компо-

нентом биоразнообразия являются эндемичные, редкие исчезающие виды растений. В эпоху научно-технического прогресса одной из характерных особенностей является быстрый рост городов и городского населения, что приво-

дит к необратимым процессам трансформации природной среды (Qu et al., 2018; 46). В небольших районах произрастает ряд редких видов растений, которые нуждаются в сохранении из-за воздействия антропогенной трансформации, которая наносит разрушительный удар по природе. Сохранение редких растений, перечисленных в Красных книгах, является сложной задачей (Рябушкина, и др., 2016:13). Основными ограничивающими факторами являются разрушение среды обитания, деградация почвенного покрова (Kutlunina et al, 2016: 415; Ibrahim,et al 2017: 2002; Li, et al, 2017). В результате такой антропогенной деятельности как культивирование растений, создание пастбищ и разрушение естественных мест произрастания происходит сокращение численности редких и эндемичных видов растений. Сбор цветов для букетов также уменьшает количество редких видов (Maltseva S.Y, 2015:107).

К роду *Tulipa* (Liliaceae) относятся геофиты, эфемероиды, произрастающие в Юго-Западной Европе, Северной Африке и в Средней и Центральной Азии. Разнообразие рода *Tulipa*, по мнению различных авторов, включает от 40 до 100 видов (Baker, 1883: 691; Botschantzeva,1962 : 110; VanRaamsdonk, de Vries, 1995:15; Zonneveld, 2009: 220; Christenhusz et al., 2013: 285; Eker, 2014:105). В более поздней классификации J.M. Zonneveld (2009), при проведении сравнительного анализа размеров геномов описано 87 видов тюльпанов (Zonneveld, 2009:225). В последних работах M. Christenhusz и соавторов (2013) приведено 78 видов (Christenhusz, et al., 2013:310). В мировой сводке по роду *Tulipa* D.Everett (2013), в соответствии с работой M. Christenhusz и соавторов (2013), часть видов (98 таксонов) относит в синонимы, включая также несколько подвидов (D.Everett, 2013: 255). В Казахстане насчитывается 42 дикорастущих представителя рода *Tulipa* (Иващенко, 2017: 35). При этом в Красную Книгу Казахстана (2014) занесены 18 видов, из которых 12 видов являются эндемиками Казахстана (Поляков, 1958:199). В последние годы описано несколько новых видов тюльпанов, которые также являются эндемиками Казахстана – *T. auliekolica* Perezhigin и *T. turgaica* Perezhigin (Прегожин, 2013:1558), *T. berkariensis* Rukšāns, *T. lemmerseii* Zonn., Peterse & J. de Groot, *T. kolbintsevii* Zonn (Zonneveld, 2009: 220; Zonneveld, deGroot, 2012: 1295;), *T. ivasczenkoae* Epiktor & Belyalov (Эпикторов, Белялов, 2013:7).

Одним из способов сохранения редких видов является детальное изучение естественных мест

произрастания растений (Maslanka,2005:73). Одна из таких работ была проведена в Европейской части России с 2013 по 2015 год в 31 популяции *Tulipa gesneriana* на основе полевых исследований. Были выявлены основные факторы, влияющие на жизнеспособность популяции *T. gesneriana*, определены морфологические параметры *T. gesneriana*. В целом, для этого вида была характерна смешанная стресс-толерантная иrudеральная экологическая ценотическая стратегия. Например, увеличение уровня стресса приводило к уменьшению размера всех надземных органов, что сопровождалось значительными изменениями высоты растений. Однако большинство параметров, напротив, слабо снижали их изменчивость при стрессе. Все эти особенности указывают на сравнительно узкую экологическую амплитуду исследуемого вида (Kashin A.S. et al.,2017:1236, Bhatia, 2017:565).

Также важным направлением исследований в изучении и сохранении биологического разнообразия является нахождение сходных, ныне произрастающих видов с учетом древних признаков. Так, были проведены анатомические и экологические исследования по особенностям строения *Tulipa gutusanica* Terzioglu и его морфологически сходного таксона *T. armena* Boiss. var. *Armena* (Coskuncelebi,2008: 195). При изучении их сходства и различия были обнаружены некоторые важные отличия этих таксонов в отношении анатомических, палеонтологических и экологических особенностей, а также морфологических признаков. Общие анатомические признаки обоих таксонов были сходны: оба имели изоляционные листья с выраженной гиподермой и цветонос с отчетливой однослойной колленхимой, близкой к эпидермису. Однако, некоторые анатомические признаки, такие как ширина мезофилла, среднее количество устьиц на нижнем эпидермисе и эпидермальные клетки на верхнем эпидермисе, оказались важными при разграничении этих таксонов. Кроме того, наблюдались значительные различия в форме и размере пыльцы. Эти виды отличались экологически тем, что *T. gutusanica* предпочитает слегка кислую почву с низким содержанием органического вещества в лесу, тогда как *T. armena* Boiss. var. *Armena* – слабощелочную почву с высоким содержанием органического вещества (Coskuncelebi, 2008: 195).

Численность многих раннецветущих растений сокращается из-за выжигания сухой травы, например, *Tulipa gesneriana* L., *Adonis vernalis* L., *Convallia majalis* L. (Maltseva S.Y, 2015:114).

Из-за антропогенного воздействия сохраняется риск исчезновения редких видов Красной книги и возникает необходимость дальнейшего мониторинга и контроля состояния их популяций, а также принятия специальных мер по защите их местообитаний (Maltseva S.Y, 2015:115).

Одним из таких видов с сокращающейся численностью является эндемик Северного Тянь-Шаня – *T. ostrowskiana*, произрастающий в Заилийском Алатау, на южной части Чу-Илийских гор и на Киргизском хребте. Этот вид произрастает на мягких почвах с глубоким питательным слоем, нередко – в зарослях кустарников, преимущественно в нижнем, частично в среднем поясах гор. *T. ostrowskiana* отличается довольно высоким (до 40 см) стеблем, тремя сближенными ланцетовидными, по краю волнистыми листьями и изящным удлиненным цветком. При ярком освещении цветок раскрывается в виде звездчатой чаши. Типичная окраска цветков – светло-красная с черным или желтым дном, хотя часто встречаются более темные, оранжевые, пестрые и даже чисто желтые (Поляков, 1958: 200; Ivaschenko, 2005:52). В отдельных местах *T. ostrowskiana* встречается вместе с близкородственным *T. kolpakowskiana* Regel, образуя гибридные популяции с колossalным разнообразием цветковых вариаций. Особенностью красочны такие гибридные «заросли» на перевале Кордай (Иващенко, 2009: 125). Гибридные популяции *T. ostrowskiana* и *T. kolpakowskiana* были зафиксированы в горах Киндиктас (Кокорева др., 2013:100). Они занимают иногда значительные участки, охватывающие склоны разных экспозиций на высоте 1004 м. При этом, происходит распределение внутривидовых форм по склонам: на более крутом склоне северной экспозиции отмечается больше растений с красными цветками, на северном пологом склоне – с желтыми и оранжевыми. По анализируемым параметрам растений тюльпанов выявлена зависимость высоты растения от инсоляционного режима: на склонах южной и западной экспозиций оба показателя имели минимальное значение в обеих исследуемых группах (Кокорева др., 2013:100).

Численность изучаемого вида *T. ostrowskiana* сокращается в результате массового сбора на букеты, а также освоением горных склонов близ Алматы под дачное строительство. В связи с этим, изучение возрастной структуры популяций весьма актуально для прояснения вопросов устойчивости и способности к самоподдержанию популяций данного вида.

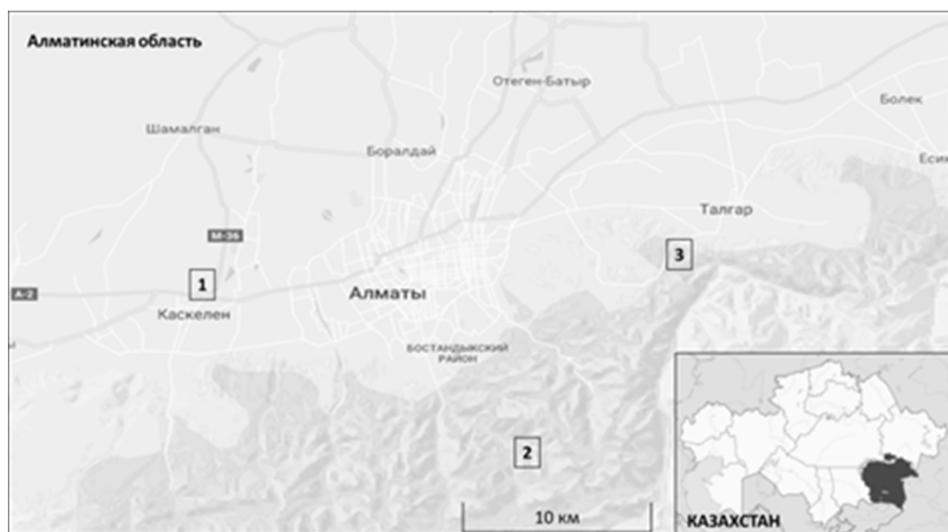
Данное исследование посвящено изучению онтогенетической структуры ценопопуляций редкого, эндемичного северо-тиньшанского вида *T. ostrowskiana*.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются ценопопуляции (ЦП) *T. ostrowskiana*, произрастающие на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка. Обследование проводилось в местах расположения ЦП, фиксированных с помощью маршрутно-рекогносцировочного метода с использованием GPS-навигатора. Геоботанические описания проводились по общепринятым методикам. При выделении и характеристике возрастных состояний и возрастных спектров ЦП использовались методические положения Т.А. Работнова (1950), И.Г. Серебрякова (1952), А.А. Уранова (1975). Для дальнейшего морфо-анатомического исследования были собраны гербарные и фиксированные образцы. Консервация растений была проведена по методике Страсбургер-Флемминга (Барыкина и др.; 2004:39). Анатомические препараты изготовлены в соответствии с общепринятыми методиками Прозина М.Н. (1960), Пермякова А.И. (1988), Барыкиной Р.П. (2004). Анатомические срезы надземных органов растений производились с помощью микротома МЗП-01 “Техном”. Толщина анатомических срезов составляла 10-15 мкм. Временные препараты были заключены в глицерин. Микрофотографии анатомических срезов были сделаны на микроскопе МС 300 с видеокамерой CAM V400/1.3M. Измерения микропрепараторов осуществлялись на микроскопе МСХ100 с фотокамерой 519CU 5.0M CMOS Camera. Статистическая обработка морфометрических показателей осуществлялась с помощью программы Microsoft Office Excel 2003 на основе методики Г.Ф. Лакина (1990).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований было обследовано три ценопопуляции *T. ostrowskiana* и составлена карта их размещения. ЦП №1 расположена в Каскеленском ущелье на высоте 1187 м над уровнем моря (н.у.м.), на левом берегу реки Каскеленка. ЦП №2 находится в Большом Алматинском ущелье, на правобережье реки Казачка, на высоте 1367 м н.у.м. ЦП №3 расположена в ущелье Котырбулак, на правом берегу реки, на высоте 1566 м н.у.м (Рисунок 1).

Рисунок 1 – Карта-схема расположения обследованных ценопопуляций *Tostrowskiana*

Данные о местоположении и растительных сообществах ЦП показаны в таблице 1. В качестве критериев для оценки состояния популяций

Tostrowskiana были использованы следующие параметры: численность, плотность и возрастной спектр.

Таблица 1 – Местоположение и геоботаническое описание ценопопуляций *Tostrowskiana*

Места сборов	GPS координаты	Высота над уровнем моря (н.у.м), м	Растительное сообщество	Проективное покрытие, %
Каскелен (ЦП №1)	N 43° 07. 732' E 076° 36. 633'	1187	Кустарниково-разнотравное	95-100
БАУ (Казачка) ЦП № 2	N 43°07. 650' E 076° 54.751'	1367	Разнотравно-кустарниковое	90-95
Котырбулак (ЦП №3)	N 43° 13. 401' E 077° 07.012'	1566	Кустарниково-разнотравное	80-85

Согласно проведенному учету, численность по трем ЦП показана в таблице 2. ЦП №1 в Каскеленском ущелье составили 153 особи на 20 пробных площадках, из которых 125 виргинильные и 28 генеративные особи. Средняя плотность ЦП составила $3,82 \pm 0,84$ особи на 1 м^2 .

ЦП №2 находится в Большом Алматинском ущелье, на правобережье реки Казачка. Численность ЦП на 20 пробных площадках составила

120 особей, из которых генеративных особей – 98, виргинильных особей – 22. Средняя плотность ценопопуляций составила $3,0 \pm 0,46$ особи на 1 м^2 .

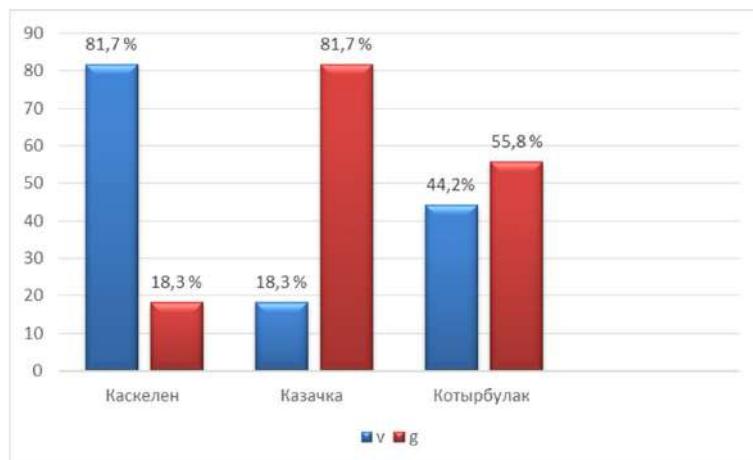
ЦП № 3 обнаружена в ущелье Котырбулак. Численность ценопопуляции насчитывала 95 особей, среди которых 53 генеративных и 42 виргинильных. Плотность ценопопуляций составила $2,37 \pm 0,28$ особи на 1 м^2 .

Таблица 2 – Возрастное состояние, численность и плотность ценопопуляций *T.ostrowskiana*

Возрастное состояние и плотность ЦП	ЦП №1	ЦП №2	ЦП №3
Виргинильные особи (v)	125	22	42
Генеративные особи (g)	28	98	53
Плотность ЦП на 1 м ²	$3,82 \pm 0,84$	$3,00 \pm 0,46$	$2,37 \pm 0,28$

По составу все три ценопопуляции были представлены только виргинильными и генеративными особями. Согласно рисунку 2, наибольшее количество виргинильных особей было зафиксировано в ЦП из Каскелена – 81,7%, наименьшее количество обнаружено в ЦП №2 на Казачке – 18,3%. Наибольшее количество генеративных особей наблюдалось в ЦП на Казачке – 81,7%, наименьшее количество – 18,3 % в Каскелене. Оценивая по типу ЦП, к нормальному типу можно отнести ЦП на Казачке, так как растения находились в оптимальных условиях существования, наблюдался высокий процент генеративных

особей. ЦП, произрастающие в Каскелене, имели меньшее количество генеративных особей, в связи с тем, что на территории данной ЦП производится выпас скота и многие особи в генеративном состоянии поедаются животными. Также на количество генеративных особей повлияло произрастание на разных экспозициях склона, что обуславливается различным количеством получаемого солнечного света. Малочисленной ЦП явилась популяция из ущелья Котырбулак, где под воздействием антропогенного фактора строительства дачных массивов и сбора цветущих растений сокращается ареал произрастания *T.ostrowskiana*.

**Рисунок 2 – Возрастной спектр различных ЦП *T.ostrowskiana***

Для всех трех ЦП была проведена морфологическая характеристика особей в соответствии с их возрастным состоянием. Виргинильные особи по морфологическим признакам характеризовались наличием одного листа. У особей ЦП №1 край листовой пластинки был волнистый, листовая пластинка у растений ЦП №2 имела прямую форму, а у растений ЦП №3 – слабоволнистую форму (Рисунок 3). Критериями оценки виргинильных особей были размеры листовых

пластинок. Морфометрические показатели этого исследования представлены в таблице 3. Длина листовых пластинок растений разных ценопопуляций варьировала от $12,9 \pm 0,55$ до $11,4 \pm 0,60$ см, а ширины – от $2,5 \pm 0,21$ до $1,7 \pm 0,09$ см. Произрастание вида на склонах разных экспозиций влияет на размеры длины и ширины листовых пластинок. Из-за различного инсоляционного режима склонов заметно разное соотношение этих параметров у растений.



1 – Касселен; 2 – Казачка; 3 – Котырбулак
Рисунок 3 – Виргинильные особи трех ценопопуляций *T.ostrowskiana*

Таблица 3 – Морфологические показатели виргинильных особей трех ценопопуляций *T.ostrowskiana*

Ценопопуляции	Количество исследованных растений	Лист	
		Длина, см	Ширина, см
ЦП № 1	25	12,9 ± 0,55	1,7 ± 0,09
ЦП № 2	22	11,7 ± 0,73	2,3 ± 0,21
ЦП № 3	42	11,4 ± 0,60	2,5 ± 0,21

Генеративные особи в трех обследованных ЦП отличались по окраске цветка и форме края листовой пластинки (Рисунок 4). В ЦП № 1 цветки имели типичную красную окраску, а листовая пластинка по краю была волнистой. В ЦП № 2 – цветки желтые с красной спинкой, листовая пластинка была слабоволнистая по краю. В ЦП № 3 окраска цветков включала несколько

вариантов: преобладали желтые с красной спинкой (79%), меньше красных и темно-оранжевых (16%) и желтых с матовой спинкой (4%). Единичные (1%) особи встречались с желтыми цветками, но с красными полосами как по наружной, так и по внутренней стороне всех листочеков околоцветника. Пластинка нижнего листа была как волнистой, так и прямой (Рисунок 4).

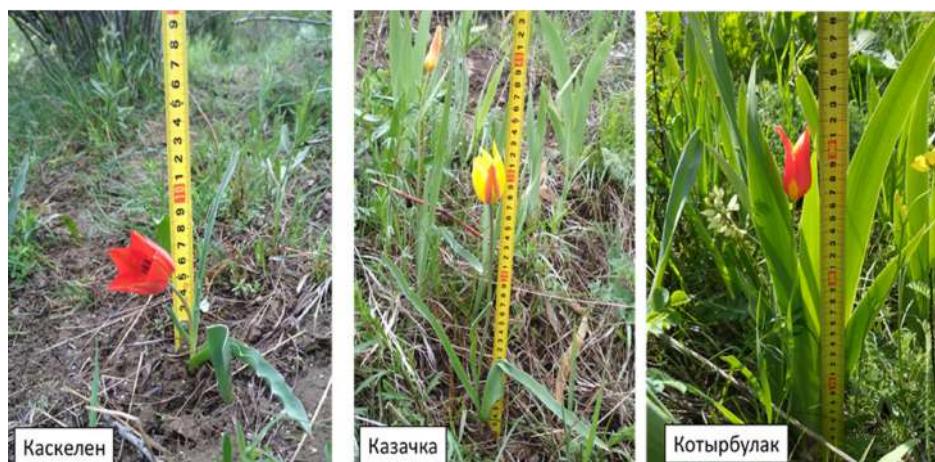


Рисунок 4 – Генеративные особи *T.ostrowskiana*

Морфологическими критериями оценки генеративных особей была высота растения, длина и ширина трех листьев и окраска цветка, которые показаны в таблице 4. Высота стебля растений между популяции варьировала от $12,7 \pm 0,79$ см до $38,5 \pm 1,8$ см. Длина первого листа в разных ЦП изменялась от $11,9 \pm 0,51$ см до

$20,1 \pm 1,2$ см, а его ширина – от $1,9 \pm 0,1$ см до $3,24 \pm 0,23$ см. Длина второго листа в разных ЦП составила от $10,5 \pm 1,4$ до $19,5 \pm 1,37$ см, ширина – от $1,2 \pm 0,12$ до $1,77 \pm 0,13$. Длина третьего листа у разных ЦП имела от $7,8 \pm 1,2$ см до $17,5 \pm 1,35$ см, ширина – от $1,00 \pm 0,08$ см до $1,16 \pm 0,10$ см.

Таблица 4 – Морфологические показатели генеративных особей трех ценопопуляций *T.ostrowskiana*

Параметры		Ценопопуляции		
		№1 (Каскелен)	№2 (БАУ, Казачка)	№3 (Котырбулак)
Количество растений		28	98	53
Высота стебля		$15,5 \pm 2,5$	$12,7 \pm 0,79$	$38,5 \pm 1,8$
Размеры листьев, см	Первый	длина, см	$12,7 \pm 0,9$	$11,9 \pm 0,51$
		ширина, см	$1,9 \pm 0,2$	$3,24 \pm 0,23$
	Второй	длина, см	$10,5 \pm 1,4$	$10,8 \pm 0,43$
		ширина, см	$1,2 \pm 0,2$	$1,77 \pm 0,13$
	Третий	длина, см	$7,8 \pm 1,2$	$10,1 \pm 0,47$
		ширина, см	$1,00 \pm 0,2$	$1,16 \pm 0,10$
Окраска цветка		Красные цветки	Желтые с красной спинкой	Смешанная окраска

При изучении возрастного спектра и морфологических показателей вида было обнаружено влияние инсоляционного режима склона. Так, в ЦП № 2 (Казачка) наблюдалось резкое увеличение генеративных особей на 68% по сравнению с ЦП № 3 (Каскелен). В ЦП № 3

заметно влияние антропогенного воздействия. Нужно отметить, полиморфизм по окраске цветка, который был наиболее выражен в ЦП № 3, тогда как в ЦП № 1 цветки исключительно красные, а ЦП № 2 – желтые с красной спинкой (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Разнообразие окраски цветка в ущелье Котырбулак

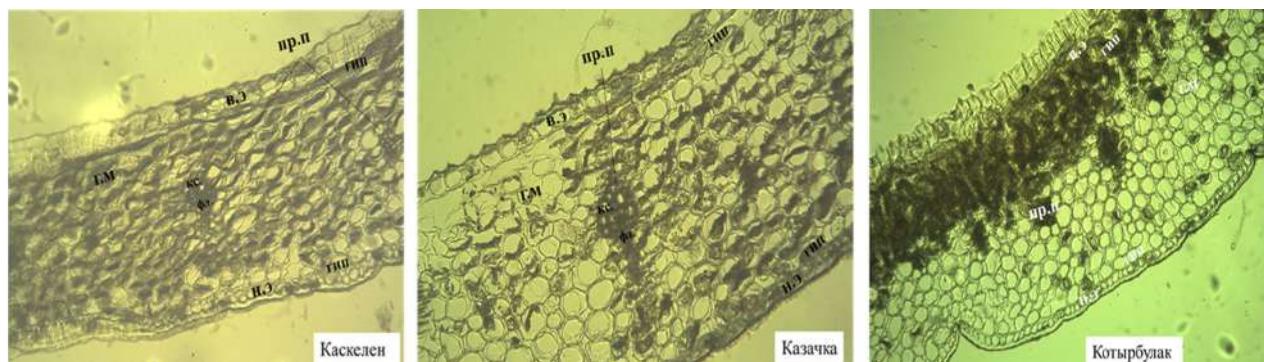
В следующем этапе исследований были изучены внутреннее строение вегетативных органов листа и цветоноса генеративных особей.

Листовая пластинка у виргинильных особей снаружи покрыта первичной покровной тканью – эпидермисом, клетки которой плотно сомкнуты между собой и располагаются в один ряд, без межклетников (Рисунок 6). Наружная стенка эпидермиса покрыта тонким слоем кутикулы и зубчатая. Ширина эпидермальных клеток значительно превосходит высоту. Трихомы отсутствуют у особей во всех трех ценопопуляциях.

Под эпидермисом находится хорошо развитый слой гиподермы. Между гиподермами расположены тонкостенные клетки хлорофиллонос-

ной ткани – мезофилла. В листовой пластинке *Tostrowskiana*, как и у всех однодольных растений, имеется только губчатый мезофилл, который состоит из клеток разного размера. Более крупные клетки наблюдали у особей ЦП № 2 (Казачки) в отличие от особей ЦП № 1. У растений ЦП № 3 клетки мезофилла почти одинакового размера.

Проводящие пучки коллатеральные закрытые с ксилемой и флоэмой без камбия, располагаются в один ряд по всей толще листовой пластинки в связи с параллельным жилкованием. Ксилема движется к верхнему эпидермису, флоэма к нижнему эпидермису. Хорошо развиты проводящие пучки, но обкладки пучков недоразвиты (Рисунок 6).



В.Э. – верхний эпидермис, Н.Э. – нижний эпидермис, пр.п. – проводящий пучок, г.м. – губчатый мезофилл, кс. – ксилема, фл. – флоэма, гип. – гиподерма.

Рисунок 6 – Анатомическое строение листовых пластинок виргинильных особей

При изучении биометрических показателей внутренней структуры листовых пластинок *Tostrowskiana* из различных ценопопуляций выявлено, что у растений ЦП № 3 (Котырбулак) толщина клеток верхнего эпидермиса значитель-

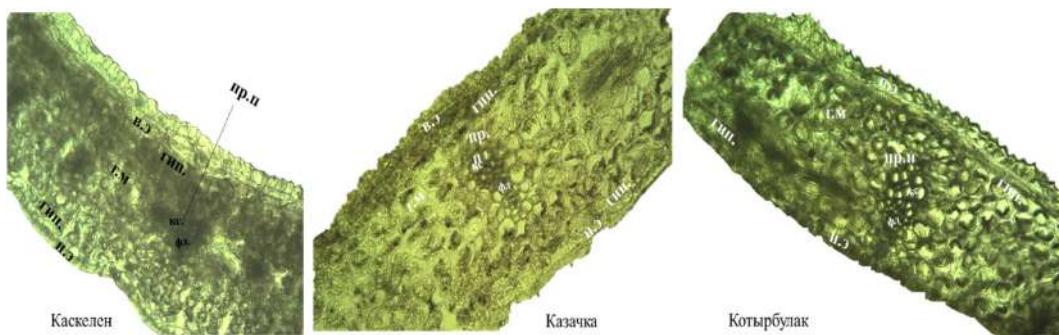
но превосходила по размерам таковые у особей из остальных ценопопуляций. Растения ЦП Казачка и Котырбулака почти одинаковые по форме и толщине листовой пластинки и мезофилла (таблица 5).

Таблица 5 – Морфометрические показатели анатомического строения листовых пластинок виргинильных особей трех ценопопуляций *Tostrowskiana*

Показатели	Ценопопуляции		
	№1 (Каскелен)	№2 (БАУ, Казачка)	№3 (Котырбулак)
Толщина листа, мкм	1682,39 ± 4,5	1918,53 ± 3,8	1985,03 ± 4,6
Толщина верхнего эпидермиса, мкм	202,47 ± 1,7	122,87 ± 2,1	317,1 ± 3,0
Толщина нижнего эпидермиса, мкм	111,01 ± 1,8	161,28 ± 2,3	85,07 ± 0,9
Толщина мезофилла, мкм	1372,05 ± 2,6	1588,21 ± 1,9	1520,75 ± 1,87
Площадь проводящего пучка, мкм ²	181,77 ± 1,3	211,05 ± 2,9	137,71 ± 2,5

Листовая пластинка у виргинильных особей ценопопуляций № 2 и 3 (Казачки и Котырбулака) более, чем на 200 мкм толще по сравнению с таковой у особей ЦП № 1 (Каскелен). Листовая пластинка особей ЦП №2 имела хорошо развитую проводящую систему, причем ксилема крупнее, чем флоэма. У листьев особей ЦП № 3 (Котырбулака) не наблюдалась обкладка проводящих пучков. Наружная стенка верхнего эпидермиса листовой пластин-

ки генеративных особей покрыта зубцами, в отличие от нижнего эпидермиса. Эпидермис расположен в один ряд по всей ширине листа, плотно сомкнутый, имеет гиподерму. Листовая пластинка заполнена паренхимными клетками губчатого мезофилла неодинаковых размеров. Трихомы отсутствуют. Проводящие пучки коллатеральные закрытые, ксилема направлена к верхнему эпидермису, а флоэма к нижнему (Рисунок 7).



в.э – верхний эпидермис, н.э. – нижний эпидермис, пр.п – проводящий пучок, г.м. – губчатый мезофилл, кс. – ксилема, фл. – флоэма, гип.– гиподерма

Рисунок 7 – Анатомическое строение листовых пластинок генеративных особей

Биометрические показатели анатомической структуры генеративных особей тоже отличаются. Толщина листа в разных ЦП составила от 1463,25 мкм до 1997,8 мкм. Во всех ценопопуля-

циях толщина верхнего эпидермиса превышала толщину нижнего эпидермиса. Площадь проводящего пучка колеблется от 309,57 мкм² до 236,18 мкм²(таблица 6).

Таблица 6 – Морфометрические показатели анатомического строения листовых пластинок генеративных особей трех ценопопуляций *T.ostrowskiana*

Показатели	Ценопопуляции		
	№1 (Каскелен)	№2 (БАУ, Казачка)	№3 (Котырбулак)
Толщина листа, мкм	1463,25 ± 1,83	1885,98 ± 2,13	1997,8 ± 2,1
Толщина верхнего эпидермиса, мкм	112,66 ± 1,1	260,58 ± 2,17	117,09 ± 1,86
Толщина нижнего эпидермиса, мкм	119,05 ± 2,4	76,03 ± 1,73	92,87 ± 1,2
Толщина мезофилла, мкм	1120,89 ± 3,31	1251,83 ± 2,37	1068,77 ± 1,8
Площадь проводящего пучка, мкм ²	236,18 ± 2,5	309,57 ± 4,1	272,22 ± 2,2

В результате изучения анатомического строения листа было выявлено, что особи в ЦП № 1 имеют менее тонкую листовую пластинку. Площадь проводящих пучков у особей ЦП

№ 2 значительно больше в отличие от других ЦП. Цветонос покрыт однослоистым слоем эпидермиса. Клетки эпидермиса вытянутые по всей длине цветоноса. Под эпидермисом

располагаются клетки хлоренхимы и имеется слой механической ткани – склеренхимы, клетки которой образуют сплошное кольцо. Клетки паренхимы относительно крупные, тонкостенные, различных размеров. Проводящие пучки коллатеральные закрытые, разного

размера, неодинаково распределяются по цветоносу: более мелкие располагаются по периферии склеренхимы, более крупные ближе к центру погружены в паренхиму. Центральную часть занимает хорошо развитая сердцевина (Рисунок 8).



э.– эпидермис, хлр. – хлоренхима, пр.п. – проводящий пучков, фл. – флоэма, кс. – ксилема, скл. – склеренхима.
Рисунок 8 – Анатомическое строение цветоноса генеративных особей

Исследование морфометрических показателей цветоноса показало, что его толщина и диаметр сердцевины у особей различных ЦП относительно одинаковые, как показано в таблице 7. Толщина склеренхимы у особей ЦП №3 (Котырбулак) превышала вдвое,

чем у ЦП № 1 (Каскелена), и в четыре раза ЦП №2 (Казачки). Толщина эпидермальных клеток особей ЦП № 2 (Казачки) была шире в отличие от других ЦП. Площадь проводящих пучков колеблется пределах от 245,25 до 385,47 мкм².

Таблица 7 – Морфометрические показатели анатомического строения цветоноса генеративных особей трех ценопопуляций *T.ostrowskiana*

Показатели	Ценопопуляций		
	№1 (Каскелен)	№2 (БАУ, Казачка)	№3 (Котырбулак)
Толщина цветоноса, мкм	3186,5 ± 1,8	3152,66 ± 2,15	3316,84 ± 2,16
Толщина склеренхимы, мкм	685,5 ± 1,5	242,57 ± 1,43	868,51 ± 2,3
Толщина эпидермиса, мкм	91,86 ± 1,6	158,06 ± 2,35	146,48 ± 1,3
Площадь проводящего пучка, мкм ²	297,9 ± 1,1	245,25 ± 2,55	385,47 ± 2,3
Диаметр сердцевины, мкм	2554,83 ± 2,6	2456,34 ± 1,8	2442,31 ± 2,15

Анатомическое строение цветоноса вполне типично для однодольных растений. Проводящие пучки коллатерально закрытые, разбросаны по толщине цветоноса: мелкие пучки погружены в склеренхиму, а крупные пучки – в паренхиму цветоноса. По максимальной толщине цветоноса особенно выделяются особи ЦП № 3 (Котырбулак).

Выводы

Все обследованные ЦП имели незначительные различия в плотности и возрастном спектре. Наиболее отличительными оказались ЦП из Каскелена и Казачки, первые из которых характеризуются максимумом виргинильных особей (81,7%), вторые – таким же максимумом

генеративных, в таком же соотношении. ЦП № 3 (Котырбулак) имеет более сглаженный возрастной спектр, с незначительным преобладанием 55,8 % генеративных особей. Следует подчеркнуть, что во всех анализированных ценопопуляциях отсутствовали ювенильные особи, что позволяет характеризовать их как неполночленных с правосторонним базовым спектром. Связано это, скорее всего, с тем, что здесь производится выпас скота и многие генеративные особи поедаются животными.

Малочисленной является ЦП № 3 (Котырбулак), где под воздействием антропогенного фактора строительства дачных массивов и сбора цветущих растений сокращается и площадь ЦП и ее численность. По возрастному спектру и морфологическим показателям вида было обнаружено влияние инсоляционного режима склона ЦП № 2 (Казачка), наблюдалось значительное преобладание генеративных особей – на 68%, по сравнению с ЦП № 1 (Каскелен). Преобладание генеративных особей один из положительных показателей в самоподдержании ценопопуляции *T.ostrowskiana*.

Выявлен полиморфизм по окраске цветка. Так ЦП № 1 из Каскелена окраска *T.ostrowskiana* отчетливо отличается красным цветом по сравнению с популяцией на Казачке, где произрастают ЦП желтой окраски с красной спинкой. В Котырбулаке наблюдалась смешанная окраска цветка. Это свидетельствует о наличии видового

разнообразия по окраске цветка в ценопопуляциях *T.ostrowskiana*.

Толщина листовой пластинки у виргинильных особей ЦП № 2 и 3 (Казачки и Котырбулака) более, чем на 200 мкм толще по сравнению с растениями ЦП № 1 (Каскелена). Особи в ЦП № 2 имеют хорошо развитую проводящую систему, ксилема крупнее, чем флоэма. Особи из ЦП № 3 не имеют обкладок проводящих пучков.

При изучениях анатомического строения листа генеративных растений выявлено, что особи ЦП № 1 имеют менее толстую листовую пластинку. Размеры проводящих пучков у особей в ЦП № 2 крупнее, чем у других ЦП. Анатомическое строение цветоноса соответствует строению класса однодольных растений. Проводящие пучки коллатерально закрыты, разбросаны по толщине цветоноса: мелкие пучки погружены в склеренхиму, а крупные пучки в паренхиму цветоноса. Морфометрические показатели цветоноса крупнее у особей ЦП № 3 Котырбулак.

Данное исследование проводилось в рамках научно-технической программы Ф.0675 «Изучение генетического разнообразия и сохранение генетических ресурсов эндемичных, редких и хозяйственно ценных видов растений в Республике Казахстан» (2015-2017) и гранта АР05131621 «Информационная система по молекулярно-генетической и ботанической документации дикорастущей флоры Казахстана» (2018-2020). (Turuspekov, Abugalieva, 2005: 290).

Литература

- Baker J.G. The species of *Tulipa* // Gard Chron. – 1883. – Vol.19 – P. 691.
- Bhatia R., Dey S.S., Kumar R. Genetic divergence studies in tulip (*Tulipa gesneriana* L.) // Indian Journal of Horticulture. – 2017. – Vol. 74. – P. 562-567. DOI: 10.5958/0974-0112.2017.00108.6
- Booy G., Van Raamsdonk L.W. D. Variation in the enzyme esterase within and between *Tulipa* species; usefulness for the analysis of genetic relationships at different taxonomical levels. // Biochemical Systematics and Ecology. – 1998. – Vol. 26. – P. 199-224. DOI: 10.1016/S0305-1978(97)00093-8
- Botschantzeva, Z. P. Tulips: taxonomy, morphology, cytology, phytogeography and physiology. CRC Press. –(1982) – p. 120. ISBN 90-6191-029-3.
- Christenhusz M.J.M., Govaerts R., David J.C. Hall T., Boraland K., Tiptoe through the tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae) // Botanical Journal of the Linnean Society. –2013. – Vol.172. – P. 280-328. DOI: 10.1111/boj.12061
- Coskuncelebi K., Terzioglu S., Turkmen Z., Makbul, S., Usta A. A comparative study on two closely relative *Tulipa* L. taxa from NE Anatolia // Plant Systematics and Evolution. – 2008. – Vol. 276. – P. 191-198. DOI: 10.1007/s00606-008-0094-z
- Eker I., Babac M.T., Koyuncu M. Revision of the genus *Tulipa* L. (Liliaceae) in Turkey // Phytotaxa. – 2014. – Vol. 157. – P. 103-112
- Everett D., The genus *Tulipa*. *Tulips of the World* Kew Publishing // Kew. – 2013 – P. 380.
- Ibrahim M.F., Hussain F.H.S., Zanoni G., Vidari G. The main constituents of *Tulipa systola* Stapf. roots and flowers; their anti-oxidant activities // Natural Product Research. – 2017. – Vol. 31. – P. 2001-2007. DOI: 10.1080/14786419.2016.1272107
- Ivaschenko A.A. Tulips and other bulbs plants of Kazakhstan // Almaty. – 2005. – 192 p.
- Kashin A.S., Petrova N.A., Shilova, I.V. Some Features of the Environmental Strategy of *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae, Liliopsida) // Biology Bulletin. – 2017. – Vol. 44. – P. 1237-1245. DOI: 10.1134/S1062359017100053

- Kutlunina N. A., Belyaev A.Y., Knyazev M.S. The structure of genotypic diversity and the possibility of sexual reproduction in populations of *Tulipa riparia* (Liliaceae) // Russian Journal of Ecology. – 2016. – Vol. 47. – P.412-418. DOI: 10.1134/S1067413616040111
- Li P., Lu R.S., Xu W.Q., Ohi-Toma T., Cai M.Q., Qiu Y.X., Cameron K.M., Fu C.X. Comparative Genomics and Phylogenomics of East Asian Tulips (Amana, Liliaceae) // Frontiers in Plant Science. – 2017. – Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.00451
- Maltseva S.Y. Rare and protected species in urban flora of Genichesk // Biological Bulletin Of Bogdan Chmelnitskiy Melitopol State Pedagogical University. – 2015. – Vol. 5. – P. 105-114. DOI: 10.7905/bbmbspu.v5i1.966
- Maslanka M., Bach A. Effect of abscissic acid on the morphology of tulip (*Tulipa L.*) somatic embryos // Acta Biologica Cracoviensis Series Botanica. – 2005. – Vol. 47. – P. 73.
- Qu L.W., Xue L., Xing G.M., Zhang Y.Q., Chen J.J., Zhang W., Lei J.J. Karyotype analysis of eight wild *Tulipa* species native to China and the interspecific hybridization with tulip cultivars // Euphytica. – 2018. – Vol. 214. – P. 45-50. DOI: 10.1007/s10681-018-2151-1.
- Turuspekov Y., Abugalieva S. Plant DNA barcoding project in Kazakhstan // Genome. – 2015. – Vol.58(5). P. 290.
- Van Raamsdonk L.W.D., de Vries T. Species relationships and taxonomy in *Tulipa subg. Tulipa* (Liliaceae) // Plant Syst Evol.– 1995. – Vol.195. – P.13-44.
- Zonneveld J. M., de Groot J. J., *Tulipa kolbintsevii* Zonn., a new species from Eastern Kazakhstan // Plant Syst. Evol.– 2012.– Vol. 289. P.1293-1296. DOI: 10. 1007/s00606-012-0635-3
- Zonneveld J.M. The systematic value of nuclear genome size for “all” species of *Tulipa* L. (Liliaceae) // Plant Syst Evol.– 2009. – Vol. 281. – P. 217-245. DOI: 10. 1007/s00606-009-0203-7
- Барыкина Р.П. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.
- Белоусова Л.С., Иващенко А.А. Толерантность некоторых редких видов тюльпанов к антропогенным воздействиям // Проблемы охраны редких видов растений. – 1992.– С. 72-78.
- Иващенко А.А. Мониторинг дикорастущих тюльпанов, произрастающих на территории Казахстана // Республиканская науч.-прак. конференции «Актуальные проблемы современной биологии и сохранения биоресурсов Республики Казахстан». – 2017.– С. 35-37.
- Иващенко А.А. Тюльпан Островского (*Tulipa ostrowskiana* Regel) в природе и культуре // Вестник Киевского национального университета Тараса Шевченка – 2009. – Вып. 22-24. – С. 124-126.
- Кокорева И.И., Отрадных И.Г., Съедина И.А., Лысенко В.В. Редкие виды растений Северного Тянь-Шаня (популяций, морфология, онтогенез, возобновление). – 2013.– 208 с.
- Красная книга Казахстана. Часть 1. Растения. – Астана, 2014. – 452 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
- Пермяков А.И. Микротехника. – М.: Изд. МГУ, 1988. – 58 с.
- Поляков П.П. Род тюльпанов – *TulipaL.*// Флора Казахстана. –1958. – Т.2 – С. 199-217.
- Прегожин Ю.В. Новые виды тюльпанов из Северного Казахстана // Ботанический журнал. –2013. – № 98(12). – С.1558 – 1563.
- Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии. // Проблемы ботаники. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – С. 465-483.1
- Рябушкина Н.А., Абугалиева С.И., Турусеков Е.К. Проблема изучения и сохранения биоразнообразия флоры Казахстана // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2016. – №3.– С.13-23.
- Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М., 1952. – 240 с.
- Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7 – 33.
- Эпикетов В.Г., Белялов О.В. Новые вид рода *TulipaL.* (Liliaceae) из Казахстана // Turczaninowia. – 2013. – №16 (3) – С.5-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.16.3>

References

- Baker J.G. (1883) The species of *Tulipa*. *Gard Chron*, vol.19, pp. 691.
- Baryikina R.P. et all. (2004) Spravochnik po botanicheskoy mikrotehnike.[Reference book on botanical microtechnology] Osnovyi i metodyi, pp.312.
- Belousova L.S., Ivaschenko A.A. (1992) Tolerantnost nekotoryih redkih vidov tyulpanov k antropogennym vozdeystviyam [Tolerance of some rare species of tulips to anthropogenic influences]. Problemyi ohranyi redkih vidov rasteniy. pp.72-78.
- Bhatia R., Dey S.S., Kumar R.(2017) Genetic divergence studies in tulip (*Tulipa gesneriana* L.). *Indian Journal of Horticulture*, vol. 74, pp. 562-567.DOI: 10.5958/0974-0112.2017.00108.6
- Booy G., Van Raamsdonk L.W. D. (1998) Variation in the enzyme esterase within and between *Tulipa* species; usefulness for the analysis of genetic relationships at different taxonomical levels. *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 26, pp. 199-224. DOI: 10.1016/S0305-1978(97)00093-8
- Botschantzeva, Z. P. (1982). Tulips: taxonomy, morphology, cytology, phytogeography and physiology. *CRC Press*. p. 120. ISBN 90-6191-029-3.
- Christenhusz M.J.M., Govaerts R., David J.C. Hall T., Boraland K., (2013) Tiptoe through the tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol.172, pp. 280-328. DOI: 10.1111/boj.12061

- Coskuncelebi K., Terzioglu S., Turkmen Z., Makbul, S., Usta A. (2008) A comparative study on two closely relative *Tulipa* L. taxa from NE Anatolia. *Plant Systematics and Evolution*, vol. 276, pp.191-198. DOI: 10.1007/s00606-008-0094-z
- Eker I., Babac M.T., Koyuncu M. (2014) Revision of the genus *Tulipa* L. (Liliaceae) in Turkey. *Phytotaxa*. vol. 157, pp. 103-112.
- Epiketov V.G., Belyalov O.V. (2013) Novye vid roda *Tulipa* L. (Liliaceae) iz Kazakhstan [New species of the genus *Tulipa* L. (Liliaceae) from] *Turczaninowia*, vol.16 (3), pp.5-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.16.3>
- Everett D (2013) The genus *Tulipa*. *Tulips of the World* Kew Publishing. Kew, pp. 380.
- Ibrahim M.F., Hussain F.H.S., Zanoni G., Vidari G. (2017) The main constituents of *Tulipa systola* Stapf. roots and flowers; their antioxidant activities *Natural Product Research*. vol. 31, pp.2001-2007. DOI: 10.1080/14786419.2016.1272107
- Ivaschenko A.A. (2005) Tulips and other bulbs plants of Kazakhstan. *Almaty*, 192 p.
- Ivaschenko A.A. (2009) Tyulpan Ostrovskogo (*Tulipa ostrowskiana* Regel) v prirode i culture [Tulipa ostrowskiana Regel] in nature and culture] *Vestnik Kievskogo natsionalnogo universiteta Tarasa Shevchenka* vol.22-24, pp.124-126.
- Ivaschenko A.A.(2017) Monitoring dikorastuschiy tyulpanov proizrastayuschie na territorii Kazahstana [Monitoring of wild tulips growing on the territory of Kazakhstan] *Respublikanskaya nauch.-prak. konferentsii «Aktualnyie problemyi sovremennoy biologii i sohraneniya bioresursov Respubliki Kazahstan»*. vol.1, pp 35-37.
- Kashin A.S., Petrova N.A., Shilova, I.V. (2017) Some Features of the Environmental Strategy of *Tulipa gesneriana* L. (Liliaceae, Liliopsida). *Biology Bulletin*. vol.44, pp.1237-1245. DOI: 10.1134/S1062359017100053
- Kokoreva I.I., Otradnyih I.G., S'edina I.A., Lyisenko V.V. (2013) Redkie vidyi rasteniy Severnogo Tyan – Shanya (populyatsiy, morfologiya, ontogeneticheskaya vozobnovlennye) [Rare plant species of the Northern Tien Shan (populations, morphology, ontogeny, renewal)] pp. 208 s.
- Krasnaya kniga Kazahstana (2014) [Red book of Kazakhstan] Chast 1. Rasteniya, *Almaty*, 452 p.
- Kutlunina N. A., Belyaev A.Y., Knyazev M.S. (2016) The structure of genotypic diversity and the possibility of sexual reproduction in populations of *Tulipa riparia* (Liliaceae). *Russian Journal of Ecology*, vol. 47, pp.412-418. DOI: 10.1134/S1067413616040111
- Lakin G.F. (1990) Biometriya [Biometrics]. *Vysshaya shkola*, pp.352.
- Li P., Lu R.S., Xu W.Q., Ohi-Toma T., Cai M.Q., Qiu Y.X., Cameron K.M., Fu C.X. Comparative Genomics and Phylogenomics of East Asian Tulips (Amana, Liliaceae). *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.00451
- Maltseva S.Y. (2015) Rare and protected species in urban flora of Genichesk. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelni茨kiy Melitopol State Pedagogical University*, vol. 5, pp. 105-114. DOI: 10.7905/bbmstu.v5i1.966
- Maslanka M., Bach A. (2005) Effect of abscissic acid on the morphology of tulip (*Tulipa* L.) somatic embryos // *Acta Biologica Cracoviensis Series Botanica*, vol. 47, pp. 73.
- Polyakov P.P. (1958) Rod tyul'panov – *Tulipa* L[Genus of tulips – *Tulipa* L].*Flora Kazahstana*.vol.2, pp.289.
- Permyakov A.I. (1988) Mikrotehnika [Microelectronics] Izd. MGU, pp.58.
- Pregozhin Yu.V. (2013) Novye vidyi tyulpanov iz Severnogo Kazahstana. [New species of tulips from Northern Kazakhstan] *Botanicheskiy zhurnal*,vol. 98(12), pp.1558 – 1563.
- Qu L.W., Xue L., Xing G.M., Zhang Y.Q., Chen J.J., Zhang W., Lei J.J. (2018) Karyotype analysis of eight wild *Tulipa* species native to China and the interspecific hybridization with tulip cultivars *Euphytica*, vol. 214,p.45-50 DOI: 10.1007/s10681-018-2151-1.Rabotnov T.A. (1950) Voprosy izuchenija sostava populyatsiy dlya tseley fitotsenologii [Questions of studying the composition of populations for the purposes of phytocenology]. Problemyi botaniki, pp.465-483.
- Ryabushkina N.A., Abugalieva S.I., Turuspekov E.K.(2016) Problema izuchenija i sohraneniya bioraznoobraziya flory Kazahstana[The problem of studying and conserving the biodiversity of the flora of Kazakhstan]. Eurasian Journal of Applied Biotechnology. vol.3, pp.13-23.
- Serebryakov I.G. (1952) Morfologiya vegetativnyih organov vysshikh rastenij [Morphology of the vegetative organs of higher plants] Moskva, pp. 240.
- Turuspekov Y., Abugalieva S. (2015) Plant DNA barcoding project in Kazakhstan. *Genome*, vol.58 (5), pp. 290.
- Uranov A.A. (1975) Vozrastnyj spektr fitotsenopopulyatsiy kak funktsiya vremeni i energeticheskikh volnovyih protsessov [Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes] Biol. nauki,vol 2,pp.7 – 33.
- Van Raamsdonk L.W.D., de Vries T. (1995) Species relationships and taxonomy in *Tulipa* subg. *Tulipa* (Liliaceae). *Plant Syst Evol*, vol.195, pp.13-44.
- Zonneveld J. M., de Groot J. J., (2012) *Tulipa kolbintsevii* Zonn., a new species from Eastern Kazakhstan. *Plant Syst. Evol.*, vol. 289, pp.1293-1296. DOI: 10. 1007 /s00606-012-0635-3
- Zonneveld J.M. (2009) The systematic value of nuclear genome size for “all” species of *Tulipa* L. (Liliaceae). *Plant Syst Evol*, vol. 281, pp. 217-245. DOI: 10. 1007 /s00606-009-0203-7

¹Аметов А., ²Чилдибаева А., ³Сулейменова Н., ⁴Елепбай Г.

¹б.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., е-mail: abibulla.ametov@kaznu.kz

²ага оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., е-mail: asel.childibaeva@kaznu.kz

³магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,
e-mail: suleimen.nazgul@gmail.com,

⁴магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,
e-mail: gulaiym2020@mail.ru

ҚАПШАҒАЙ СУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯСЫНАН ТӨМЕНГІ АҒЫСЫ АҢҒАРЫНЫҢ ФЛОРАСЫ МЕН ӨСІМДІКТЕР ЖАБЫНЫНЫҢ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАНУЫ

Макалада Іле өзенінің Қапшагай су электростанциясынан төменгі ағысының өсімдіктер жабыны мен флоралық құрамының трансформациялануы туралы сөз болды. Іле өзеніне Қапшагай су электростанциясының салынуына байланысты, оның ортаңғы және төменгі ағысында үлкен экологиялық өзгеріс орын алды. Іле өзенінің сүйнің деңгейі күрт төмендеді, өзен жайылмасын су баспайтын болды, нәтижесінде ірілі-ұсақты көлшіктердің сүйе тартылып, жер асты сүйнің деңгейі төмендеді. Мұның өзі топырақ және өсімдіктер жабының өзгеруіне әкеlei соқтырды. Іле өзені алқабындағы қамысты-қоғалы қопалар жойылды, олардың аздаған қалдықтарын аралдардан және өзенінің негізгі арнасының жағалауынан кездестіруге болады. Жасамал ағаштар мен бұталардың қурап өлуіне байланысты тоғайлар сиреді. Өзен жайылмасындағы бұрынғы шалғындықтар жойылды. Олардың орнына негізінен арамшөптерден тұратын жаңа өсімдіктер жамылғысы пайда болды. Қазіргі кезде Іле өзенінің Қапшагай су электростанциясынан төменгі ағысында өсімдіктер жабыны мен флоралық құрамының трансформациялануы белсенді түрде жүріп жатыр. Соңдықтанда Іле өзенінің Қапшагай су электростанциясынан төменгі ағысында өсімдіктер жабынына тұрақты түрде мониторинг жүргізіп, ондағы экологиялық өзгерістерді бақылауда ұстауды ұсынады.

Түйін сөздер: фитоценоз, флора, популяция, экотоп, реликт, эндемик.

¹Ametov A., ²Childibaeva A., ³Suleyменова Н., ⁴Elepbay G.

¹candidate of biological sciences, assistant professor, Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: abibulla.ametov@kaznu.kz

²senior lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: asel.childibaeva@kaznu.kz
³master student, Biodiversity and bioresources department of Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: suleimen.nazgul@gmail.com

⁴master student, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: com, gulaiym2020@mail.ru

Transformation of flora and vegetation in the lower reaches of the Ili River (below the Kapchagai HPP)

The article considers the floral composition and transformation of the vegetation cover in the middle reaches of the Ili River (below the Kapchagai Reservoir). It is noted that in connection with the construction of the Kapchagai HPP on the Ili river, in its middle and lower reaches, huge ecological changes took place. It has fallen sharply the level of water in the river and its floodplain is no longer flooded resulting in a dried up all the small lakes along the river and groundwater levels fell. This led to a change in the soil and vegetation cover. Gone reed, reed mace Kamysheva and thickets of small remnants can be found only on the islands and along the main channel of the river Ili. As a result of drying of mainly old-aged individuals of trees and bushes, tugai thinned out. In the floodplain of the river, there were no former meadows with hayfields. In their place, other plant groups appeared, consisting mainly of weedy species

of plants. Currently, the transformation of vegetation cover and floristic composition is actively proceeding below the Kapchagai HPP. Considering this, the authors propose to constantly monitor the state of flora and vegetation here, and thereby keep the ecological situation below the Kapchagai hydroelectric power plant under control. Article considers the floral composition and transformation of the vegetation cover in the middle reaches of the Ili River (below the Kapchagai Reservoir). It is noted that in connection with the construction of the Kapchagai HPP on the Ili River, in its middle and lower reaches, huge ecological changes took place. The water level in the river has sharply dropped, its floodplain has ceased to be flooded, as a result of which all small lakes along the river withered and the level of groundwater dropped. This led to a change in the soil and vegetation cover. The reed, reed and corn cobs disappeared, their small remains can be found only on the islands and along the main riverbed of the Ili River. Tugai disappeared as a result of the drying up of predominantly age-old individuals of trees and shrubs. In the floodplain of the river, there were no former meadows with hayfields. In their place, other plant groups appeared, consisting mainly of weedy species of plants. Currently, the transformation of vegetation cover and floristic composition is actively proceeding below the Kapchagai HPP. Kapchagayskaya HPP constantly monitor the vegetation and thereby keep under control an ecological stop.

Key words: phytocenosis, flora, population, ecotope, relic, endem.

¹Аметов А., ²Чилдибаева А., ³Сулейменова Н., ⁴Елепбай Г.

¹к.б.н., доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: abibulla.ametov@kaznu.kz

²ст.преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: asel.childibaeva@kaznu.kz

³магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: suleimen.nazgul@gmail.com

⁴магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: Gulaiym2020@mail.ru

Трансформация флоры и растительного покрова в нижнем течении реки Или (ниже Капчагайской ГЭС)

В статье рассматривается флористический состав и трансформация растительного покрова в среднем течении реки Или (ниже Капчагайского водохранилища). Отмечается, что в связи со строительством Капчагайской ГЭС на р.Или, в ее среднем и нижнем течении произошли огромные экологические изменения. Резко упал уровень воды в реке, ее пойма перестала затапливаться, в результате чего засохли все мелкие озера вдоль реки и упал уровень подземных вод. Это привело к изменению почвенного и растительного покрова. Исчезли тростниковые, камышевые и рогозовые заросли, их небольшие остатки можно встретить только на островах и вдоль основного русла реки Или. В результате засыхания преимущественно старовозрастных особей деревьев и кустарников поредели тугай. В пойме реки не осталось прежних лугов с сенокосными угодьями. На их месте появились другие растительные группировки, состоящие преимущественно из сорных видов растений. В настоящее время ниже Капчагайского ГЭС активно идет трансформация растительного покрова и флористического состава. Учитывая это, авторы предлагают постоянно проводить здесь мониторинг за состоянием флоры и растительности, и тем самым держать экологическую обстановку ниже Капчагайской гидроэлектростанции под контролем.

Ключевые слова: фитоценоз, флора, популяция, экотоп, реликт, эндем.

Кіріспе

Іле өзеніне Қапшагай су электростанциясы салынғалы оның төменгі ағысында келенсіз экологиялық жағдай қалыптасты. Өзен маңындағы үлкенді-кішілі көлшіктердің сұры тартылып алдымен батпаққа, кейін тақырга айналды. Көлшіктер жағасындағы бұрынғы қамысты-қоғалы қопалар жойылды. Өзен жайылмасын бұрынғыдай жылма-жыл су баспайтын болды. Соған сәйкес жерасты сүйнің деңгейі төмендеп, тоғырақ құрамы өзгеріп сорлана түсті. Осылан байланысты өзен жағалауындағы тогайлар сиреп, ағаштар өле бастады. Қазіргі кезде өзен

жайылмасында бұрынғыдай шабындық жок, өсімдіктер жабыны мен флоралық құрамы өзгеріске ұшыраған. Пайдалы малазықтық, техникалық өсімдіктердің орнына арамшөптер қаптап өсе бастаған. Сондықтан Іле өзенінің Қапшагай су электростанциясынан төменгі ағысының флорасы мен өсімдіктер жабынының трансформациялану деңгейіне және сирек кездесетін эндемдік түрлердің қазіргі кездегі жағдайна баға беру аса маңызды өзекті мәселенің бірі.

Іле өзенінің төменгі ағысында соңғы 48 жылда қалыптасқан экологиялық жағдайға, сол жердің өсімдіктер жабыны мен флоралық

құрамына зерттеу жүргізу арқылы баға беріп, бақылауда ұстай мүмкін болмақ.

Іле өзенінің тәменгі ағысының флорасы мен өсімдіктер жабының трансформациялану деңгейі және оның қарқындылығы анықталды. Сонымен бірге сирек кездесетін эндемдік түрлердің қазіргі кездегі жағдайына баға берілді. Оларды жойылып кетуден сактау үшін Іле экспериментальды ботаникалық бағында мәдени жағдайда өсіру ұсынылды.

Іле өзенінің тәменгі ағысының флорасы мен өсімдіктер жабынына Қапшағай су электростанциясы салынғанға дейінгі жүргізілген М.П. Пташицкий (1930: 120), Н.И. Рубцов (1941: 264-271), Н.Т. Агееваның (1964: 63-75) жұмыстарына, салынғаннан кейінгі Р.И. Плисак (1981: 206), Н.П. Огарьдің (1999: 24) жұмыстарына талдау жасалынды [1-5].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу материалдарына: Іле өзені аңғарының Қапшағай су электростанциясынан тәменгі ағысының өсімдіктер жабыны мен флорасы болып табылады. Гербарий жинау және оларды кептіру А.К. Скворцов (1977: 199) бойынша жүргізілді [6]. Өсімдіктерді анықтағанда 9-томдық “Қазақстан флорасын” (1956-1966) және 2 томдық «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» (1969-1972) деңгей кітаптарды пайдаландық [7, 8]. Өсімдіктердің наменклатурасын С.А. Абдуллина (1998: 187) және С.К. Черепанов (1995: 516) бойынша қарал түзеттік [9, 10]. Өсімдіктер жабынын сипаттағанда ТМД елдерінде көптеп қолданылып келе жатқан геоботаникалық бланкілерді толтыру арқылы жүргіздік. Бұл Қазақстан Республикасының табиғи жайылымдықтары мен шабындықтарын зерттеудің маршруттық тәсілінің Инструкциясына толығымен сай келеді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Іле өзені аңғарының тәменгі және ортаңғы ағысының өсімдіктерінің тізімін алғаш рет М.П. Пташицкий (1913: 163) жариялаған [1]. Ол тізімде 57 тұқымдастық жататын 287 түр берілген. Іле өзенінің ортаңғы және тәменгі ағысының өсімдіктер жабынын алғашқылардың бірі болып Р.И. Аболин (1930: 120), Н.И. Рубцов (1941: 264-271) зерттеген [2, 11]. Кейіндеу Іле өзені аңғарында зерттеу жұмыстарын Н.В. Павлов (1947: 552), Л.П. Гвоздева (1949: 89-94) зерттеген [12, 13]. Іле өзеніне Қапшағай

су электростанциясы салынардың алдында оның ортаңғы ағысының өсімдіктер жабынын арнайы тапсырмамен Н.Т. Агеева (1964: 63-75) тыңғылықты зерттеген [3]. Олар өзен аңғарының өсімдіктер жабынын былайша бөлгөн: су-жағалық, шалғындық, шалғынды-соранды, сонымен қатар оазис шекарасындағы шөлденген жерлердегі өсімдіктердің фрагменттері деп карастырған. Олардың әрқайсысында кездесетін өсімдіктер қауымдастықтарына және ондағы өсімдік түрлеріне ерекше мән берген. Ең бастысы олар мынадай жорамал жасаған. Егер Іле өзеніне болашекта Қапшағай су электростанциясы салынғар болса, онда оның тәменгі ағысында өсімдіктер жабыны, су режимінің бұзылуына байланысты құрт өзгеріске ұшырайды деп болжам жасаған. Бүгінгі күні сол болжамның дұрыс жасалғандығына көз жеткізіп отырымыз.

1970 жылы Қапшағай су электростанциясы салынғаннан кейін Іле өзенінің тәменгі ағысының флорасы мен өсімдіктер жабынын зерттеу қарқынды жүргізілді. Оған ботаника институтының білікті мамандары тартылды. Бұған есіреле Р.И. Плисак (1981: 206), Н.П. Огарь (1999: 24), Е.И. Рачковская, Л.Я. Курачкина, Р.П. Плисак (1990, 23-28), Р.П. Плисак, Н.Т. Огарь, Б.М. Султанова, Н.Т. Тажаулова (1991: 189-191) үлкен үлес қости [4, 5, 14]. Р.И. Плисак Іле өзенінің тәменгі ағысының өсімдіктер жабының 1980 жылдардағы жағдайына баға бере келіп, оны қорғаудың және тиімді пайдаланудың жолдарына накты ұсыныстар берген. Соңғы жылдарды Іле өзенінің тәменгі жағындағы ағысының өсімдіктерін әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың ғалымдары З.А. Инелова (2009: №1 (40), 16-20), З.А. Инелова, А.А. Аметов, С.Т. Назарбекова (2006: 53-55), Н.М. Мухитдинов, А.А. Аметов, К.Т. Абидкулова, Л.Н. Карапшолакова (2013: №11-ч.1. 95-100), сонымен қоса А. Lebeda, (2012), A. Bischoff, (2018), A. Gaberscik, (2018), J.K. Howard (2018), D. Lauterbach (2010), G. Sramko (2014) шетел ғалымдары да зерттеген [15-24].

Біздер Іле өзенінің тәменгі ағысының негізгі және жанамаларының өсімдіктер жабынының және флоралық құрамының қазіргі кездегі жағдайына баға беру мақсатында 2017 жылдың жазында арнайы экспедициямен барып зерттеу жұмыстарын жүргіздік. Өсімдіктер жабынына геоботаникалық сипаттамалар беріп, гербарий жинап, анықтап, оларға флоралық талдау жасадық.

Іле өзенінің жайылмасының өсімдіктер жабынының қалыптасуы тасқын сулардың үнемі өзен арнасынан асып, сай салаларды басып

отыруы жағдайында жүрген. Соған байланысты өзен жайылмасының көптеген жерлерін сүдың-батпақтың өсімдіктері жауып жатқан. Жайылманың су басқан жерлерін қамысты (*Phragmites australis*) қопалар алғып жатқан. Оның шетінде қалың қоғалар (*Typha latifolia*, *Typha angustata*, *Typha angustifolia*, *Typha minima*) өскен. Ақпайтын және баяу ағатын суларда макрофиттер су асты өсімдіктер бірлестіктерін түзген. Суы таяз учаскелерде кірпібас (*Sparganium microcarpum*), шатыршалы теңгебас (*Butomus umbellatus*), өлеңшөп (*Scirpus lacustris*), ал су бетінде балдырышөп (*Lemna trisulca*) өскен. Көп жағдайда қамысты қопаның айналасында бақа суөрігі (*Hydrocharis morus-nastri*), дүңгіршек (*Urticularia vulgaris*) және кіші балдырышөп (*Lemna minor*) секілді өсімдіктер кездескен.

1970 жылдан бастап біртіндеп өзен суының азайып көлшіктердің тартылуына байланысты қамысты және қоғалы қопалар түйнекөлемен бірлестіктерімен (*Bolboschoenus maritimus*, *Bolboschoenus popovii*), содан соң миялы – айрауықты (*Calamagrostis epigeios*, *Glycyrrhiza uralensis*) бірлестіктерімен алмасқан. Батпақты жерлердің құрғауына байланысты шалғынның өсімдіктері біртіндеп сиреп, ол жерлерде қазоты өсімдігінің түрлері басым болып келетін бірлестіктер (*Crypsis aculata*, *Crypsis borszovi*) пайда болған [22].

Төменгі өзен жайылмасында және өзен жағалауының суытаязжерлерінде, қайырларында қоғаларды (*Typha minima*), түйнекөленді (*Bolboschoenus maritime*), сарысояуды (*Xanthium strumarium*), батпақты жерлерде әртүрлі шөпті-қоңырбасты (*Calamagrostis epigeios*, *Epilobium hirsutum*, *Plantago major*, *Triplium repens*) нағыз шалғындық қалыптастқан. Жер асты суы жақын жатқан сор топыракты сайлау жерлерде ажырықтан (*Aeluropus littoralis*) және ақмамықтан (*Ruccinella distans*) тұратын шалғындықтар кездеседі. Бұдан біз соңғы 45 жылда Іле өзеннің Қапшагай ГЭС төменгі ағысының жайылмасының көлшіктері мен батпақты жерлерінің құрғауына байланысты қамысты және қоғалы қопалардың алғып жатқан жер көлемінің қысқарғанын және олардың орнына жаңа өсімдіктер бірлестіктерінің пайда болғандығын айқын аңгарамыз.

Өзен жайылмасының жылма-жыл су шайып отыратын сайлау жазықтықтарындағы бұрынғы шалғындықтар түгелімен жайылған. Ол жерлердің көктемінде көздері біржылдық арамшөптерден тұратын өсімдік жамылғылары алмастырыған.

Олардың негізін имек кәріқыз (*Lappula patula*), жатаған жабысқақ (*Asperugo procumbens*), имек байдана (*Trigonella arcuata*), қалталы ебелек (*Ceratocarpus utriculosus*), көбікше қосмушелік (*Diarthron vesiculagum*) секілді өсімдіктер құрайды. Олардың ішінен көктемінде фонда тауас көкнөрді (*Papaver pavoninum*), каспий наннеясын (*Ronnea caspica*), жатаған арнебаяны (*Arnebia decumbens*), ақшыл ақбасқурайды (*Erysimum bucamthemum*), Лозелиев сарбасқурайын (*Sisymbrium loselii*), түкжеміс таушеряны (*Tauschia lasiocarpa*) кездестіреміз. Кейбір жерлерде нәзік киікоты (*Ziziphora tenuiozr*) жер бетін тұтас жауып тұрады [20].

Сорланған жерлерде *Chenopodiaceae* тұқымдастының өкілдерінің басым бола бастағанын айқын аңгарамыз. Олардың негізін сорандар туысының біржылдық түрлері құрайды (*Salsola microphylla*, *Salsola altissima*, *Salsola poliosa*). Бұл түрлер жаз және күз айларында қалың өсіп, гүлдеп жеміс береді. Солянкалардың өзен жайылмасында қаптап өсуді, осы жердегі байырғы қалыптастқан өсімдіктер жабынының деградацияға ұшырағандығының айқын көрінісі болып табылады. Бұл жерлерден сонымен қатар көкшіл алабұтанды (*Chenopodium glaucum*), ақ алабұтанды (*Chenopodium album*), көкше сораншаны (*Petrosimonia glaucescens*), Гмелин кермегі (*Limonium gmelinii*), іле түйетабанын (*Zygophyllum iliense*) кездестіреміз [24].

Тікелей тогайдың өсімдіктеріне келсек, олардың жыл сайын қурап, азайып бара жатқандығын аңғару қын емес. Әсіресе тораңғыл терегі (*Populus prunosa*), Литвинов терегі (*Populus hitwinawiana*) жойылуға жақын. Оларды тек өзеннің батпақты жағалауынан ғана кездестіруге болады. Құрғақшылыққа төзімді деген түрлі жапырақты теректің (*Papulus dibernifolia*) және үшкір жеміс жиденің де (*Elagnus oxycarpa*) жағдайы қалыпты жағдайдағыдан көп төмен. Мұндай жерлерде сырдария сүттігени (*Euphorbia jaxartica*), түркстан сүттігени (*Eupharbia turkestanica*) қарасора кенепшөбі (*Cannabis ruderalis*) қаптап өседі. Соңғы екі ағаштың жасамал дарактарының өзеннің негізгі арнасынан қашықтаған сайын қурап, өле бастағаны байқалады. Тек өзен жағалауына жақын ылғалды жерлерден ғана бұл өсімдіктердің ювинальдік жіне вергинильдік дарактарын кездестіруге болады. Ал талдардың түрлерінен, каспий талын (*Salix caspica*), құбаталды (*Salix wilhelmsiana*), көкталды (*Salix coerulea*), тек өзеннің негізгі арнасының және айналма қолтықшаларының жағалауынан кездестіреміз.

Бұлардың ішінен каспий талын басқа түрлерінен қарағанда жиірек кездестіруге болады. Бұл түрдің өзен қайырларының жағалауынан және Іле өзеніндегі көктемде қар еріп, жаңбыр жауған кездері су жүретін жанама колтықшаларының батпакты жерлерінен қаптап өсіп түрган ювинильдік және вергинильдік жастық құйлерін кездестіруге болады. Бұталы өсімдіктерден өзен жағалауларында іле раушаны (*Rosa iliensis*), бегергер раушаны (*Rosa begerana*), іле бөріқарақаты (*Berberis iliensis*), іле үшқапты (*Lonicera iliensis*) өседі. Шөлді аймақта, оның ішінде Іле жағалауында кездесетін бұталардың негізін жыңғылдың түрлері құрайды. Олардың ішінде әсіресе қызыл жыңғылды (*Tamarix ramosissima*) жіңі кездестіреміз. Бұл өсімдік пен су арасындағы теріс корреляцияны және электр өткізгіштігін тудыруды, өйткені бұл әсер гидрологиялық градиенттің жойылды [18].

Бірақ осы жыңғылдың өзі суга, яғни өзен жағалауына жақын жерлердеға жақсы өседі. Ал өзен жағалауынан қашықтаған сайын, әсіресе сорланған жерлерде бұл түрдің өзі курап, нашар жағдайда болатындығын аңғару қын емес. Сонымен Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысының экологиялық жағдайының үлкен өзгеріске ұшырағанын көреміз. Оның басты белгісі өзен жағалауындағы байырғы қалыптасқан, шалғындықтардың орнына шаруашылық пайдасы жоқ арамшөптердің қаптап өскені болып табылады. Бұл әсіресе судың жағалауында және батпакты жерлерде өсетін өсімдіктерден айқын аңғарылады. Олардың түрлерінің сандық көрсеткіштерінің күрт кемігенін және басқа өсімдік түрлерімен алмасқанын көреміз. Бұл өзгерістер сөз жоқ Іле өзенінің төменгі ағысында өзен суының деңгейінің төмендеуімен, соған байланысты жерасты суының да деңгейінің төмендеуімен және өзен жайылмасын бұрынғыдан жылма жыл субаспауымен тікелей байланысты. Бір сөзben айтқанда Іле өзенінің төменгі ағысында және Балқаш көлінің онтүстігінде шөлдену процесі қарқынды жүріп жатыр дегенді білдіреді. Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысының флорасына жүргізген зерттеу мына төмендегідей нәтиже берді [19].

Флораның таксономиялық құрамы. Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысының жағалауынан 2017 жылдың жазында жоғары сатыдағы өсімдіктердің 47 тұқымдаска, 117 туысқа жататын 182 түрінен гербарий жиналық.

Жоғары сатыдағы споралы өсімдіктерден *Equisetophyta* бөліміне жататын *Equisetum*

arvense L. деп аталатын бір гана түр кездеседі. *Gymnospermatophyta* бөлімінен *Ephedra distachya* деген түр кездеседі. *Angiospermatophyta* бөлімі үлкен басымдыққа ие [23]. Онда 180 түр бар, оның 122 түрі (67,0%) қосжарнақтылар класына, ал 58 түрі (31,4%) даражарнақтылар класына жатады. Жетекші тұқымдастардан бірінші орында *Poaceae* тұрады 18 түр (9,9%), екінші орында *Asteraceae* 17 түр (9,3%), үшінші орында *Fabaceae* 12 түр (6,6%). Төртінші орынды *Brassicaceae* (11 түр немесе 6,0%) және *Patomogetonaceae* (11 түр немесе 6,0%) тұқымдастары бөліссе, бесінші орынды *Chenopodiaceae* (10 түр немесе 5,5%) және *Polygonaceae* (10 түр немесе 5,5%) тұқымдастары бөліседі. Осы жетекші тұқымдастарға 89 түр (48,8%) жатады. Қалған 40 тұқымдастың әркайсысында 1-ден, 2-ден, 3-тен түрлері бар. Олардың жиынтығы 92 түрді құрайды. Ол осы жердің флорасының 51,2% құрайды.

Тіршілік формаларына талдау. Өсімдіктердің тіршілік формаларынан Раункиердің классификациясы бойынша ең көп кездесетіні гемикриптофиттер, яғни көп жылдық шөптесін өсімдіктер 94 түр (51,60%). Екінші орында терофиттер, яғни даму циклы қысқа уақыт аралығында өтетін бір, екі жылдық өсімдіктер тұрады 57 түр (31,3%), Нано және микрофанерофиттерді 9 түр (4,6%) құрайды. Хамеофиттер немесе жартылай бұталар мен жартылай бұташықтардың сандық көрсеткішін 7 түр (3,8%) құрайды. Макрофанерофиттерді, немесе ағаштарды 5 түр (2,7%) құрайды. Ағаштар өзен жағалауына жақын жерлерде топтанып өседі. Ал өзен жағалауынан қашықтау жерлерде олардың курап өле бастағандарын аңғару қын емес. Мұның екі себебі бар деуге болады. Біріншіден, Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысы жағалауын көптен су баспайды, соған сәйкес өзен жайылмасының жерасты суының деңгейі төмендеген, екіншіден, өзен жайылмасының топырағының құрамындағы тұздардың мөлшері артқан. Негізінен ағаштардың қурауы осы аталған екі фактордың әсерінен жыл өткен сағын артуымен тікелей байланысты десек қателеспейміз. Лианаларды екі түр құрайды, олар *Clematis glauca* және *Clematis rientalis* [20].

Экологиялық типтеріне талдау. Экологиялық типтерден Іле өзені аңғарында мезофиттер басым келеді 57 түр (31,3%). Бұл заңдылық, өйткені өзен аңғарында ауаның және топырақтың ылғалдылығы біршама жоғары болады, соған сәйкес ерекше микроклимат қалыптасады. Бұл жерлер мезофиттерге қолайлышы. Екінші орында

ксерофиттер 36 түр (19,7%), үшінші орында мезоксерофиттер тұрады 25 түр (13,7%). Гидрофиттердің түрлік құрамы 17, бірақ олардың сандық көрсеткіші өте төмен. Тіптен бірқатар түрлері жойылуға жақын. Оларды өзеннің негізгі арнасының жағасынан ғана кездестіруге болады. Ксеромезофиттерге 8 түр (4,39%), ал гидромезофиттерге 5 түр (2,74%) жатады. Нағыз галофиттердің 6 түрі (3,29%), ал псаммофиттердің 1 ғана түрі кездеседі. Өсімдіктердің экологиялық типтің мұндай көрсеткіші өзен жайылмасы мен аңғарының қазіргі қалыптастасқан жағдайына то-лық сай келеді [21].

Пайдалы өсімдіктер топтары. Іле өзеннің Қапшагай су электростанциясынан төменгі ағысынан жиналған өсімдіктерді Н.В. Павловтың (1947: 552) классификациясы бойынша пайдалы қасиеттеріне қарай 20 топқа бөлдік [12]. Олардың ішінде бірінші орында эрозияға қарсы тұратын өсімдіктер тұрады. Бұларға ағаштар, бұталар, жартылай бұталар, бұтақшықтар және көпжылдық шөптектес өсімдіктер жатады. Барлығы 117 түр. Бұл осы өзен алқабының флорасының 64,2% құрайды. Олардың ішінде ағаштардың, бұталардың және тамырсақтывы өсімдіктердің топырақты бекітуде алатын орны ерекше. Бір жылдық және екі жылдық өсімдіктерді әдette бұл топқа жатқыза бермейді, бірақта топырақ бетін желден болатын эрозиядан қорғау тұрғысынан қарағанда бұлардың да алатын орны ерекше. Сондықтанда эрозияға қарсы тұратын өсімдіктердің тобына біржылдық және екіжылдық өсімдіктерді ендіріп, олардың пайызыдық көрсеткішін 100% жеткізсек қате болмайды. Екінші орында малазықтық өсімдіктер 51 түр (28,02%), үшінші орында арамшөптер 45 түр (24,7%) тұрады. Бұл жерде малазықтық өсімдіктердің жақсы және өте жақсы желінетін құнды түрлері алынып отыр. Шын мәнінде арамшөптердің бірқатар түрлерін малдар орташа немесе нашарлау жайды. Өсіресе құргакшылық жылдары, жем-шөп қоры тапшы кездерде малдар құндылығы төмен арамшөптермен қоректенуге мәжбүр болады. Арамшөптердің түрлік құрамы 45 болғанымен олардың сандық көрсеткіші жоғары болады. Сол себептен арамшөптер өзен аңғарының көптеген жерін жауып тұрады. Бұл көрініс көктемгі фонда айқын байқалады. Осы кезде *Chenopodiaceae*, *Pavaceae*, *Brassicaceae* тұқымдастарына жататын арамшөптер жер бетін тұтастай жауып, қаптап өседі. Төртінші орында дәрілік өсімдіктер тұрады 23 түр (12,6%). Бұл сөз жоқ жоғары көрсеткіш болып

табылады. Бесінші орында тағамдық өсімдіктер 18 түр (9,8%) құрайды. Одан әрі пайдалы өсімдіктердің топтары төмендеу бағытында мына ретпен орналасады. Бал жинайтын өсімдіктерді 14 түр (7,6%) құрады. Улы өсімдіктердің 16 түрі (8,7%), сәндік өсімдіктердің 13 түрі (7,1%) және эфирмайлы өсімдіктердің 12 түрі (6,6%), техникалық өсімдіктердің 7 түрі (3,5%), отын ретінде пайдаланатын өсімдіктердің 6 түрі (3,2%), илік заттар алынатын өсімдіктердің 5 түрі (2,7%), бояу алынатын өсімдіктердің 5 түрі (2,7%) кездеседі. Витаминдік және талышқалынатын өсімдік топтарының әрқайсысында 4-тен түр бар. Оларды қосып алғанның өзінде пайызыдық көрсеткіші 4,38%-де аспайды. Крахмал және шынымайы алынатын, қағаз өндірілетін өсімдік топтарының әрқайсысында 3 тен түр бар. Қалған топтардың әрқайсысында 1-ден, 2-ден түрлер кездеседі [25, 26].

Іле өзеннің алқабында пайдалы өсімдіктердің 20-дай тобының болуын үлкен байлық деп түсінеміз. Бұл сөз жоқ табиғи ресурс, бірақ оны тиімді пайдалану мәселесін зерттеу жұмыстарын жүргізу арқылы ғылыми негізде жолға қоюымыз керек.

Іле өзеннің Қапшагай су электростанциясынан төменгі ағысының флорасына жасалған географиялық талдаудың нәтижелері мынаны көрсетеді. Бұл жердің флорасы әртүрлі географиялық элементтердің жиынтығынан тұрады. Біздің есептеуімізше 40-тай флоралық элементтің өкілдерін кездестірдік. Олардың ішінде палеарктикалық элементтердің өкілдері ерекше басымдыққа ие 41 түр. Бұл осы жердің флорасының 26,3% құрайды деген сөз. Екінші орында голарктикалық элементтер тұрады 12 түр (10,49%), үшінші орында космополиттер 12 түр (6,59%), төртінші орында тұрандық - ирандық элементтер 8 түр (4,39%) құрады. Қалған географиялық элементтердің әрқайсысында 1-ден, 2-ден, 3-тен түрлері кездеседі.

Сирек кездесетін эндемдік түрлерден Іле өзенні аңғарынан 6 түр анықталды. Оларға *Berberis iliensis*, *Zygophillum iliense*, *Haplophyllum multicaule*, *Lonicera iliensis*, *Artemisia heptapotomica* және *Tulipa behmaniana* өсімдіктері жатады. Олардың популяцияларының қазіргі кездегі жағдайын қанагаттандырлық деп айтуда болады. Бірақта олардың ареалының тарылып бара жатқаны еш күмән келтірмейді. Сондықтан бұл өсімдік түрлерін Іле эксперименталдық ботаникалық бағында мәдени жағдайда өсіруді ұснамыз.

Қорытынды

Қорыта келе айтарымыз, Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысында экологиялық жағдай құрт төменде-ді. Өзен бойындағы үлкен-кішілі көлшіктердің сұзы тартылған, олардың айналасындағы қамысты-қоғалы копалар жойылған, тоғайлар сиреген, өзен жайылмасындағы шалғындықтардың өсімдіктерінің түрлік құрамы өзгерген. Судың және батпақты жерлердің өсімдіктерінің түрлік құрамы мен сандық көрсеткіштері кеміген. Оның басты себебі Қапшағай су электростанциясының салынуына байланысты. Іле өзенінің төменгі ағысына келетін судың мөлшері құрт азайған (шамамен 110 м³/с), сол себепті Балқаш көлінің деңгейінің төмендеуі орын алған. Бұл түтеп келгенде Іле өзенінің төменгі ағысының және Оңтүстік Балхаш өндірінің экологиялық жағдайының құрт төмендеуіне әкеліп соқтырған. Бұрынғы қамысты-қоғалы копалар түгелімен жойылған. Олардың қалдықтарын Іле өзенінің негізгі арнасының аралдары мен қайырларының айналасынан ғана кездестіреміз. Өзен жайылмасындағы өсімдіктер жабыны деградацияға ұшыраған.

Арамшөптердің сандық көрсеткіштері мен түрлік құрамы артқан. Бір сөзben айтқанда Іле өзені аңғарында өсімдіктер жабыны мен флорасының трансформациялануы айқын аңғарылады. Оны осы жердің флорасына жүргізілген талдаудан айқын байқауға болады. Жетекші тұқымдастарына *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Patomogetonaceae*, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae* жатады. Осы тұқымдастардың өкілдері өзен аңғарының флорасының 48,8% құрайды. Өсімдіктердің экологиялық типтерінен мезофиттер басым келеді. Бірақта ксерофиттердің екінші орында тұруы, бұл жерде шөлдену процесінің қарқынды жүріп жатқанын білдіреді. Пайдалы өсімдік топтарынан арамшөптердің түрлерінің сандық көрсеткішін былай қойғанда, олардың түрлік құрамының өзі ушінші орында тұр. Бұл да шөлдену процесінің қарқынды түрде жүріп жатқандығының бір көрінісі. Сондықтанда Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысынан бірнеше участкерді белгілеп, олардың флорасы мен өсімдіктер жабынына тұрақты түрде мониторинг жүргізу қажет. Бұл осы аймақтың экологиялық жағдайын бақылауда ұстауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

- Пташницкий М.П. Растительность бассейна нижнего течения р. Или // Труды почвенно-ботанических экспедиций по исследованию консолидационных районов Азиатской России. – СПб., 1909 – 1913., 163с.
- Рубцов Ф.Н. Заметки о растительности дельты р. Или Растительность Казахстана. – М.: «Наука», 1941. Т. 2. – С. 264-271.
- Агеева Н.Т. Приилийские тростники // Труды института ботаники АН КазССР. – 1964. – 3 том 19. – С. 63-75.
- Плисак Р.П. Изменение растительности дельты р.Или при зарегулировании срока. – Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1981. – С 206.
- Огарь Р.П. Растительность долин рекаридных и семинаридных регионов континентальной Азии: автореферат // Д-ра биол.наук: 03.00.05 – ботаника. – Алматы, 1999. – С. 24.
- Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – М.: «Наука», 1977. – С. 199.
- Флора Казахстана: В 9 томах. – Алма-Ата. – Т. 1-9. – 1956-1966.
- Иллюстрированный определитель растений Казахстана Т.1, Т.2. – Алматы: «Наука» Казахской ССР, 1969-1972.
- Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – М.: «Наука», 1998. – С. 187.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопределенных государств / Университет Кэмбридж. – 1995. – С. 516.
- Аболин Р.И. От пустынных степей Прибалхашья до снежных вершин Хан-Тенгри. – М., 1930. – С. 120.
- Павлов Н.В. Растительное сырье Казахстана. – М., 1947. – С. 552.
- Гвоздева Л.П. Растительные ресурсы низовий р.Или // Вестник АН КазССР. – 1949. – №6 (51). – С. 89-94.
- Плисак Р.П., Огарь Н.Т., Султанова Б.М., Тажаулова Н.Т. Охрана, восстановление и рациональное использование растительности низовьев р.Или в условиях зарегулированного стока// Ландшафтно-экологические основы природопользования и природоустройства. – Целинград, 1991. – С. 189-191.
- Инелова З.А. К вопросу об истории формирования флоры долины среднего и нижнего течения р. Или // Вестник. Серия биологическая. – 2009. – № 1 (40). – С. 16-20.
- Инелова З.А., Аметов А.А., Назарбекова С.Т. К высшей водной и прибрежно-водной флоре р. Или // Байтеповские чтения – 2 труды III Международной конференции, посвященной памяти выдающихся ботаников Казахстана. – Алматы, 2006. – С. 53-55.
- Мухитдинов Н.М., Аметов А.А., Абидкулова К.Т., Караполакова Л.Н. Современное состояние популяций редкого и эндемичного вида *Lonicera iliensis Pojark* // Международный журнал экспериментального образования, Франция, Париж. – 2013. – №11-ч.1. – С. 95-100.

Gaberscik A., Krek J.L., Zelnik I. Habitat diversity along a hydrological gradient in a complex wetland results in high plant species diversity // Ecological Engineering. – 2018. – V.: 118. P: 84-92. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2018.04.017

Howard J.K., Fesenmyer K.A., Grantham T.E. A freshwater conservation blueprint for California: prioritizing watersheds for freshwater biodiversity// Freshwater Science. – 2018. – V. 37, I.2. – P.: 417-431. DOI: 10.1086/697996

Bischoff A., Hoboy S., Winter N., Warthemann G. Hay and seed transfer to re-establish rare grassland species and communities: How important are date and soil preparation? // Biological conservation. -2018. – V. 221. – P.: 182-189. DOI: 10.1016/j.bioccon.2018.02.033

Lauterbach D., Ristow M., Gemeinholzer B. Genetic population structure, fitness variation and the importance of population history in remnant populations of the endangered plant *Silene chlorantha* (WILLD) Ehrh. (Caryophyllaceae). // Plant Biology. – 2011. – № 13(4). – P.667-777. DOI 10.1111/j.1438-9677.2010.00418.x.

Lebeda A., Kitner M., Kristkova E., Dolzalova I., Beharav A. Genetic polymorphism in *Lactuca aculeata* populations and occurrence of natural putative Hybrids between *L. aculeata* and *L. serriola* // Biochemical Systematics and Ecology. – 2010. – № 42. – P 113-123. DOI 10.1016/j.bse. 2012.02.008.

Sramko G. Molnar V.A., Hawkins J.A., Bateman R.M. Molecules phylogeny and evolutionary history of the Eurasian orchid genus *Himantoglossum* S.I. (Orchidaceae) // Annals of Botany. – 2014. – V. 114. – P.1609-1636. DOI: 10.1093/aob/mcu179.

Caujape-Castells J., Marrero-Rodriguez A., Baccarani-Rosas N., Cabrera-Garica N., Vilches-Navarrete B. Population genetics of the endangered Canarian endemic Atractylis arbuscula (Asteraceae): implications for taxonomy and conservation // Plant systematics and evolution. – 2008. – № 81 (3). – P. 745-758.

Peakall R., Smouse P.E. GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update // Bioinformatics. – 2012. – №28. – P.2537-2539.

Almerekova Sh.S., Mukhiddinov N.M, Kurmanbayeva M.S. Biometric data of anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Pxytropis almaatensis* Bajt. In Trans-Ili Alatau mountains (Kazakhstan) // al-Farabi KazNU Vestnik Biological series. – 2016. – №3(68). – P.4-13.

References

Abdulina S.A. (1998) Spisok sosudistyh rastenii Kazakhstana [List of vascular plants of Kazakhstan]. Moscow: "Science", 187 p.

Abolin R.I. (1930) Ot pustynnyh stepei Pribalashya do shezhnyh vershin Chan-Tengri[From the desert steppes of Pribalash to the snowy peaks of Khan-Tengri]. Moscow, pp. 120.

Ageeva N.T. (1964) Priiliskiye trostniki [The Pericillian reeds]. Proceedings of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, vol. 19, pp. 63-75.

Almerekova Sh.S., Mukhiddinov N.M, Kurmanbayeva M.S. (2016) Biometric data of anatomical structure of vegetative organs of rare, narrowly endemic species *Pxytropis almaatensis* Bajt. In Trans-Ili Alatau mountains (Kazakhstan). al-Farabi KazNU Vestnik Biological series, vol. 3(68), pp. 4-13.

Bischoff A., Hoboy S.Winter N., Warthemann G. (2018). Hay and seed transfer to re-establish rare grassland species and communities: How important are date and soil preparation? *Biological conservation*, vol. 221, pp.: 182-189. DOI: 10.1016/j.bioccon.2018.02.033

Caujape-Castells J., Marrero-Rodriguez A., Baccarani-Rosas N., Cabrera-Garica N., Vilches-Navarrete B. (2008) Population genetics of the endangered Canarian endemic Atractylis arbuscula (Asteraceae): implications for taxonomy and conservation. *Plant systematics and evolution*, vol. 81 (3), pp. 745-758.

Cherepanov S.K. (1995) Sosudistye rasteniya Rossii I sopredelnyh gosudarstv [Vascular Plants of Russia and Related States]. University Cambridge, pp. 516.

Flora kazakhstana [Flora of Kazakhstan] In 9 volumes. Alma-ata., T. 1-9. (1956-1966).

Gaberscik A., Krek J.L., Zelnik I. (2018). Habitat diversity along a hydrological gradient in a complex wetland results in high plant species diversity. Ecological Engineering, vol. 118, pp. 84-92. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2018.04.017

Gvozdeva L.P. (1949) Rastitelnye resursy nizovyxi reki Ili [Vegetation resources of the lower reaches of the river Ili]. Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, vol. 6 (51), pp. 89-94.

Howard J.K., Fesenmyer K.A., Grantham T.E. (2018). A freshwater conservation blueprint for California: prioritizing watersheds for freshwater biodiversity. Freshwater Science, vol. 37, pp. 417-431. DOI: 10.1086/697996

Illustrirovannyi opredelitel rastenii kazakhstana [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan] T.1, T.2. Almaty: Science, 1969-1972.

Inelova Z.A. (2009) K voprosu ob istorii formirovaniya flory doliny srednego I nizhnego techeniya r. Ili [On the history of the formation of the flora of the valley of the middle and lower reaches of the river]. Herald. The biological series, vol. 1 (40), pp. 16-20.

Inelova Z.A., Ametov A.A., Nazarbekova S.T. (2006) K vyshei vodnoi I pribrezhno-vodnoi flore r.Ili [To the higher water and coastal-water flora of the river]. Baytenovskie readings – 2 proceedings of the III International conference dedicated to the memory of outstanding botanists of Kazakhstan. Almaty., pp. 53-55.

Lauterbach D., Ristow M., Gemeinholzer B. (2011) Genetic population structure, fitness variation and the importance of population history in remnant populations of the endangered plant *Silene chlorantha* (WILLD) Ehrh. (Caryophyllaceae). *Plant Biology*, vol. 13(4), pp.667-777. DOI 10.1111/j.1438-9677.2010.00418.x.

Lebeda A., Kitner M., Kristkova E., Dolzalova I., Beharav A. (2010) Genetic polymorphism in *Lactuca aculeata* populations and occurrence of natural putative Hybrids between *L. aculeata* and *L. serriola*. *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 42, pp. 113-123. DOI 10.1016/j.bse. 2012.02.008.

- Mukhiddinov N.M., Ametov A.A., Abydkulova K.T., Karasholakova L.N. (2013) Sovremennoye sostoyaniye populyacii redko-go I endemichnogo vida *Lonicera iliensis* Pojark [Current state of populations of rare and endemic species *Lonicera iliensis* Pojark]. International Journal of Experimental Education, France, Paris, vol.11 (1), pp. 95-100.
- Ogar R.P. (1999) Rastitelnost dolin rekaridnyh I seminaridnyh regionov kontinentalnoi Azii [Vegetation of the valleys of the rekarid and seminiric regions of continental Asia], the author's abstract Dr. Biol.nauk: 03.00.05 – Botany of Almaty, 24 p.
- Pavlov N.V. (1947) Rastitelnoye syrye Kazakhstana [Vegetable raw materials of Kazakhstan]. Moscow., P. 552.
- Peakall R., Smouse P.E. (2012) GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update. Bioinformatics, vol. 28, pp. 2537-2539.
- Plisak R.P. (1981) Izmeneniye rastitelnosti delty r. Ili pri zaregulirovaniyu sroka [Changes in the vegetation of the delta of the Ili river during the regulation of the term], Alma-Ata: "Science" KazSSR.. Since 206.
- Plitsak P.P., Ogap N.T., Slantanov B.M., Taizhauva N.T. (1991) Ohrana, vosstanovleniye I racionalnoye ispolzovaniye rastitelnosti nizovyyev r. Ili v usloviyah zaregulirovannogo stoka [Ochrana, detachment and pztosionalnoe use of pacticute of the bottom of the river or in the conditions of a self-regulated flow]. Landshaftno-ekologicheskie ocnovykh proizodovopoznaniya and ppos-trostructiva. Zellingrad, pp. 189-191.
- Ptashnitsky MP. (1909 – 1913) Rastitelnost basseina nizhnego techeniya r. Ili [Vegetation of the basin of the lower reaches of the river Ili]. Works of soil – botanical expeditions on the study of the conolization regions of Asian Russia. St. Petersburg., pp. 163.
- Rubtsov F.N. (1941) Zametki o rastitelnosti delty r. Ili ili rastitelnost Kazakhstana [Notes on the vegetation of the delta of the river or the vegetation of Kazakhstan]. Moscow: Nauka, vol.2, pp. 264-271.
- Skvortsov A.K. (1977) Gerbarii. Posobiye po metodike I technike [Herbarium. A Handbook on Techniques and Techniques]. Moscow: Nauka, P. 199.
- Sramko G. Molnar V.A., Hawkins J.A., Bateman R.M. (2014) Moleculas phylogeny and evolutionary history of the Eurasian orchid genus *Himantoglossum* S.I. (Orchidaceae). Annals of Botany, vol. 114, pp.1609-1636. DOI: 10.1093/aob/mcu179.

**¹Burashev Y.D., ²Sultankulova K.T., ³Strochkov V.M., ⁴Sansyzbay A.R.,
⁵Sandybayev N.T., ⁶Orynbayev M.B.**

¹master, junior researcher, e-mail: yerbol.bur@gmail.com*,

²candidates of biological sciences, professor, head of lab. e-mail:sultankul70@mail.ru,

³senior researcher, e-mail: vstrochkov@gmail.com, ⁴doctor of biological sciences, professor, Gen. director, e-mail: sansyzbai-ar@mail.ru,

⁵candidates of biological sciences, professor, Deputy of Gen director, e-mail: snt68@mail.ru,

⁶candidates of veterinary sciences, professor, head of department, e-mail: omb65@mail.ru,

«Research Institute for Biological Safety Problems» Zhambulskaya oblast, Korday region, Gvardeyskyi

PHYLOGENETIC ANALYSIS OF SURFACE HA GENE, OF EQUINE INFLUENZA A/EQUINE/LKZ/09/2012 (H3N8) VIRUS STRAINS

This paper presents the results of epizootological monitoring of equine influenza in the Republic of Kazakhstan, which were organized the expeditions to South Kazakhstan, Zhambyl, Almaty, East Kazakhstan, Kostanai, Aktobe and West Kazakhstan regions. For laboratory investigations in different regions of the Republic of Kazakhstan, 2404 samples were collected and delivered to RIBSP. The outbreak of equine influenza virus (EIV) in Kazakhstan was confirmed by isolating the virus in chick embryos, sequencing the surface hemagglutinin HA gene, and then analyzing the resulting nucleotide sequence at the BLAST base. All investigated samples were taken from un-vaccinated horses with expressed clinical signs of respiratory disease in 2007 and 2012 in southern and northern Kazakhstan. EIV H3N8 was isolated in chicken eggs from 30 nasal swabs from horses with acute respiratory disease, which were tested positive by Directigen Flu A. Isolation was confirmed by haemagglutination assay and RT-PCR assay of the M, HA and NA gene. HA sequences of the Kazakhstan isolates appeared to be more closely related to viruses isolated in early 2000 in Asia. These results suggested that viruses with fewer changes than those on the main evolutionary lineage may continue to circulate. On the other hand, analysis of deduced NA amino acid sequences were more closely related to viruses isolated in outbreaks in Europe and Asia during 2003-2007. Phylogenetic analysis characterized the Kazakhstan EIV isolates as a member of the Eurasian lineage by the haemagglutinin (HA) protein alignment, but appeared to be a member of the Florida sublineage clade 2 by the neuraminidase (NA) protein sequence suggesting that reassortment might be a possible explanation. The topology of the maximum-likelihood tree for both HA and NA sequences showed four clades corresponding to the Pre-diverge, American, Eurasian and Florida lineage viruses. The Kazakhstan isolates were well supported within the Eurasian clade, as seen for the HA protein with bootstrap value 90% and 99% within the Florida sublineage clade II for the HA protein. Our findings suggest that the Kazakhstan strains represent an example of "evolution" and probably reassortment between genetically distinct co-circulated strains.

Key words: virus, equine influenza, PCR, sequencing, phylogenetic analysis.

¹Бурашев Е.Д., ²Султанкулова К.Т., ³Строчков В.М., ⁴Сансызбай А.Р., ⁵Сандыбаев Н.Т., ⁶Орынбаев М.Б.

¹магистр, кіші ғылыми қызметкер, e-mail: yerbol.bur@gmail.com*,

²б.ғ.к., ассоц. профессор, зертхана менгеруші, e-mail: sultankul70@mail.ru,

³аға ғылыми қызметкер, e-mail: vstrochkov@gmail.com, ⁴б.ғ.д., профессор, Бас дир., e-mail: sansyzbai-ar@mail.ru,

⁵б.ғ.к., профессор, Бас дир. орынбасары, e-mail: snt68@mail.ru,

⁶ветеринария ғылымдарының кандидаты, ассоц. профессор, бөлім басшысы, e-mail: omb65@mail.ru,

ҚР БФМ ФК «Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты» РМК, Жамбыл облысы, Қазақстан, Гвардейский қалашығы

Жылқы тұмау вирусының A/equine/LKZ/09/2012 (H3N8) штаммының беттік НА генін филогенетикалық талдауы

Бұл ғылыми жұмыста Қазақстан Республикасындағы жылқы тұмау вирусының (ЖТВ) эпизотологиялық жағдайды қадағалау үшін Оңтүстік Қазақстан, Жамбыл, Алматы, Шығыс Қазақстан,

Қостанай, Ақтөбе және Батыс Қазақстан облыстарында жүргізілген экспедиция нәтижелері көрсетілген. 2010-2012 жж. Қазақстан Республикасының әртүрлі аймақтарынан зертханалық зерттеулер үшін Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институтына 2404 сынама жеткізілген.

Қазақстанда ЖТВ 2007 және 2012 жылдың эпизоотиялары егілмен жылқылардың клиникалық, респираторлық ауруды оқшаулап, беттік НА гемагглютинин генін секвенирование жүргізу нәтижесінде анықталып, BLAST базасы арқылы нуклеотидті тізбегін сараптау барысында расталған. (EIV) H3N8 жылқы тұмаяу вирусы тауық әмбрионында 30 респираторлық ауруға шалдыққан жылқыдан мұрын қуысынан алынған сынамалардан бөлініп алынған және Directigen Flu арқылы зерттелген болатын. ЖТВ тауық әмбрионында бөлініп алынған сынамалар қосымша геммаглютинация реакциясында және ҚҰ-ПТР әдісімен расталған болатын. Қазақстанда бөлінген вирустардың НА-тізбегі тығыз Орталық Азия мен Шығыс Еуропадағы 2000 жылдың басында оқшауланған ЖТВ-мен байланысты. Бұл нәтижелер негізгі эволюциялық желілерге қарағанда аз өзгеріске ұшыраған вирустар сақталып, таралып келе жатқанын білдіреді.

Екінші жағынан, НА аминокышқылын талдау барысында бөлінген штаммдар 2003-2007 Еуропа мен Азияда шыққан тұмаяу вирустарымен оқшауланғанын білдіреді. Сонымен, Қазақстандық штаммдар (NA) нейраминидаза акуыз тізбегін филогенетикалық, талдау барысында Еуразиялық жүйесіне тиесілі деп сипатталады, бірақ геммаглютинин акуызын (НА) зерттеу барысында, штаммдар Флорида-2 субклайдына тиесілі екендігін және вирустың екі жақты қатыстылығы реассортацияға ұшырағандығы себеп болғаны анықталды.

ЖТВ НА тізбегі бойынша максималды ұқсастығы бар ағаштың топологиясы бойынша төрт Pre-diverge, American, Eurasian, Florida клайдтарына сәйкестігін көрсетті. ЖТВ НА протеині бойынша қазақстандық изоляторы Еуразиялық клайдпен 90% сәйкес болса, Florida 2 клайды бойынша 99% тығыз байланыстығын көрсетті. Біздің нәтижелер Қазақстан штаммдары «эволюция» үлгісі болып табылады және оған ең алдымен ілеспе генетикалық әртүрлі штаммдарының арасындағы қайта құрылуы көрсетеді.

Түйін сөздер: вирус, жылқы тұмаяу, ПТР, секвенирлеу, филогенетикалық, талдау.

¹Бурашев Е.Д., ²Султанкулова К.Т., ³Строчков В.М., ⁴Сансызбай А.Р.,
⁵Сандыбаев Н.Т., ⁶Орынбаев М.Б.

¹магистр, младший научный сотрудник, e-mail: yerbol.bur@gmail.com*,

²к.б.н., ассоц. профессор, зав. лаб., e-mail: sultankul70@mail.ru,

³старший научный сотрудник, e-mail: vstrochkov@gmail.com, ⁴д.б.н., профессор, Ген. директор,
e-mail: sansyzbai-ar@mail.ru,

⁵к.б.н., профессор, зам. Ген. директора, e-mail: snt68@mail.ru, ⁶к.в.н., профессор, нач. отдела,
e-mail: omb65@mail.ru,

РГП «Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности»
КН МОН РК, Казахстан, пгт. Гвардейский

Филогенетический анализ поверхностного НА-гена штамма A/equine/LKZ/09/2012 (H3N8) вируса гриппа лошадей

В данной работе представлены результаты эпизоотологического мониторинга гриппа лошадей, проведенного в Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской, Восточно-Казахстанской, Костанайской, Актюбинской и Западно-Казахстанской областях. В общей сложности за 2010-2012 гг. для лабораторных исследований в различных регионах Республики Казахстан было отобрано и доставлено в НИИПББ 2404 проб.

Вспышка вируса гриппа лошадей в Казахстане была подтверждена путем выделения вируса на куриных эмбрионах, секвенированием поверхностного гена НА гемагглютинина с последующим анализом полученной нуклеотидной последовательности по базе BLAST. Все исследуемые образцы были отобраны у невакцинированных лошадей с ярко выраженным клиническими признаками респираторного заболевания в 2007 и 2012 годах на территории Южного и Северного Казахстана. Вирус гриппа лошадей (EIV) H3N8 был выделен в развивающихся куриных эмбрионах из 30 носовых смывов у лошадей с признаками острого респираторного заболевания, которые были положительно исследованы с помощью Directigen Flu A. Выделение ВГЛ в куриных эмбрионах было подтверждено в реакции гемагглютинации и RT-PCR-анализом на M, НА и НА гены. НА-последовательности Казахстанских изолятов вируса гриппа лошадей, по-видимому, более тесно связаны с вирусами, выделенными в начале 2000 года в Центральной Азии и Восточной Европе. Эти результаты свидетельствуют о том, что вирусы с меньшими изменениями, чем те, которые находятся на основной эволюционной линии, сохранились и продолжают распространяться. С другой стороны, полученные аминокислотные последовательности НА более тесно связаны с вирусами гриппа лошадей, выделенными во вспышках в Европе и Азии в теч-

чение 2003-2007 годов. Однако, филогенетический анализ характеризовал изоляты Казахстана как одного из евразийской линии по белковой последовательности нейраминидазы (NA), но при выравнивании белка гемагглютинина (HA) определилась принадлежность к субклайду Florida-2, предполагая, что двойная принадлежность (HA и NA) может быть возможным объяснением reassortации вируса. Топология дерева максимального сходства как для последовательностей HA, так и NA показала соответствие ВГЛ четырем клайдам как Pre-diverge, American, Eurasian и Florida. Казахстанские изоляты ВГЛ по белку HA были близко связаны с Евразийским клайдом на 90% и 99% идентичности по клайду Флорида 2. Наши результаты свидетельствуют о том, что Казахстанские штаммы ВГЛ представляют собой пример «эволюции» и, вероятно, реорганизации между генетически различающимися сопутствующими штаммами.

Ключевые слова: вирус, грипп лошадей, ПЦР, секвенирование, филогенетический анализ.

Introduction

Equine influenza viruses (EIVs) are the etiologic agents of severe epidemic respiratory disease in horses. The first EIV to be isolated was influenza A/equine/Prague/56 (H7N7) in 1956 [1,2,3]. However, the H7N7 subtype has not been isolated from horses for over 20 years and is presumed not to circulate at present. Since the second isolation in 1963 of an avian-origin influenza A(H3N8) virus from horses, subtype H3N8 influenza viruses have continued to circulate panzootically among horses, causing severe outbreaks of equine influenza respiratory disease.

Neither of the subtypes cross-reacts immunologically and therefore natural infection or vaccination with one subtype will not protect against infection by the other [4,5].

Antigenically they are classified as influenza type A viruses belonging to the family Orthomyxoviridae containing 8 single stranded RNA molecules of negative polarity. Influenza infections are frequently followed by secondary bacterial disease, with serious and sometimes life-threatening consequences for the horses.

Even, Australia, a country previously free of equine influenza, suffered an outbreak in 2007 [6]. Major epizootics of EIV infection occurred in Mongolia during 2007–2008 (459,000 cases, 24,600 deaths) and again in 2011 (74,608 cases, 40 deaths). Since January 2011, surveillance of equine influenza viruses has been enhanced in 3 Mongolian aimags (provinces). The epizootics 2007 and 2012 EIV in Kazakhstan is registered in almost similar with Mongolia and China only with a delay of 5-6 months [7].

In addition to the linear evolution of HA, the segmented nature of the influenza virus genome allows reassortment to take place resulting in rapid virus evolution [8,9,10]. Reassortment is significant if it occurs between distinct co-circulating viral strains. Nucleotide analysis of H3N8 viruses have

shown changes of RNA segments encoding HA [11,12,13,14] and NA, resulting in an amino acid changes between the strains circulated from 2007 to 2012.

Here, we describe for the successful isolation and characterization of EIV from horses in Kazakhstan from two outbreaks (in 2007 and 2012). Moreover, our report includes information on sequencing analysis and phylogenetic relationship of HA protein of the Kazakhstan isolates.

Material and methods

Viruses

In May 2007 and in September 2012, an acute respiratory disease was reported in Kazakhstan. Isolate, A/equine/Otar/764/2007 and four isolates A/equine/LKZ/09/2012, derived from two outbreaks (2007 and 2012) in the different location in Kazakhstan were used in this study.

About 25 (in May 2007) and 1 53 horses (in September 2012) were affected and had pyrexia, nasal discharge, anorexia, dyspnea, cough and general depression. Signs lasted 5-12 days. The age of the infected animals varied from 8 months to 4 years. All infected horses were unvaccinated against equine influenza virus. Nasal swabs were collected from the 40 affected animals, between the 2nd and 4th day after the onset of clinical signs. All nasal swabs collected were positive when tested on the Real-Time PCR. Specimens were collected from free-ranging horses that were safely and carefully restrained with halters, ropes, and by hand, according to a protocol approved by the Department of Veterinary Control, Government of Kazakhstan. Horse specimens were carefully stored and shipped in separate containers; to prevent cross-contamination with EIV, specimens were separated during laboratory analyses. All specimens were first screened at the Research Institute for Biological Safety Problems (Gvardeyskiy, Kazakhstan) by using the influenza A reverse transcription PCR (RT-PCR) protocol. All specimens were positive for influenza A and were double-blind

passaged in embryonated chicken eggs. Subsequent testing revealed hemagglutination activity in all 6 specimens. Allantoic fluid of the 6 cultured specimens was then shipped to the laboratory for confirmation testing and sequencing.

Nucleotide Sequences

Viral RNAs from both allantoic fluids and nasal swabs were extracted using the QIAamp viral RNA extraction kit (Qiagen) according to the manufacturer's instructions. To amplify the genes of the two internal proteins (HA and NA), two primer-pairs were designed, which are shown in Table 1. RT-PCRs for each gene were carried out with the use of the commercial kit SuperScript One-Step RT-PCR with Platinum Taq (Invitrogen SRL). The cycling conditions of RT-PCRs were as follows: 50°C for 50 min 94°C for 2 min, then 40 cycles of 94°C for 1 min, 55°C for 1 min (HA, NA genes) 72°C for 2 min, and a final incubation of 72°C for 10 min. PCR products were analyzed on a 1.5% agarose gel stained with ethidium bromide and purified using the QIAquick PCR Purification Kit (Qiagen) according to the manufacturer's instructions. Then they were sequenced by using the PRISM Ready Reaction dye deoxy terminator cycle on an automatic 16-capillary Genetic Analyzer AB3130xl automatic sequencer (Perkin-Elmer Applied Biosystems). Sequences were as-

sembled using Sequencherv5.4 and compared to cognate sequences in the genetic databases using BLAST web-based program (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). Nucleotides as well as deduced amino acid sequences of all genes were aligned by using Clustal W method.

Phylogenetic Analysis

All genes examined in the present study were analyzed phylogenetically by the neighbour-joining method and by using the MEGA software version 6.06 [15]. To determine the robustness of the trees, the probabilities of the internal branches were estimated by 1000 bootstrap replications. On the basis of the branching profiles of the phylogenetic trees constructed for the two HA and NA proteins of the Kazakhstan strains, the distance matrix of the all strains was calculated using Bioedit software and was plotted against the year of the outbreak.

Results

The outbreak EIV in 2007 was registered only in the southern region, while in 2012 cases of the EIV were recorded throughout the Kazakhstan (Figure 1). As a result of these epizooties 2007 and 2012 were collected clinical samples from infected animals at 25 and 153, respectively.

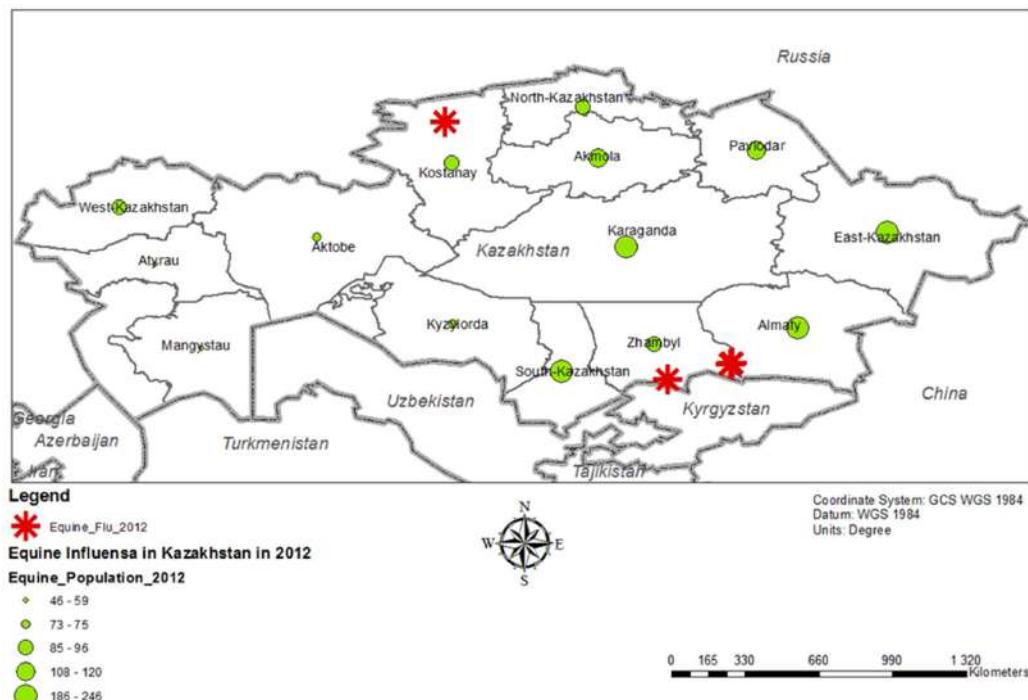


Figure 1 – The regions from which nasal swabs specimens were collected from affected horses for influenza A virus testing, Kazakhstan, 2012

Isolation and genetic characterization

Molecular Analysis

2007 samples: equine influenza virus was detected by RT-PCR assay (a band of 244 bp) in 11 out of 20 swab extracts and from all 11 cell culture extracts after 3 passages in embryonated chicken eggs.

2012 samples: equine influenza virus was detected by RT-PCR assay in 7 out of 10 swab extracts and from all 5 cell extracts after 3 passages in embryonated chicken eggs [16,17,18,19]. Moreover, the RT-PCR for the detection of HA3 and NA8 equine influenza A subtype amplified a band of 884 bp and a band of 678 bp, respectively in the same samples from both outbreaks. During our experiments incompatibility was found between SuperScript One-Step RT-PCR Platinum Taq (Invitrogen S.R.L.) (used at the RT-PCR for HA gene) and GeneAmp PCR kit (Applied Biosystems) (used at the nested PCR for HA gene). There were no results by using GeneAmp PCR kit (Applied Biosystems), not even for the positive control. The detailed analysis of the sequences of HA genes obtained of both outbreaks were deposited in GenBank (accession nos. NCBI: JF683499.1, NCBI: KP202377.1, NCBI: KP202378.1, NCBI: KP202380.1 and NCBI: KP202379.1 respectively) and revealed 100% similarity between them. BLAST analysis of the partial sequence of HA and NA genes confirmed the H3N8 subtype of the isolate.

HA gene alignment analysis of the Kazakhstan isolates showed no nucleotide substitution among them and in comparison with A/camel/Mongolia/335/2012 strain. When the amino acid sequences of our isolates were aligned with a virus isolated in Switzerland in 2007 six amino acid substitutions (positions 43D-V, 100G-R, 123G-E, 209M-T, 238L-P, 265I-V) were seen [20,21,22].

To define amino acid differences within HA, multiple alignment of the deduced amino acid sequences of Kazakhstan strains and representative H3N8 strains including vaccine strains was performed. Although Gansu/08, was defined as most similar strain to ours using BLAST, they had two nucleotide point mutations which lead to two amino acid differences, 209I ® V and 229C ® R. Multiple alignment revealed three nucleotide mutations and three amino acid differences between our strains and Huabei/07 (209I ® V, 218E ® A, 229C ® R). There were observed 6 amino acid substitutions between Newmarket/5/03 and Kazakhstan isolate in positions 9, 12, 40, 66, 191, 229 and Newmarket/5/03 versus Gansu/08 in positions 9, 12, 40, 66, 191, 209. Kazakhstan isolates shared 98% similarity with

isolates from Spain (A/equine/Spain/1/2007 and A/equine/Spain/1/2009) when nucleotide sequences were compared and three (R150Q, T180A, R229C) and two (N29P, R229C) amino acid substitutions respectively. Phylogenetic analysis of the HA protein of our isolates clustered the virus among the Eurasian lineages, but by the NA protein appeared to be a member of the American lineages and in particular the Florida sub-lineage clade II. Phylogenetic trees constructed with NJ method using the HA and NA amino acid sequences are shown in Figure 2. The topology of the maximum-likelihood tree for both HA and NA sequences showed four clades corresponding to the Pre-diverge, American, Eurasian and Florida lineage viruses. The Kazakhstan isolates were well supported within the Eurasian clade, as seen for the HA protein with bootstrap value 90% and 99% within the Florida sublineage clade II for the HA protein.

Discussion

The objective of our study was to isolate and characterize the influenza virus causing respiratory disease outbreaks in unvaccinated horses, which were Directigen Flu A positive, during 2007 and 2012 outbreaks [23,24,25,26]. The results from all assays revealed that the causative agent of the outbreaks was an equine H3N8 influenza virus. This is the first report of molecular and phylogenetic analysis of the virus in Kazakhstan. Equine influenza virus was isolated in embryonated chicken eggs from 16 samples (out of 18 RT-PCR positive samples) from both outbreaks. This is a comparatively high percentage (89%) as reported 7% influenza virus isolations from nasal swab extracts obtained from horses with acute respiratory disease during influenza epidemics [27].

Conclusion

In conclusion, the present study is the first report of the successful isolation and genetic characterization of an H3N8 equine influenza virus that were causing respiratory disease in un-vaccinated horses in Kazakhstan. Strains isolated from both outbreaks in 2007 and 2012 were more closely related to older European lineage H3N8 subtype strains according to their HA sequences, indicating that older viruses may continue to circulate perhaps in unvaccinated horses. However, Kazakhstan strains appeared to be members of the Florida sublineage clade II by the HA gene sequencing[28,29,30]. One possible explanation would be that the strains were derived

by reassortment of co-circulated strains. Increased international movement of horses for breeding and competition purposes constitutes an important factor in the spread of equine pathogens throughout the

world [31,32]. The circulation, spread and reassortment of genetically distinct strains is therefore not surprising. Further study is needed to determine the circulation dynamics of H3N8 influenza virus.

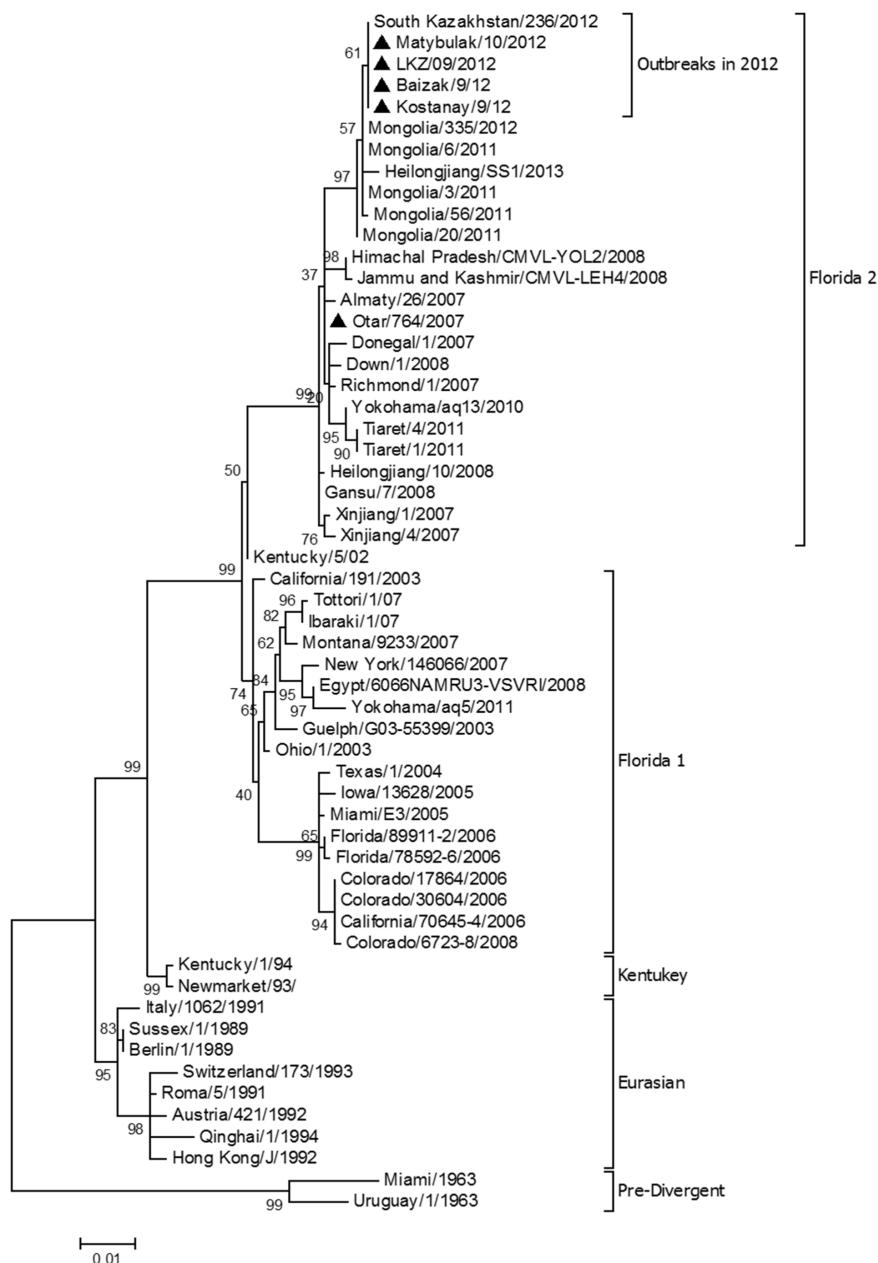


Figure 2 – Phylogenetic tree of full-length coding sequence of the HA gene of Otar/764/07 and LKZ/09/12 and all lineages of equine influenza H3N8 viruses. The trees were generated using a maximum-likelihood approach and MEGA 6.06 software.

References

- 1 Karamendin, K., Kydyrmanov, A., Sayatov, M., Strochkov, V., Sandybayev, N., Sultankulova, K. Retrospective Analysis of the Equine Influenza Virus A/Equine/Kirgizia/26/1974 (H7N7) Isolated in Central Asia // Pathogens. – 2016. – Vol. 5. – P. 55.
- 2 NA, W., Kang B., Kim H., Hong M., Park S., Jeoung H., Song D. Isolation and genetic characterization of naturally NS-truncated H3N8 equine influenza virus in South Korea // Epidemiology and Infection. – 2014. – Vol. 142, No 4. – P. 759-766.

- 3 Saenz R.A., Quinlivan M., Elton D., Macrae S., Blunden A.S., Mumford J.A., Daly J.M., Digard P., Cullinane A., Grenfell B.T., McCauley J.W., Wood J.L., Gog J.R. Dynamics of influenza virus infection and pathology // *J. Virol.* – 2010. – Vol. 84, No 8. – P. 3974–83.
- 4 Lu Z., Chambers T.M., Boliar S. et al. Development and evaluation of one-step TaqMan real-time reverse transcription-PCR assays targeting nucleoprotein, matrix, and hemagglutinin genes of equine influenza virus // *Journal of Clinical Microbiology*. – 2009. – Vol. 47, No 12. – P. 3907–3913.
- 5 Oxburgh L., Akerblom L., Fridberger T., Klingeborn B., Linne T. Identification of two antigenically and genetically distinct lineages of H3N8 equine influenza virus in Sweden // *Epidemiol Infect.* – 1998. – Vol. 120. – P. 61–70.
- 6 Kirkland P.D., Finlaison D.S., Crispe E., Hurt A.C. Influenza virus transmission from horses to dogs, Australia // *Emerging Infectious Diseases*. – 2010. – Vol. 16, No 4. – P. 699–702.
- 7 Yondon, Myagmarsukh et al. Equine Influenza A(H3N8) Virus Isolated from Bactrian Camel, Mongolia // *Emerging Infectious Diseases*. – 2014. – Vol. 20, No 12. – P. 2144–2147.
- 8 Bountouri M., Fragkiadaki E., Ntafis V., Kanellos T., Xylouri E. Phylogenetic and molecular characterization of equine H3N8 influenza viruses from Greece (2003 and 2007): Evidence for reassortment between evolutionary lineages // *Virology Journal*. – 2011. – Vol. 8. – P 350.
- 9 Lief F.S. Equine influenza. Studies of the virus and of antibody pattern in convalescent, interepidemic and postvaccination sera // *Amer.J.Epidemiol.* – 1965. – Vol. 82. – P. 225–226.
- 10 Burki F. Zur Atiologie der epidemischen Pferdeinfluenza von 1989/90 – Schutzwert von Marktimpfstoffen und geubte Impfpraxis // *Wiener Tierarzt. Mschr.* – 1991. – Vol. 78. – P. 237–246.
- 11 Jacquet A., Cheyroux M., Plateau E. Surveillance de la grippe équine en France // *Rev.Sci.Tech.Off.Int.Epis.* – 1987. – Vol. 6, No 1. – P. 141–162.
- 12 Gerber H. and Löhrer J. Influenza A/equi-2 in der Schweiz 1965 // *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B*. – 1966. – Vol. 13. – P. 438–450.
- 13 Dowdle W.R. U.S. epizootic of equine influenza, 1963 .Etiology // *Public Health Rep.* – 1964. – Vol. 79. – P. 398.
- 14 Andrewes C.H. Orthomyxoviridae // *Viruses of vertebrates*. – 1978. – Vol. 5. – P. 203–220.
- 15 Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. // *Molecular Biology and Evolution*. – 2013. – Vol. 30, No 12. – P. 2725–2729.
- 16 Феннер Ф. Структура и химический состав вирионов. Ортомиксовирусы // Биология вирусов животных. – 1977. – Т. 1. – С. 154–161.
- 17 Мильбурн Б. Перспективы развития генетики вируса гриппа // Генетика вирусов гриппа. – 1986. – С. 11–31.
- 18 Booy F.P. Electron microscopy of influenza virus. A composition of negatively stained and ice-embedded particles // *J.Mol.Biol.* – 1985. – Vol. 184, No 4. – P. 667–676.
- 19 Wrigley N. Electron microscopy of influenza virus // *Brit. Med. Bull.* – 1979. – Vol. 35, No 1. – P. 35–38.
- 20 Laver W.G. Morphology of the isolated hemagglutinin and neuraminidase subunits of influenza virus // *Virology*. – 1969. – Vol. 38. – P. 105–112.
- 21 Skehel J., Schild G. The polypeptides composition of influenza A virus // *Virology*. – 1971. – Vol. 44. – P. 396–408.
- 22 Тихоненко Т.И. Нуклеотиды и внутренние рибонуклеопротеиды сложноустроенных вирусов // Ортомиксовирусы. – 1975. – С. 342–351.
- 23 Shimizu K., Mullinix M.G., Chanock R.M. et al. Temperature-sensitive mutants of influenza A/Udorn/72 (H3N2) virus. 2. Genetic analysis and demonstration of intrasegmental complementation // *Virology*. – 1982. – Vol. 117, No 1. – P. 45–61.
- 24 Pons M.W. A reexamination of influenza virus single and double stranded RNAs by electrophoresis // *Virology*. – 1976. – Vol. 69. – P. 789–792.
- 25 Pritchett T.Y., Brossmer K., Paulson J.S. Recognition of monovalent sialosides by influenza virus H3 hemagglutinin // *Virology*. – 1987. – Vol. 160, No 2. – P. 502–506.
- 26 Suzuki Y., Nagao Y., Kato H. et al. Human influenza A virus hemagglutinin distinguishes sialiloliposaccharides in membrane-associated gangliosides as its receptor which mediates the adsorption and fusion processes of virus infection // *Biol. Chem.* – 1986. – Vol. 261, No 36. – P. 17051–17061.
- 27 B. R. Murphy, L. J. Markoff, R. M. Chanock, Susan B. Spring, H. F. Maassab, A. P. Kendal, Nancy J. Cox, M. M. Levine, R. G. Douglas Jr., R. F. Betts, R. B. Couch and T. R. Cate Jr. Genetic Approaches to Attenuation of Influenza A Viruses for Man // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Influenza*. – 1980. – Vol. 288, No 1029. – P. 401–415.
- 28 Чемерис А.В., Ахунов Э.Д., Вахитов В.А. Секвенирование ДНК // Наука. – 1999. – С. 429.
- 29 Чемерис А.В. Новая старая ДНК. Уникальные черты самой главной молекулы, или Почему ученые разных специальностей в последнее время обращают на ДНК все больше внимания // Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, Уфа. – 2002. – С. 80.
- 30 Sanger F., Nicklen S. et al. DNA sequencing with chain terminating inhibitors // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1977. – Vol. 74. – P. 5463–5467.
- 31 Florent G. Gene constellation of live influenza A vaccines // *Arch. Virol.* – 1980. – Vol. 64. – P. 171–173.
- 32 Spencer M. J., Cherry J. D., Powell K. R., Sumaya C. V. and Garakian A. J. Clinical Trials with Alice Strain, Live, Attenuated, Serum Inhibitor-Resistant Intranasal Influenza A Vaccine // *The Journal of Infectious Diseases*. – 1975. – Vol. 132, No. 4. – P. 415–420.

References

- 1 Andrewes C.H. (1978) Orthomyxoviridae. *Viruses of vertebrates*, vol. 5, pp. 203–220.
- 2 Booy F.P. (1985) Electron microscopy of influenza virus. A composition of negatively stained and ice-embedded particles. *J.Mol.Biol.*, vol. 184, no. 4, pp. 667–676.

- 3 Bountouri M, Fragkiadaki E, Ntafis V, Kanelllos T, Xylouri E. (2011) Phylogenetic and molecular characterization of equine H3N8 influenza viruses from Greece (2003 and 2007): Evidence for reassortment between evolutionary lineages. *Virology Journal*, vol. 8, pp. 350.
- 4 Burki F, "Zur Atiologie der epidemischen Pferdeinfluenza von 1989/90 — Schutzwert von Markimpfstoffen und geubte Impfpraxis," *Wiener Tierarzt. Mschr.* 78, (1991) 237–246.
- 5 B. R.Murphy, L. J. Markoff, R. M. Chanock, Susan B. Spring, H. F. Maassab, A. P. Kendal, Nancy J. Cox, M. M. Levine, R. G. Douglas Jr., R. F. Betts, R. B. Couch and T. R. Cate Jr. (1980) Genetic Approaches to Attenuation of Influenza A Viruses for Man. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Influenza*, vol. 288, no. 1029, pp. 401–415.
- 6 Chemeris A.V., Akhunov E.D., Vakhitov V.A. (1999) Sekvenirovaniye DNK [DNA Sequencing]. Nauka, M., pp. 429.
- 7 Chemeris A.V. (2002) Novaya staraya DNK. Unikal'nyye cherty samoy glavnay molekuly, ili Pochemu uchenyye raznykh spetsial'nostey v posledneye vremya obrashchayut na DNK vse bol'she vnimaniya [New strategy of DNA sequencing. The unique characters of main molecule. Or why all scientists at the last time look more for DNA]. Institut biokhimii i genetiki Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, Ufa, pp. 80.
- 8 Dowdle W.R. (1964) U.S. epizootic of equine influenza, 1963. Etiology. *Public Health Rep.*, vol. 79, pp. 398.
- 9 Fenner F. (1977) Struktura i khimicheskiy sostav virionov. *Ortomiksovirusy* [Structure and chemical properties of viruses. Orthomixoviruses]. Biologiya virusov zhivotnykh, M., vol. 1, pp. 154-161.
- 10 Florent G. (1980) Gene constellation of live influenza A vaccines. *Arch. Virol.*, vol. 64, pp. 71–173.
- 11 Gerber H. and Löhrer J. (1966) Influenza A/equi-2 in der Schweiz 1965. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B.*, vol. 13, pp. 438–450.
- 12 Jacquet A., Cheyroux M., Plateau E. (1987) Surveillance de la grippe equine en France. *Rev. Sci. Tech .Off .Int. Epiz.*, vol. 6, no. 1, pp. 141-162.
- 13 Karamendin, K., Kydyrmanov, A., Sayatov, M., Strochkov, V., Sandybayev, N., Sultankulova, K. (2016) Retrospective Analysis of the Equine Influenza Virus A/Equine/Kirgizia/26/1974 (H7N7) Isolated in Central Asia. *Pathogens*, vol. 5, pp. 55.
- 14 Kirkland P.D., Finlaison D.S. , Crispe E., Hurt A.C. (2010) Influenza virus transmission from horses to dogs, Australia. *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 16, no. 4, pp. 699-702.
- 15 Laver W.G. (1969) Morphology of the isolated hemagglutinin and neuraminidase I subunits of influenza virus. *Virology*, vol. 38, pp. 105–112.
- 16 Lief F.S. (1965) Equine influenza. Studies of the virus and of antibody pattern in convalescent, interepidemic and postvaccination sera. *Amer.J.Epidemiol.*, vol. 82, pp. 225-226.
- 17 Lu Z., Chambers T.M., Boliar S. et al. (2009) Development and evaluation of one-step TaqMan real-time reverse transcription-PCR assays targeting nucleoprotein, matrix, and hemagglutinin genes of equine influenza virus. *Journal of Clinical Microbiology*, vol. 47, no. 12, pp. 3907-3913.
- 18 Milburn B. (1986) Perspektivny razvitiyu genetiki virusa grippa [The Influenza virus genetics developing prospects]. *Genetika virusov grippa*, pp. 11–31.
- 19 NA, W., Kang B., Kim H., Hong M., Park S., Jeoung H., Song D. (2014) Isolation and genetic characterization of naturally NS-truncated H3N8 equine influenza virus in South Korea. *Epidemiology and Infection*, vol. 142, no. 4, pp. 759-766.
- 20 Oxburgh L., Akerblom L., Fridberger T., Klingeborn B., Linne T., "Identification of two antigenically and genetically distinct lineages of H3N8 equine influenza virus in Sweden" *Epidemiol Infect.* 120 (1998), 61 –70.
- 21 Pons M.W. (1976) A reexamination of influenza virus single and double stranded RNAs by electrophoresis. *Virology*, vol. 69, pp. 789-792.
- 22 Pritchett T.Y., Brossmer K., Paulson J.S. (1987) Recognition of monovalent siosides by influenza virus H3 hemagglutinin. *Virology*, vol. 160, no. 2, pp. 502-506.
- 23 Saenz R.A., Quinlivan M., Elton D., Macrae S., Blunden A.S., Mumford J.A. , Daly J.M., Digard P. , Cullinane A., Grenfell B.T. , McCauley J.W., Wood J.L. , Gog J.R. (2010) Dynamics of influenza virus infection and pathology. *J. Virol.*, vol. 84, no. 8, pp. 3974-83.
- 24 Sanger F., Nickelen S. et al. (1977) DNA sequencing with chain terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol.74, pp. 5463-5467.
- 25 Shimizu K., Mullinix M.G., Chanock R.M. et al. (1982) Temperature-sensitive mutants of influenza A/Udorn/72 (H3N2) virus. 2. Genetic analysis and demonstration of intrasegmental complementation. *Virology*, vol. 117, no. 1, pp. 45–61.
- 26 Skehel J., Schild G. (1971) The polypeptides composition of influenza A virus. *Virology*, vol. 44, pp. 396-408.
- 27 Spencer M. J., Cherry J. D., Powell K. R., Sumaya C. V. and Garakian A. J. (1975) Clinical Trials with Alice Strain, Live, Attenuated, Serum Inhibitor-Resistant Intranasal Influenza A Vaccine. *The Journal of Infectious Diseases*, vol. 132, no. 4, pp. 415–420.
- 28 Suzuki Y., Nagao Y., Kato H. et al. (1986) Human influenza A virus hemagglutinin distinguishes sialoliposaccharides in membrane-associated gangliosides as its receptor which mediates the adsorption and fusion processes of virus infection. *Biol. Chem.*, vol. 261, no. 36, pp. 17051-17061.
- 29 Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S. (2013) MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, vol. 30, no. 12, pp. 2725-2729.
- 30 Tikhonenko T.I. (1975) Nukleotidy i vnutrenniye ribonukleoproteidy slozhnoustroyennykh virusov [Nucleotides and inner rib nucleotides of difficult organized viruses]. *Ortomiksovirusy* M., pp. 342–351.
- 31 Wrigley N. (1979) Electron microscopy of influenza virus. *Brit. Med. Bull.*, vol. 35, no 1, pp. 35–38.
- 32 Yondon, Myagmarsukh et al. (2014) Equine Influenza A(H3N8) Virus Isolated from Bactrian Camel, Mongolia. *Emerging Infectious Diseases*, vol. 20, no. 12, pp. 2144–2147.

¹Сулейменова Н.Ш., ^{2*}Куандыкова Э.М.

¹доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: naziya44@gmail.com

²PhD докторант, *e-mail: 9Elnara@gmail.com

Казахский национальный аграрный университет, Казахстан, г. Алматы

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АГРОЭКОСИСТЕМЫ СОИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

В статье представлены результаты исследования экологических проблем агроэкосистемы при возделывании сои в условиях юго-востока Казахстана. Доказано рациональное использование биоэнергетического ресурса и биологического потенциала самой изучаемой культуры, благодаря способности азотфиксации – связывать атмосферный азот, вследствие чего снижается доза применяемых азотных удобрений, что способствует защите окружающей среды и ресурсосбережению агроэкосистемы. Ресурсосберегающая технология, улучшая экологическую обстановку агроэкосистемы, с повышением доли автотрофного азотного питания сои позволяет уменьшить норму азотного удобрения от 50 до 77%. Технология возделывания культуры является одним из регуляторов агроэкосистемы. Применение таких приемов инновационной технологии обеспечивает ресурсосбережение за счет снижения азотных удобрений. В настоящее время необходимость внедрения экологически безопасных инновационных технологий сберегающего земледелия продиктована экологической обстановкой и потребностью сократить прямые производственные затраты. При интерпретации полученных нами экспериментальных материалов нужно отметить, что достоинствами ресурсосберегающих Mini-till технологий являются: сокращение числа технологических операций по обработке почвы; восстановление, сохранение и повышение почвенного плодородия; снижение подверженности почвы эрозии; улучшение состояния экосистемы и снижение текущих затрат.

Ключевые слова: соя, агроэкосистема, экологические проблемы, ресурсосбережение, азотфиксация.

¹Suleimenova N. Sh., ^{2*}Kuandykova E.

¹Professor, doctor of agricultural sciences, naziya44@gmail.com

²PhD student *e-mail: 9Elnara@gmail.com

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

Ecological Problems of Soybean Agroecosystem in the Conditions of the Southeast of Kazakhstan

The article presents the results of the study of the ecological problems of the agroecosystem in soybean cultivation in the southeast of Kazakhstan. The rational use of the bioenergetic resource and the biological potential of the culture studied is proved, due to the ability of nitrogen fixation – to bind atmospheric nitrogen, as a result of which the dose of applied nitrogen fertilizers is reduced, which contributes to the protection of the environment and the resource saving of the agroecosystem. Resource-saving technology, improving the ecological situation of the agroecosystem, with an increase in the share of autotrophic nitrogen supply of soybeans allows to reduce the norm of nitrogen fertilizer from 50 to 77%. Technology of cultivation of culture is one of the regulators of the agroecosystem. The use of such methods of innovative technology provides resource-saving due to the reduction of nitrogen fertilizers. At present, the need to introduce environmentally safe innovative technologies of saving agriculture is dictated by the environmental situation and the need to reduce direct production costs. In interpreting the experimental materials obtained by us, it should be noted that the advantages of resource-saving Mini-till technologies are: – Reducing the number of technological operations for processing soil, – Restoring, maintaining and increasing soil fertility, – Reducing soil erosion, – Improving ecosystem ecology and lower operating costs.

Key words: soybean, agroecosystem, environmental problem, resource-saving, nitrogen fixation.

¹Сулейменова Н.Ш., ^{2*}Куандыкова Э.М.

¹а-ш.ғ.д., профессор, e-mail: naziya44@gmail.com

²PhD докторант, *e-mail: 9Elnara@gmail.com

Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Оңтүстік-шығыс Қазақстан жағдайында майбұршақ агроэкожүйесінің экологиялық мәселелері

Бұл мақалада оңтүстік-шығыс Қазақстан жағдайындағы майбұршақ агроэкожүйесінің экологиялық мәселелері бойынша зерттеудердің нәтижелері көлтірілген. Майбұршақ, өнімділігін арттыру мақсатында ресурсунемдеу технологиясын қолдануда, оның биоэнергетикалық потенциалы мен биологиялық потенциалын ұтымды пайдалану зерттелініп отырғаны дәлелденді, азотфиксация қабілетіне байланысты – атмосфералық азотты байланыстыру салдарынан қолданбалы азотты тыңайтқыштардың дозасы азаяды, бұл қоршаған ортаны қорғауға және агроэкожүйенің ресурсунемдеуіне ықпал етеді. Ресурсунемдеу технологиясы агроэкожүйенің экологиялық жағдайын жақсарту үшін, майбұршақтың автотрофты азоттық қорегінің үлесін арттыру және азотты тыңайтқыштардың нормасын 50-ден 77% азайтуға мүмкіндік береді. Дақылды өсіру технологиясы агроэкожүйенің реттеушілерінің бірі болып табылады. Мұндай инновациялық технологияларды қолдану әдісі азоттық тыңайтқыштардың азауына байланысты ресурстарды үнемдеуді қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта егіншілікте экологиялық инновациялық технологияларды енгізу, экологиялық жағдайдың өзгеруіне қатысты және түпкілікті өнім алу үшін тікелей өндірістік шығындардың қажеттіліктерін қысқартуға байланысты туындалған отыр. Біздің экспериментальдық зерттеулер бойынша ресурсунемдеу Mini-till технологиясы бойынша – топырақ өңдеуге арналған технологиялық жұмыстардың санын азайту; – топырақтың құнарлығын қалпына келтіру, сақтау және арттыру; – топырақ әрозиясын азайту, – экожүйе экологиясын жақсарту және жұмыстардың шығындарын азайту.

Түйін сөздер: соя, агроэкожүйе, экологиялық мәселелер, ресурс үнемдеу, азотфиксация.

Введение

Перспектива обзора и видения естественных наук заключается в полярности развития технологии производства и сохранения экологического потенциала окружающей среды. В этой дилемме проблем особо актуальной является экологическое равновесие. К сожалению, современные передовые достижения техники и науки в положении почти полной конфронтации с окружающей средой и оказывают деструктивное воздействие на экологическое равновесие [1]. Этот злободневный вопрос возникает прежде всего в аграрной сфере, так как сельское хозяйство занимает потенциальное место в функционировании экосистемы [2].

В аграрном производстве соя (*Glycine max* (L.) Merr.) входит в число главнейших белково-масличных культур. Отличается комплексом ценных свойств растений, зерна сои и универсальностью использования. Значение этой культуры в мировой экономике постоянно возрастает, что связано с высоким содержанием белка (40-45%) и масла в семенах (20-25%) [3].

Соя, сельскохозяйственная культура третьего тысячелетия, благодаря способности связывать атмосферный, азот представляет технологический интерес в севооборотах, обеспечивает ресурсосбережение, снижение доз азотных удобрений и способствует защите окружающей среды

[4]. По своей природе соя является теплолюбивой культурой короткого дня, ее биологический потенциал позволяет выращивать сою в широком диапазоне климатических условий [5].

Особый интерес к сое, обусловленный мировой тенденцией выращивания энергонасыщенных растений, не обходит стороной и Республику Казахстан. Возделывание сои способствует решению проблемы обеспечения населения Республики растительным маслом, животноводство – кормовым белком, промышленность – сырьем. У нас наиболее благоприятной природно-климатической зоной для возделывания этой культуры является юго-восточный регион. В последние годы наблюдается тенденция увеличения площадей посевов от 32 тыс. га в 2008 до 54 тыс. га уже в 2010 году. Придавая большое значение сое как стратегической культуре в народном хозяйстве, Правительство Республики запланировало значительное поэтапное расширение ее посевов. Запланированное расширение площадей по программе «МажиКо» к 2020 году до 400 тыс га свидетельствует о возрастающем интересе товаропроизводителей к этой культуре. Соя ввиду своих биологических особенностей обеспечивать на 75% свою потребность и потребность последующих за ней в севообороте культур в азотном питании, является одной из востребованных культур в земледелии [6, 7].

Поэтому, на современном этапе приоритетным направлением научных исследований является обеспечение устойчивого производства качественной биологической продукции при рациональном использовании природного ресурса, биоэнергетического потенциала возделываемой культуры.

В решении этой проблемы можно руководствоваться следующими основными типами технологий по интенсивности производства, как простые (традиционные) технологии, интенсивные технологии, высокointенсивные и инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Задача инновационной технологии возделывания сельскохозяйственных культур – это обеспечение высокой урожайности выращиваемых растений при минимальных затратах труда и материально-финансовых средств на единицу продукции. При этом современная инновационная технология возделывания сельскохозяйственных культур предполагает ресурсосбережение агроэкосистемы, сохранение почвенного плодородия [8, 9, 10]. Поэтому все элементы и приемы инновационной технологии агроэкосистемы должны быть почвозащитными, влагосберегающими и гумусосберегающими. В первую очередь это удел интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных растений, которые активно разрабатываются и внедряются [11, 12].

В связи с чем, приемы, применяемые при инновационной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, должны быть направлены: на подбор наиболее продуктивных энергоемких культур; выявление эффективности применения биологически активных веществ на посевах; изучение элементов ресурсосберегающих технологий; внедрение результатов разработки энергосберегающих элементов технологий возделывания в условиях климатических изменений.

При решении таких весьма актуальных проблем выращивание изучаемой зернобобовой культуры – сои мы основывались, с одной стороны, на биологических особенностях – высокой азотфикссирующей способности, с другой стороны, на эффективности ресурсосберегающих приемов технологии возделывания.

Масло сои полувысыхающее, отличается высоким содержанием физиологически активных незаменимых жирных кислот. Соя характеризуется неравномерным по фазам развития пот-

реблением большого количества питательных веществ. Создавая большую вегетативную массу и формируя семена с высоким содержанием жира и белка, соя нуждается в интенсивном минеральном питании. По данным исследователей, на формирование 1 ц зерна сои расходуется в среднем 8-10 кг азота, 2,0-3,5 кг фосфора и 3-4 кг калия [13]. В первый период роста от всходов до ветвления сое необходим фосфор, играющий важную роль при закладке генеративных органов. Критическим периодом в отношении азота является промежуток от фазы бутонизации до начала цветения, когда происходит прогрессивный рост вегетативной массы. Соя до начала цветения растения потребляет калия в 1,5 раза больше, чем азота, и в 1,8 раза больше, чем фосфора. Однако растение наибольшее количество калия использует в фазе формирования и налива бобов [14].

Соя при формировании урожая выносит из почвы большое количество доступного азота, однако, значительная часть его (примерно две трети), при хорошем развитии на корнях клубеньковых бактерий, усваивается из воздуха в процессе азотфиксации. Это объясняется симбиозом сои с клубеньковыми бактериями, само растение может удовлетворить потребность в азоте на 50-75 %. Для функционирования процесса азотфиксации необходимо наличие в почве соответствующих бактерий (*Rhizobium japonicum*) или внесение их с семенами. В настоящее время наиболее эффективным бактериальным препаратом является Ризовит-АКС или нитрагин. Результаты исследований питательного режима ученых свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к нормам внесения минеральных удобрений с учетом биологических особенностей культуры [15]. Поэтому, наряду с разработкой приемов инновационной ресурсосберегающей технологии сои, необходимо выявить оптимальные параметры норм внесения минеральных удобрений с учетом биологических особенностей сои. Нами изучено влияние $P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$, направленное на улучшение экологического состояния, поддержание стабильности агроэкосистемы и повышение продуктивности сои.

В данной статье освещена эффективность ресурсосберегающей инновационной технологии в решении экологических проблем агроэкосистемы сои в условиях юго-востока Казахстана.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования проводились на научно-экспериментальной станции «Агрониверситет» Казахского национального аграрного университета, расположенной на равнине северного склона Заилийского Алатау. Местность характеризуется резко континентальным климатом, короткой, но холодной зимой и длительным теплым периодом высоких температур воздуха, большим количеством солнечного света, интенсивным испарением влаги, низкой влажностью [16]. Эксперимент проводился на лугово-каштановых почвах тяжелого механического состава, характерных для предгорной зоны Тянь-Шанской горной системы.

Объектами исследования являются уникальная зернобобовая культура – соя (сорт Эврика), коротко-ротационный плодосменный севооборот. В качестве контроля в опытах послужила традиционная технология возделывания сои в соответствии с рекомендациями Системы ведения сельского хозяйства Алматинской области [17].

Полевые опыты и экспериментальные исследования проведены общепринятыми классическими приемами: экспериментом и наблюдением. Выдержаны все методические требования, предъявляемые к методике закладки полевых экспериментов, и проводились они по Б.А. Доспехову [18] и согласно методическим рекомендациям Бойко А.Т. и Карягина Ю.Г., ОАО «Vita» [19].

Биометрические и фенологические наблюдения проводились согласно рекомендации Института полеводства и овощеводства, Методике ГОС сельскохозяйственных культур по выращиванию зерновых, зернобобовых и масличных культур [20, 21]. Полученные экспериментальные материалы обработаны статистическим методом. Агрохимические исследования по определению питательного режима почвы (ГОСТ 17.4.4.02.) включали несколько обязательных процедур: – отбор проб; подготовку проб к анализу; определение содержания подвижных форм нитратного азота и фосфора [22]. Для определения содержания подвижных форм N-NO₃ и P₂O₅, мг/кг в почве использовался Фотоэлектроколориметр – ФЭК-КФК-2УХА-4,2. Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора из почвы раствором уксусной кислот концентрации моль/дм при отношении почвы к раствору 1:25 и последующем определении фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре [23].

Результаты

В силу специфической биологической особенности соя является культурой многопланового использования, являясь азотфиксатором, она обогащает почву азотом, улучшает ее структуру. При благоприятных условиях соя может оставлять в почве до 50-80 кг/га азота. Азот сои, в отличие от азота минерального, не загрязняет окружающую среду, легко усваивается растениями. Кроме того, возделывание сои позволяет резко снизить затраты на азотные удобрения, решая проблему ресурсосбережения. А, в производственных условиях при применении необоснованных доз минеральных удобрений наносит немалый вред окружающей среде.

Высокое содержание белка в вегетативной массе и зерне сои определяет ее большую потребность в азоте, которая в большей мере удовлетворяется за счет потребления его из атмосферы посредством симбиотической азотфиксации. Связывание молекулярного азота воздуха происходит в результате симбиоза растений со специфической группой клубеньковых бактерий – *Rhizobium japonicum* (Kirchner) Buchanan. Инфицированные клубеньковыми бактериями, а также соседние незараженные клетки коры корня начинают активно делиться, что приводит к образованию вздутия клубенька. Число клубеньков на одном растении сои может варьировать в значительных пределах, от единичных до нескольких сотен, в зависимости от условий функционирования ценотического сообщества [24].

Биологическая азотфиксация благоприятна для окружающей среды и является важным источником азота в сельском хозяйстве [25]. Увеличение доли биологического азота способствует уменьшению техногенной нагрузки на окружающую среду, снижению энергозатрат на производство сельхозпродукции [26].

Агроэкосистема, являясь механизмом устойчивого культивирования природных ресурсов в биологическую продукцию, отличается своими характерными особенностями от других экосистем всей биосфера [27]. Потенциал этого явления требует дополнительного раскрытия с помощью приемов технологии возделывания и микробиологических средств применяемых на посевах растений [28].

Реализация биологической азотфиксации культуры применительно к исследуемому региону изучена недостаточно, поэтому существуют перспективы для ее улучшения. Во время проведения различных исследований и национальных

конкурсов в США была зарегистрирована очень высокая урожайность (6000-8600 кг/га) семян сои [29]. И поскольку соевые семена богаты белком, ожидается, что получение таких высоких урожаев потребует высокого уровня азотного питания. В некоторой мере эта потребность может быть удовлетворена за счет почвенного азота и азотных удобрений. Поэтому роль биологической азотфиксации становится все более важной в связи с высокими расходами, связанными с использованием азотных удобрений, наряду с другими экологическими проблемами их использования.

Также нужно учесть, что при выращивании сои в новых районах азотфикссирующие бактерии поселяются на корнях и образуют клубеньки только после нескольких лет посева, так как в почве они встречаются в неактивной форме и в недостаточном количестве. Поэтому соя по своим биологическим особенностям нуждается в минеральных и бактериальных удобрениях, прежде всего, в бактериальном удобрении, содержащем жизнеспособные активные штаммы клубеньковых бактерий-азотфиксаторов, специфичных для зернобобовой культуры – сои.

Без инокулирования семян ризобиями симбиотический процесс усвоения атмосферного азота осуществляться не может, особенно на новых землях, где нет спонтанных форм этих микроорганизмов. Но и на старых пахотных участках, где постоянно возделывается соя, применение культурных отселектированных вирулентных и активных штаммов клубеньковых бактерий является эффективным приемом для оптимального роста развития этой ценной культуры и повышения урожайности сои.

Поэтому семена сои перед посевом в обязательном порядке нужно обрабатывать соевым нитрагином. Данный прием – инокуляция, нами принята как изучаемый ресурсосберегающий метод повышения потенциальной продуктивности самой культуры и является одним из существенных методов повышения плодородия почвы.

Нами при ресурсосберегающей технологии испытано два варианта внесения минеральных удобрений – $P_{60}K_{30}$ и на фоне этого варианта испытано – $N_{30}P_{60}K_{30}$ с обработкой семян нитрагином и без обработки. Для установления влияния изучаемых вариантов норм минеральных удобрений и инокуляции на активность формирования клубеньков и определение оптимальной нормы высева нами изучены 3 нормы высева 400, 600 и 800 тысяча штук /га при ширине междурядий 30 см.

При сравнительной оценке изучаемых норм минеральных удобрений, инокуляции и нормы высева за контроль – St принять посев сои без удобрений при традиционной технологии.

Изучаемые варианты приемов оказывают на рост и развитие сои не только надземной части и на подземную часть культуры. При таком росте и развитии сои, в зависимости от складывающихся абиотических факторов в корнях растений развиваются клубеньки.

Основным показателем эффективности симбиоза растений и клубеньковых бактерий является их количество и масса. Наблюдения и подсчеты количества образовавшихся клубеньков и их массы при традиционной технологии в изучаемых вариантах нормы высева без инокуляции показали, что на корнях сои образовалось очень мало клубеньков – 9,7-12,4 штук на одном растении.

Их количество возрастает при инокуляции семян нитрагином, но без удобрений количество клубеньков увеличивается и в зависимости от нормы высева – от 16,2 штук до 21,0 штук на одном растении и масса сухих клубеньков – 72,9-97,7 мг/растений. А на фоне традиционной технологии рекомендуемой дозы $N_{60}P_{180}K_{90}$ минеральных удобрений оказывает существенное влияние на количество образования азотфикссирующих клубеньков и составляет в пределах 27,7 и 29,5 штук на одном растении, а масса сухих клубеньков – 124,6-137,1 мг /растений (Таблица1).

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений с инокуляцией и нормы высева на число и массу клубеньков азотофиксирующих бактерий в корнях сои (среднее за годы исследования)

Технология	Варианты применения удобрений	Число клубеньков, штук/раст.			Масса клубеньков, мг/раст.		
		400 тыс. штук/га	600 тыс. штук/га	800 тыс. штук/га	400 тыс. штук/га	600 тыс. штук/га	800 тыс. штук/га
Традиционная	Без удоб.	9,7	12,4	11,6	42,0	57,7	55,1
	нитрагин	16,2	21,0	19,7	72,9	97,9	93,6
	$N_{60}P_{180}K_{90}$	27,7	29,5	27,4	124,6	137,1	130,1

Ресурсосб. Mini-till (16-18 см)	нитрагин	24,5	29,1	26,7	110,2	135,3	125,5
	$P_{60}K_{30}$	35,1	38,0	36,3	152,5	175,8	170,6
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	39,4	47,6	45,9	177,3	221,3	252,0
Ресурсосб. Mini-till (12-14 см)	нитрагин	28,2	30,5	24,9	126,9	151,9	118,8
	$P_{60}K_{30}$	33,9	37,8	30,3	157,9	176,4	143,3
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	35,8	39,1	32,5	161,0	181,8	152,7

При ресурсосберегающей Mini-till технологии инокуляция семян нитрагин оказывает существенное положительное влияние на образование клубеньков, где количество клубеньков увеличивается до 24,5-29,1 штук на одном растении в зависимости от нормы высева семян. При внесении $P_{60}K_{30}$ – 35,1-38,0 и внесении $N_{30}P_{60}K_{30}$ удобрений данная закономерность зависимости образования клубеньков сохраняется и составляет -39,4-47,6 штук/растений (на фоне ресурсосберегающей Mini-till на глубине 16-18 см). А масса клубеньков увеличивается в такой же последовательности, что и количество клубеньков по вариантам.

Внесение минеральных удобрений в дозе $P_{60}K_{30}$, являлось основным и оптимальным фоном применения инокулятора, поэтому увеличилась возможность образования клубеньков на корнях растений сои в 1,31-1,43 раза, а применение инокулятора на фоне $N_{30}P_{60}K_{30}$ только в 1,08 – 1,33 раза. В среднем за 3 года, наибольшее количество клубеньков на растениях сои образовалось при ширине посева 30 см с нормой высева 600 тысяч штук/га – 47,6 штук/растений и их масса повышается до 221,3 мг/растений.

Полученные результаты наших исследований подтверждаются данными ученых разных стран.

Инокуляция семян сои бактериями *Bradyrhizobium* значительно увеличивает урожай культуры. Эффект еще больше усиливается при сочетании инокуляции *Bradyrhizobium* и внесения фосфора в дозе 26 кг/га [30]. Образование большего количества клубеньков, повышение урожая семян и содержание азота в семенах возможны только при эффективной инокуляции семян и содержание азота в семенах возможны только при эффективной инокуляции семян адекватным количеством клубеньковых бактерий [31]. Существенное снижение жизнеспособности микроорганизмов (94,0-99,9%) может возникнуть в период между инокуляцией и посевом, поэтому методы инокуляции должны быть такими, чтобы свести потери клубеньковых бактерий к минимуму

му и даже к нулю. К настоящему времени точно установлено, что существуют большие различия в способностях разных штаммов *Bradyrhizobium* влиять на биологическую азотфиксацию.

Чтобы улучшить фиксацию азота, следует поощрять нулевую обработку почвы. Например, в аргентинских пампасах возделывание сои на большей части посевных площадей культуры (около 90%) осуществляется при нулевой обработке почвы [32]. В Бразилии такую обработку почвы используют почти в 50% севооборота на основе сои, и полученный при этом урожай аналогичен урожаю, полученному с почвы, обработанной традиционно [33]. При умеренных уровнях нитратов в почве количество и сухая масса клубеньков, количество фиксированного азота, доля фиксируемого азота и азотный баланс, обеспечивающий соей, оказываются выше при нулевой обработке [34].

Наши экспериментальные данные позволяют делать умозаключение, что инокуляция семян клубеньковыми бактериями повышает способность растений сои к автотрофному азотному питанию, где усваивается в пределах 30-65 кг/га азота из воздуха и оставляет в почве более 50 кг/га азота (за счет органических остатков после уборки сои). Этим самым, ресурсосберегающая технология, улучшая экологическую обстановку агрозоисистемы, с повышением доли автотрофного азотного питания сои позволяет уменьшить норму азотного удобрения от 50 до 77%.

В вариантах без удобрений с инокуляцией семян, при недостатке минерального азотного питания в почве, растение само стимулирует процессы симбиоза клубеньковых бактерий через азотфиксацию и получает недостающую часть азотного питания.

Применение таких приемов инновационной технологии обеспечивает ресурсосбережение за счет снижения азотных удобрений. В настоящее время необходимость внедрения экологически безопасных инновационных технологий сберегающего земледелия продиктована экологической обстановкой и потребностью сократить

прямые производственные затраты на получение конечного урожая. Таким образом, в условиях юго-востока Казахстана на старых пахотных участках, где постоянно возделывается соя, снижается микробиологическая способность почвы, обеспечивающая активацию азотфикссирующие бактерии и они встречаются в неактивной форме, недостаточном количестве в пределах 9,7 – 12,4 штук на одном растении и масса сухих клубеньков всего 42,-57,7 мг/растений.

При ресурсосберегающей Mini-till технологии инокуляция семян нитрагином оказывает существенное положительное влияние на образование клубеньков. Наибольшее количество клубеньков на растениях сои образовалось при ширине посева 30 см с нормой высева 600 тысяч штук/га – 47,6 штук /растений и их масса повышается до 221,3 мг/растений.

Инокуляция семян клубеньковыми бактериями повышает способность растений сои к автотрофному азотному питанию, где усваивается в пределах 30-65 кг/га азота из воздуха и оставляет в почве более 50 кг/га азота (за счет органических остатков после уборки сои). Ресурсосберегающая технология, улучшая экологическую обстановку агроэкосистемы, с повышением доли автотрофного азотного питания сои позволяет уменьшить норму азотного удобрения от 50 до 77%.

Для успешного функционирования симбиотического аппарата растений сои наряду с инокулированием необходимо поддержание оптимального водно-воздушного режима почвы в течение вегетационного периода, с учетом влияния абиотических факторов на формирование

агроэкосистемы.

При определенной взаимозависимости и подчинении экологических факторов агроэкосистемы в естественных природно-полевых условиях сама культура является регулятором экосистемы и увязывает все уровни, балансируя их. Кроме того, к агроэкосистеме предъявляется следующее требование – гарантированное получение урожая сельскохозяйственных культур, которое зависит от технологии возделывания. Поэтому, технология возделывания культуры является одним из регуляторов агроэкосистемы.

Научной основой технологии являются тепловые, водные и воздушные режимы агроэкосистемы, которые образуют связи между факторами жизни растений. Они базируются на законе перехода количества в качество факторов жизни растений. Тогда, каждому состоянию соответствуют количественные характеристики, которые изучены нами. Важнейшее значение для нормального функционирования агроэкосистем и обеспечения их высокой продуктивности имеют абиотические и биотические факторы. Приспособливаясь к абиотическим факторам среды и вступая в определенные биотические связи друг с другом, растения формируют многообразные экосистемы, а в конкретных условиях изучаемых вариантов технологии возделывания сои формируют агроэкосистему. Результаты учетов показателей абиотических факторов агроэкосистемы в годы исследований показали, что такие факторы, как температура воздуха, а также водный режим, характеризуются ярко выраженным сезонными и межвегетационными колебаниями и динамикой (Таблица 2).

Таблица 2 – Потребность сои к абиотическим факторам окружающей среды по фазам вегетации в годы исследований (за 2015-2017 гг.)

Фаза роста и развития растений	Вегетационный период сои	
	Продолжительность фенофазы, дней	Оптимальная температура, °C
Прорастание семян	7-10	20-22
Всходы	10-15 (обраются первые клубеньки на корнях)	21-23
Ветвление	22-24	22-24
Цветение	42-44	25-27
Налив семян	17-19	22-24
Созревание	12-14	20-24
Продолжительность вегетации	110 – 126 дней	22,8°C

Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период развития сои составила в среднем 22,8°C, при максимальных значениях до 26,5- 27,0°C, экстремальное значение достигло 38,4°C с колебанием в пределах 1,6 – 8,0 °C.

Доказано, что сумма эффективных температур колебалась в пределах 2389-2575°C, вполне соответствует требованиям растений и их сумма достаточна для завершения вегетационного периода, т.е. для прохождения жизненного цикла культуры сои от начала вегетации до созревания. При таком температурном режиме складываются оптимальные значения теплообеспеченность вегетационного периода. Продолжительность фенологических faz развития и продолжительность жизненного цикла в годы исследований колебалась от 110 дней до 126 дней в зависимости от складывающихся экологических условий.

Соя предъявляет повышенные требования к влаге, хотя и не одинаково в каждый период роста. После посева сои в период посева – полные всходы сои, в посевном слое почвы было достаточное количество продуктивной влаги, а сумма активной температуры воздуха колебалась в пределах оптимальных величин. При такой обеспеченности агрокосистемы абиотическими факторами в посеве сои складывались оптимальные условия для роста и развития сои. В период начала цветения – начала налива бобов для поддержания пороговой влажности почвы в пределах оптимального водного режима и для восполнения дефицита проводились от 3 до 5 поливов.

Таким образом, в зависимости от складывающихся экологических условий формирование агрофитоценоза характеризуется специфическими особенностями, где абиотические факторы оказывают существенное влияние в определенной динамике и создают оптимальные температурные и водные режимы роста и развития сои при ресурсосберегающей технологии.

Полученные результаты роста и развития свидетельствуют о том, что минеральные удобрения непосредственно способствуют достижению наибольшей высоты стояния сои и накоплению сухого вещества. Внесение минеральных удобрений в дозе $P_{60}K_{30}$ обеспечивает увеличение линейного роста растений на 11-16% и при увеличении дозы до $N_{30}P_{60}K_{30}$ на 21% и накопление сухих веществ увеличилось в соответствующих дозах в пределах 9% и 12%, что связано с улучшением снабжения растения элементами питания. Высота растений по годам колебалась в пределах 47,3 и 70,7. Она возрастала с увеличением нормы высева.

При рядовом посеве сои с 30 см шириной наименьшая высота растений отмечена в вариантах с самой низкой нормой высева семян – 40,3 см., а при увеличении до 800 тысяч штук/га она достигала 63,5 см. Это связано с тем, что улучшается световой режим, который стимулирует увеличение высоты растений. Высота прикрепления нижних бобов напрямую зависела от высоты растений и изменялась вместе с ней. Среднее количество зерен в бобах сои по годам варьировало от 1,6 до 2,5 штук, масса 1000 семян – от 104,8 до 142,4 г (Таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивность сои в зависимости от применения минеральных удобрений с инокуляцией в годы исследований, ц/га

Технология	Варианты применения удобрений	Урожайность в годы исследований, ц/га	Прибавка в	
			ц/га	%
Традиционная технология	Без удобрений	19,8	St	-
	нитрагин	21,9	2,1	10,6
	$N_{60}P_{180}K_{90}$	26,0	6,2	31,3
Ресурсосберегающая – плоскорезная обработка, на глубине 16-18 см	нитрагин	22,7	2,9	14,6
	$P_{60}K_{30}$	25,5	5,7	28,7
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	26,9	7,1	35,8
Ресурсосберегающая – плоскорезная обработка на глубине 12-14 см	нитрагин	24,0	4,2	21,2
	$P_{60}K_{30}$	25,7	5,9	29,7
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	26,3	6,5	32,8
В годы исследований	2015 год	2016 год	2017 год	
HCP ₀₅ , ц/га =	1,85	2,15	2,3	
S _x , % =	2,75	3,06	3,87	

В зависимости от результатов структурного спнопового анализа продуктивности сои, при традиционной технологии без удобрений составляет всего 19,8 ц/га. На этом фоне, когда семена сои перед посевом были обработаны нитрагином, урожайность сои повышается на 2,1 ц/га. Применение нитрагина оказывает на симбиотическую активность, увеличивает количество и массу клубеньков на корнях растений сои, которые улучшают азотное питание посевов с последующим повышением продуктивности культуры. При ресурсосберегающей технологии на фоне фосфорно-калийного удобрения ($P_{60}K_{30}$) урожайность сои повышается до 25,5 ц/га, то есть на 28,7%, обеспечивая прибавку урожая – 5,7 ц/га и полное внесение удобрений ($N_{30}P_{60}K_{30}$) – до 26,9 ц/га (на 35,8%) и обеспечивает получение дополнительного урожая до 7,1 ц/га.

Сравнительная оценка отзывчивости сои на уровень минерального питания показала, что в силу своих физиологических особенностей соя отчетливо реагирует на изменения питательного режима почвы. Внесение фосфорных и калийных удобрений на фоне обработки семян нитрагином урожайность сои повышается до 25,7 ц/га ($P_{60}K_{30}$) и до 26,3 ц/га ($N_{30}P_{60}K_{30}$).

Учет урожая зерна сои показал, что более высокая прибавка урожая от применения минеральных удобрений с инокуляцией составляет 6,5 – 7,1 ц/га по сравнению с урожаем на контроле 19,8 ц/га.

Заключение

В условиях юго-востока Казахстана на старых пахотных участках, где постоянно возделывается соя, снижается микробиологическая способность почвы, что обеспечивает активацию азотфиксаций бактерий, при этом они встречаются в неактивной форме, в недостаточном количестве в пределах 9,7 – 12,4 штук на одном растении и масса сухих клубеньков – всего 42,0–57,7 мг/растений

При ресурсосберегающей Mini-till технологии инокуляция семян нитрагином оказывает существенное положительное влияние на образования клубеньков. Наибольшее количество клубеньков на растениях сои образовалось при ширине посева – 30 см с нормой высева 600 тысяч штук/га – 47,6 штук/растений и их масса повышается до 221,3 мг/растений. Инокуляция семян клубеньковыми бактериями повышает способность растений сои к автотрофному азотному питанию, где усваивается в пределах 30-65 кг/га азота из воздуха и оставляет в почве более 50 кг/га азота. Ресурсосберегающая технология, улучшая экологическую обстановку агроэкосистемы, с повышением доли автотрофного азотного питания сои и позволяет уменьшить норму азотного удобрения от 50 до 77%.

Выявлено, что в зависимости от складывающихся экологических условий формирования агрофитоценоза характеризуется специфическими особенностями, где абиотические факторы среды и вступая определенные биотические связи, растения формируют в зависимости от технологии возделывания сои агроэкосистему. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период развития сои составила в среднем – 22,8°C, при максимальных значениях до 26,5- 27,0°C, экстремальное значение достигло 38,4°C с колебанием в пределах 1,6 – 8,0 °C. Продолжительность жизненного цикла в годы исследований колебалась от 110 дней до 126 дней в зависимости от складывающихся экологических условий и создают оптимальные режимы роста и развития сои при ресурсосберегающей технологии.

В силу своих физиологических особенностей и отзывчивости сои на уровень минерального питания, соя отчетливо реагирует на изменения питательного режима почвы. Внесение фосфорных и калийных удобрений на фоне обработки семян нитрагином урожайность сои повышается от 25,7 ц/га до 26,3 ц/га с получением прибавки урожая 6,5 – 7,1 центров с каждого гектара.

Литература

- Каледин А.П., Абдулла-Заде Э.Г., Дёжкин В.В. Эколого-экономические проблемы АПК. Эколого-экономические аспекты современного природопользования. – М.: МГООиР, – 2011. – С. 157-166.
- Миркин Б.М., Беседы об устойчивости экосистем / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова // Экология и жизнь. – 2005. – № 2. – С. 33-37.
- DSR Director's Report and Summary Tables of Experiments (2008-2009). All India Coordinated Research Project on Soybean, Directorate of Soybean Research, Indore, India. – 2009. С. 59.
- Мильто Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. – Минск, 1982. – С. 296.

Жученко А.А. Пути повышения устойчивости сельскохозяйственного производства в современных условиях. Главные приоритеты адаптации растениеводства к неблагоприятным погодным условиям. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции 13-15 июля 2005г. Орел, 2005, С. 6-11.

Сулейменова Н.Ш., Райымбекова И. К. Экологические аспекты возделывания сои как ценной кормовой культуры // Материалы 2-ой международной научно-практической конференции, Украина, Каменско-Подольский, -2012 С. 402-404.

Тильба В.А. Технология возделывания сои в Амурской области / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская, Н.Д. Фоменко и др. – Благовещенск, 2009. – С. 72.

Сулейменова Н.Ш., Мазиров М.А., Райымбекова И.К. Экологически безопасный прием стабилизации фитосанитарной устойчивости агрофитоценозов в технологии возделывания сои // Ж. «Вестник Алтайского государственного аграрного университета», №3 (89), 2012. С. 10-15.

Беседин Н.В., Соколова И.А. Значение зернобобовых культур на примере сои в современных системах земледелия. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 8 (70), 2010. – С.16-19.

Миннебаева И.Ф. Влияние ресурсосберегающих приемов основной обработки почвы и прямого посева (No-till) на гумусное состояние чернозема выщелоченного южной лесостепи Республики Башкортостан: Диссертация кандидата сельскохозяйственных наук, специальность 06.01.01. – общее земледелие. – Уфа, 2011. – С.45-58.

Ревякин Е.Л., Табашников А.Т., Самойленко Е.М., Драгайцев В.И. Ресурсосберегающие технологии: состояние, перспективы, эффективность: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – С. 11.

Krophomou B.K., Sapra V.T., Beyl C. A. Sensitivity to drought stress of three soybean cultivars during different growth stages. J. Agron. Crop Ic. 1990. 164:2: P. 104-109.

Гладков В.Н. Влияние системы основной обработки чернозема выщелоченного на плотность сложения, развитие клубеньковых бактерий и урожайность сои в низменно-западинном агроландшафте / Гладков В.Н. // Тр. Кубан. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 1 (34). – С. 164-166.

Василько В. П. Альтернативные технологии возделывания сои на выщелоченном черноземе центральной зоны Краснодарского края в условиях орошения / В. П. Василько, В. Н. Гладков // Альтернативные технологии в земледелии Краснодарского края: тр. /КубГАУ/. Вып. 408 (436). – Краснодар, 2004. – С. 142-147.

Саданов А.К., Ултанбекова Г.Д., Тореханов А.А. и др. Изучение действия препарата «РИЗОВИТ-АКС» на урожайность сои в крестьянских хозяйствах Алматинской области // Известия НАН РК. Серия биологическая, 2013. – С. 60-62.

Алишева К. Природные ресурсы Казахстана, их использование и охрана. Почвенные ресурсы и их охрана. //Экология Алматы HAS, 2006. – С. 64-105.

Кененбаев С. Б., Сагитов А. О., Ыскак С. и др. Система ведения сельского хозяйства Алматинской области: Рекомендации. – Алматы: «Нұрлы Алем», 2005. – С. 292.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 351.

Бойко А.Т., Карягин Ю.Г. Методические Рекомендации. Соя высокобелковая культура. – Алматы: ОАО «Vita», 2004. – С. 18.

Бечей Г. Сои. Общие положения и рекомендации по выращиванию //Институт полеводства и овощеводства. – Новый Сад: «Соя протеин», 2001. – С. 20.

Новикова А.М., Новикова Д.А. Методология научного исследования. – М.: Либроком. 2010. – С. – 280.

Елешев Р.Е. и др. Практикум по агрохимии, каз. – Алматы, 2014. – С. 264.

Спирина В.З., Соловьева Т.П. Агрохимические методы исследования почв, растений и удобрений: Учебное пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – С. 336.

Емцев В. Т., Мишустин Е. Н. Микробиология. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005. – С. 445.

Unkovich, M.J. and Pate J.S. An appraisal of recent field measurements of symbiotic N₂ fixation by annual legumes. Field Crops Research 65, 2000. – Р. 211-228.

Коць С., Маменко П. Инокуляция и инкрустация семян сои: обзор технологии применения и рынка препаратов // Современные агротехнологии по применению биопрепартов и регуляторов роста/ Спецвыпуск ж. Пропозиция – 2015. – С. 24-28.

Сулейменова Н.Ш., Жараспаева С.М., Абыльдаев Е.С. Минимальная обработка почвы как прием ресурсосберегающей технологии возделывания сои// Матер. международной научно-практической конференции «Новая стратегия научно-образовательных приоритетов в контексте развития АПК», посвященной 85-летию КазНАУ. – Алматы, 2015. – С. 97-101.

Brockwell J., Gault R.R., Herridge D.F., Morthocope L.J. and Roughley R.J. Studies on alternative means of legume inoculants: microbiological and agronomic appraisals of commercial procedures for inoculating soybeans with *Bradyrhizobium japonicum*. Australian Journal of Agricultural Research 39, 1988. P. 965-972.

Cooper R.L. A delayed flowering barrier to higher soybean yields. Field Crops Research 82, 2003. P. 27-35.

Ndakidemi P.A., Dakora F. D., Nkonya E.M., Ringo D. and Mansoor H. Yield and economic benefits of common bean (*Phaseolus vulgaris*) and soybean (*Glycine max*) inoculation in northern Tanzania. Australian Journal of Experimental Agriculture 46, 2006. P. 571-577.

Albureda M., Rodriguez-Navarro D.N. and Temprano F.J. Soybean inoculation: Dose N fertilizer supplementation and rhizobia persistence in soil. Field Crops Research 113, 2009. P. 352-356.

Austin A.T., Pineiro G and Gonzales-Polo M. More or less: Agricultural impact on the N cycle in Argentina. Biogeochemistry 79, 2006. P. 45-60.

Alves B.J.R., Boddey R.M., Urquiaga S. The success of BNF in soybean in Brazil. Plant and Soil 252, 2003. P. 1-9.

Herridge D.F. and Holland J.F. Production of summer crops in northern New South Wales. I. Effects of tillage and double cropping on growth, grain and N yields of six crops. Australian Journal of Agricultural Research 43, 1992. P. 105-122.

References

- Albureda M., Kodriguez-Navarro D.N. and Temprano F.J. (2009) Soybean inoculation: Dose N fertilizer supplementation and rhizobia persistence in soil. *Field Crops Research* 113, pp. 352-356.
- Alisheva K. (2006) Natural resources of Kazakhstan, their use and protection. Soil resources and their protection [Natural resources of Kazakhstan, their use and protection. Soil resources and their protection]. Foresight-Russia, Ecology- Almaty HAS, pp. 64-105.
- Austin A.T., Pineiro G. and Gonzales-Polo M. (2006) More or less: Agricultural impact on the N cycle in Argentina. *Biogeochemistry* 79, pp. 45-60.
- Alves B.J.R., Boddey R.M., Urquiaga S. (2003) The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant and Soil* 252, pp. 1-9.
- Bečej G., (2001) Soya. Obschie polozheniya i rekomendatsii po viraschivaniyu [Soya. General regulations and recommendations for cultivation] Foresight-Russia Institute of Field Crops and Vegetable Production – Novy Sad: "Soya protein" p.20.
- Boyko A. T., Karygin, Y. G. (2004) Soya visokobelkovaya kultura [Guidelines. Soya as a high protein crop]. Foresight-Russia, Methodical Recommendations. Almaty: JSC "Vita" p. 18.
- Besedin N.V., Sokolov I.A. (2010) Value of leguminous cultures on the example of soy in the modern systems of agriculture [The importance of leguminous crops on the example of soybean in modern farming systems]. Foresight-Russia, Bulletin of the Altai State Agrarian University vol. 8 (70), – pp.16-19.
- Brockwell J., Gault R.R., Herridge D.F., Morthocope L.J. and Roughley R.J. (1988) Studies on alternative means of legume inoculants: microbiological and agronomic appraisals of commercial procedures for inoculating soybeans with *Bradyrhizobium japonicum*. *Australian Journal of Agricultural Research* 39, pp. 965-972.
- Cooper R.L. (2003) A delayed flowering barrier to higher soybean yields. *Field Crops Research* 82, pp. 27-35.
- Dospekhov B. A. (1985) Metodika polevogo opyta [Field experiment methods]. Foresight-Russia, B. A. Dospekhov – M.: Agropromizdat – p. 351.
- DSR (2009) Director's Report and Summary Tables of Experiments (2008-2009). All India Coordinated Research Project on Soybean, Directorate of Soybean Research, Indore, India. p.59.
- Eleshev R. E. (2014) Praktikum po agrohimii [Workshop on agricultural chemistry]. Foresight-Russia Kazakhstan, Almaty – p. 264.
- Emtsev V. S., Mishustin E. N. (2005) Microbiologies [Microbiology]. Foresight-Russia, – 5th edition, revised and amended. -M.:Drofa, – p. 445.
- Gladkov V.N. (2012) Influence of system of the main processing of the chernozem of the addition leached on density, development of klubenkovy bacteria and productivity of soy in a low zapadinnom an agrolandscape [Influence of the system of basic treatment of chernozem leached on the build-up density, the development of nodule bacteria and the yield of soybean in the low-valued agrolandscape]. Foresight-Russia, Gladkov VN Tr. The Cuban. state. agrarian. University. – vol. 1 (34). – pp. 164-166.
- Herridge D.F. and Holland J.F. (1992) Production of summer crops in northern New South Wales. I. Effects of tillage and double cropping on growth, grain and N yields of six crops. *Australian Journal of Agricultural Research* 43, pp. 105-122.
- Kaledin, A. P., Abdullah-Zadeh, E. G., Dezhkin V. V. (2011) Ekologo-ekonomicheskie problemy APK, Ekologo-ekonomicheskie aspekti sovremennoego prirodopolzovaniya [Ecological-economic problems of the AIC, Ecological and economic aspects of modern environmental management]. Foresight-Russia – M.: MGOOiR – pp. 157-166.
- Kenenbaev S.B., Sagitov A.O., Yskak S. et al. (2005) The agricultural system of Almaty region [The agricultural system of Almaty region]. Foresight-Russia, Recommendations – Almaty: Nurly Alem LLP p. 292.
- Kots, S., Mamenko P. (2015) Inokulyation and incrustation of seeds of soy: review of technology of application and market of medicines [Inoculation and inlaying of soybean seeds: a review of the technology of application and the market of preparations]. Foresight-Russia, Modern agrotechnologies on the use of biopreparations and growth regulators / Special issue. The proposition is. – P. 24-28.
- Kpoghomou B.K., Sapra V.T., Beyl C. A. (1990) Sensitivity to drought stress of three soybean cultivars during different growth stages. *J. Agron. Crop Ic.* 164.2. pp. 104-109.
- Milto N.I. (1982) Klubenkovy bacteria and efficiency of bean plants [Nodule bacteria and the productivity of legumes]. Foresight-Russia, Minsk, p.-296.
- Minnebaeva I.F. (2011) Influence of resource-saving methods of the main processing of the soil and direct crops (No-till) on a humus condition of the chernozem lixivious southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan [Effect of resource-saving methods of basic tillage and direct sowing (No-till) on the humus state of the chernozem of the leached southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan]. Foresight-Russia, The dissertation of the candidate of agricultural sciences, specialty 06.01.01. General agriculture. Ufa, 2011. p.45-58.
- Mirkin B. M. (2005) Conversations about stability of ecosystems [Conversations about the sustainability of ecosystems]. Foresight-Russia, B. M. Mirkin, L. G. Naumova Ecology and life. – vol. 2, pp. 33-37.
- Ndakidemi P.A., Dakora F. D., Nkonya E.M., Ringo D. and Mansoor H. (2006) Yield and economic benefits of common bean (*Phaseolus vulgaris*) and soybean (*Glycine max*) inoculation in northern Tanzania. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, pp. 571-577.
- Novikova A. M., Novikov D. A. (2010) Metodologiya nauchnogo issledovaniya [Methodology of scientific research] Foresight-Russia. – M: Librokom. – p. 280.
- Revyakin E.L., Tabashnikov A.T., Samoylenko E.M., Dragatsev V.I. Resource-saving technologies: state, prospects, efficiency [Resource-saving technologies: state, prospects, efficiency]. Foresight-Russia, scientific. ed. – Moscow: FGBIC "Rosinformagrotekh", 2011. – p. 11.

Sadanov A. K., Sultanbekova G. D., Torekhanov A. A. (2013) Studying of effect of the medicine “RIZOVIT-AKS” on productivity of soy in country farms of Almaty region [Study of the effect of the drug “RIZOVIT-AKS” on the yield of soybeans in peasant farms in the Almaty region]. Foresight-Russia, News of NAS of RK. Biology series, – pp. 60-62.

Spirina V. Z., Solovyova T.P. (2014): Agrohimicheskie metodi issledovaniya pochv, rasteniy i udobreniy [Agrochemical methods of studying soils, plants and fertilizers]. Foresight-Russia, Textbook. – Tomsk, Publishing House the Tomsk State University: – p. 336.

Suleimenova N.Sh., Mazirov M.A., Raymbekova I.K. (2012) Ecologically safe reception of stabilization of phytosanitary stability of agrofitotsenoz in technology of cultivation of soy [Ecologically safe reception of stabilization of phytosanitary stability of agrophytocenoses in technology of soybean cultivation]. Foresight-Russia, J. “The Bulletin of the Altai State Agrarian University”, vol. 3 (89), pp. 10-15

Suleimenova N.Sh., Raymbekova I.K. (2012), Ecological aspects of cultivation of soy – as valuable fodder culture [Ecological aspects of soybean cultivation – as a valuable forage crop]. Foresight-Russia, Materials 2- intern. scientific and practical work. conferences, Ukraine, Kamensk-Podilsky, pp. 402-404.

Suleimenova N.Sh., Zharaspayeva S.M., Abildaev E.S. (2015) Minimum processing of the soil as reception of resource-saving technology of cultivation of soy [Minimal soil cultivation as a method of resource-saving technology of soybean cultivation]. Foresight-Russia, Mater. int. scientific-practical. conf. “The new strategist is a scientific image. priorities in the context of the development of the agro-industrial complex “, dedicated. 85 l-th Kaznau, Almaty, pp. 97-101.

Tilba V.A. (2009) Technology of cultivation of soy in the Amur region [Technology of soybean cultivation in the Amur Region]. Foresight-Russia, VA Tilba, VT Sinegovskaya, N.D. Fomenko and others Blagoveshchensk, p. – 72

Unkovich, M.J. and Pate J.S. (2000) An appraisal of recent field measurements of symbiotic N₂ fixation by annual legumes. Field Crops Research 65, pp. 211-228;

Vasilko V.P. (2004) Alternative technologies of cultivation of soy on the lixivious chernozem of the central area of Krasnodar Krai in the conditions of irrigation [Alternative technologies of soybean cultivation on leached chernozem of the central zone of the Krasnodar Territory under irrigation conditions]. Foresight-Russia, VP Vasilko, VN Gladkov Alternative technologies in agriculture of the Krasnodar Territory: tr. KubSAA. Issue. 408 (436). – Krasnodar, 2004. – pp. 142-147.

Zhuchenko A.A. (2005) Ways of increase in stability of agricultural production in modern conditions. Main priorities of adaptation of crop production to adverse weather conditions [Ways to improve the sustainability of agricultural production in modern conditions. The main priorities of the adaptation of crop production to unfavorable weather conditions]. Foresight-Russia, Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference July 13-15. Orel, pp. 6-11.

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім	Раздел 1
Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
<i>Akmukhanova N.R., Kokocinski M., Bauyenova M.O., Bolatkhan K., Sadvakasova A.K., Zayadan B.K.</i> Opportunities to use the consortium of higher aquatic plants and microalgae in the treatment of polluted aquatic ecosystems	4
<i>Буркитбаев М.М., Курманбаева М.С., Бачилова Н.В., Ережепова Н.Ш., Джумаханова Г.Б., Ходжасабаева Д.А.</i> Эффективность влияния серосодержащих нанокомпозитов и препаратов на продуктивность пшеницы (<i>Triticum L.</i>).....	12
<i>Мамутов Ж.Ү., Бірімжанова З.С., Абдрахимова Ә.О.</i> Биогумусты пайдаланудың тиімді тәсілдерін іздестіру нәтижелері	23
<i>Нұржанова А.А., Пидлинук В., Муратова А.Ю., Бержанова Р.Ж., Абит К., Нұрмагамбетова А., Нұржанов Ч., Мукашева Т.Д., Бектилеуова Н.К.</i> Фиторемедиация загрязненных металлами почв с помощью биоэнергетического вида <i>Miscanthus X Giganteus</i>	32
2-бөлім	Раздел 2
Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және түрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения
<i>Alybayeva R.A., Kruzhayeva V., Abdrazakova G., Atabayeva S., Asrandina S.</i> Investigation of the influence of genotypic factors on the accumulation of heavy metals by wheat	48
<i>Акмуханова Н.Р., Болатхан К., Бауенова М.О., Садвакасова А.К., Заядан Б.К.</i> Биоиндикация на основе микроводорослей рекреационных районов озера Алаколь	58
<i>Имангалиева А.Н., Ишанова М.Н., Сейтханова Г.А.</i> Композитные материалы на основе шрота расторопши для очистки водных растворов от ионов Pb^{2+} и Cd^{2+}	68
<i>Жубанова А.А., Уалиева П.С., Абдиева Г.Ж., Малик А.М., Тастамбек К.Т., Акимбеков Н.Ш.</i> Изучение микробного разнообразия почв и воды, загрязненных стойкими органическими загрязнителями	77
3-бөлім	Раздел 3
Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
<i>Алексюк П.Г., Алексюк М.С., Богоявленский А.П., Березин В.Э.</i> Изучение биоразнообразия бактериофагов в экологически неблагополучной пресноводной экосистеме...	90
<i>Амалова А., Курманбаева М., Туруспеков Е., Иващенко А., Абидкулова К.</i> Онтогенетическая структура ценопопуляций <i>Tulipa Ostrowskiana</i> Regel в Заилийском Алатау.....	101
<i>Аметов А., Чилдибаева А., Сулейменова Н., Елебай Г.</i> Қапшағай су электростанциясынан төмөнгі ағысы аңғарының флорасы мен өсімдіктер жабынының трансформациялануы	115
<i>Burashev Y.D., Sultankulova K.T., Strochkov V.M., Sansyzbay A.R., Sandybayev N.T., Orynbayev M.B.</i> Phylogenetic analysis of surface HA gene, of equine influenza A/equine/LKZ/09/2012 (H3N8) virus strains.....	124
<i>Сулейменова Н.Ш., Куандыкова Э.М.</i> Экологические проблемы агроэкосистемы сои в условиях юго-востока Казахстана	132

CONTENTS

Section 1

Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protection

<i>Akmukhanova N.R., Kokocinski M., Bauyenova M.O., Bolatkhan K., Sadvakasova A.K., Zayadan B.K.</i> Opportunities to use the consortium of higher aquatic plants and microalgae in the treatment of polluted aquatic ecosystems	4
<i>Burkitbayev M.M., Kurmanbayeva M.S., Bachilova N.V., Erezhepova N.Sh.,</i> <i>Jumakhanova G.B., Khodjabayeva D.A.</i> Efficiency of Sulfur-Containing Nanocomposites and Drugs on the Productivity of Wheat (TRITICUM L.).....	12
<i>Mamutov Zh.U., Birimzhanova Z.S., Abdrazhimova A.O.</i> The Results of the Search for Effective Ways of Using Vermicompost	23
<i>Nurzhanova A.A., Pidlinuk V., Muratova A.Ju., Berzhanova R.Zh. Abit K.,</i> <i>Nurmagambetova A., Nurzhanov Ch., Mukasheva T.D., Bektileuova N.K.</i> Phyoremediation Soil Contaminated with Heavy Metals Using the Bioenergy Species Miscanthus X Giganteus.....	32

Section 2

Assessment of environmental pollution on biota and health

<i>Alybayeva R.A., Kruzhayeva V., Abdrazakova G., Atabayeva S., Asrandina S.</i> Investigation of the influence of genotypic factors on the accumulation of heavy metals by wheat	48
<i>Akmukhanova N.R., Bolatkhan K., Bauyenova M.O., Sadvakasova A.K., Zayadan B.K.</i> Bioindication on the basis of microalgae of recreational areas of Lake Alakol	58
<i>Imangalieva A.N., Ishanova M.N., Seilkhanova G.A.</i> Composite materials based on the thistle meal for the treatment of aqueous solution from Pb ²⁺ and Cd ²⁺ ions	68
<i>Zhubanova A.A., Ualieva P.S., Abdyeva G.Zh., Malik A.M., Tastambek K.T., Akimbekov N.Sh.</i> Study of Microbial Diversity of Soil and Water Polluted by Persistent Organic Pollutants.....	77

Section 3

Actual problems of biodiversity conservation

<i>Alexyuk P.G., Alexyuk M.S., Bogoyavlenskiy A.P., Berezin V.E.</i> Study of biodiversity of bacteriophages in environmentally adverse freshwater ecosystem	90
<i>Amalova A., Kurmanbayeva M., Turuspekov Y., Ivashchenko A., Abidkulova K.</i> Ontogenetic Structure Of Cenopopulations Of Tulipa Ostrowskiana Regel In Zailiysky Alatau	101
<i>Ametov A., Childibaeva A., Suleimenova N., Elepbay G.</i> Transformation of flora and vegetation in the lower reaches of the Ili River (below the Kapchagai HPP)	115
<i>Burashev Y.D., Sultankulova K.T., Strochkov V.M., Sansyzbay A.R., Sandybayev N.T., Orynbayev M.B.</i> Phylogenetic analysis of surface HA gene, of equine influenza A/equine/LKZ/09/2012 (H3N8) virus strains.....	124
<i>Suleimenova N. Sh., Kuandykova E.</i> Ecological Problems of Soybean Agroecosystem in the Conditions of the Southeast of Kazakhstan	132