

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

Индекс 75880; 25880

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№2 (59)

Алматы
«Қазақ университеті»
2019



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №2 (59) маусым

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

Индекс 75880; 25880



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

Қуәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

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

E-mail: Raygul.Niyazova@kaznu.kz

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

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

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

Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Шалахметова Т.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кенжебаева С.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Атабаева С.Дж., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Садырова Г.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Торегожина Ж.Р., х.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

Баубекова А.С., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

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

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

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

Абилев 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)

Томо Tatsuya, PhD докторы, профессор (Жапония)

Аллахвердиев Сулейман, PhD (Ресей)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Салмұрзаұлы Р., аға оқытушы (Қазақстан)

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



КАЗАК
УНИВЕРСИТЕТИ
Б А С П А Ү Й І

Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +7 747 125 6790

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Редакторлары:

Гульмира Бекбердиева

Агила Хасанқызы

Компьютерде беттеген

Айгүл Алдашева

ИБ № 12852

Пішімі 60x84 ¹/₈. Көлемі 10 б.т. Офсетті қағаз.

Сандық басылыс. Тапсырыс №3976. Бағасы келісімді.

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, 2019

ШОЛУ МАҚАЛАЛАРЫ

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

REVIEW ARTICLES

**Demirbağ Z.¹, Zayadan K.B.², Balouch H.^{2*},
Sadvakasova A.K.², Bolatkhan K.², Karabekova A.N.², Kozhan D.²**

¹Professor, Karadeniz Technical University, Turkey, Trabzon

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: huma@comsats.org

A REVIEW ON METAGENOMIC APPROACHES TO ASSESS MICROALGAL DIVERSITY: OPTIONS & CHALLENGES

Microalgae represent large and diverse group of unicellular photosynthetic microorganisms that, being most abundant and efficient unicellular producer of a rich and complex biomass in all aquatic systems. Microalgae have gained global importance in recent years as potential source of renewable energy as well as bioindicators to manage an aquatic ecosystem. The accurate identification of diversity is a key challenge in microalgal ecology research. Moreover, the increased knowledge of the scope, structure, and dynamics of microalgal biodiversity is urgently needed. A rapid and reliable identification of Microalgae in general, and at lower taxonomic levels in particular, cannot be accomplished by morphological methods alone. Amplicon-based metagenome analysis using multiple primers approach can provide novel insight into the biological and ecological inferences, and address many general questions with a special focus on phylogenetics and taxonomy, to cast the widest possible taxonomic net for microalgae and yet reduce sequencing of non-microbial eukaryotes. In this review, we highlight main advances taken place in the field of metagenomics over the last two decades, present statistics of the main metagenomic techniques and databases, and discuss opportunities, challenges and perspectives in metagenomics with special reference to analyzing microalgal diversity in different ecosystems.

Key words: Microalgae, metagenomics, diversity, amplicon, phylogenetics, profiling.

Демирбаг З.¹, Заядан Б.К.², Балоуч Х.^{2*},
Садвакасова А.К.², Болатхан К.², Карабекова А.Н.², Кожан Д.²

¹профессор, Қаратеңіз техникалық университеті, Түркия, Трабзон қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,

*e-mail: huma@comsats.org

Микробалдырлардың әртүрлілігін бағалаудағы метагеномдық тәсілдерге шолу: әдістер мен проблемалар

Микробалдырлар барлық су экожүйелерінде бай және күрделі биомассаның ең көп таралған және тиімді бір жасушалы продуцент болып табылатын бір жасушалы фотосинтездеуші микроорганизмдердің әртүрлі және үлкен тобын құрайды. Соңғы жылдары микробалдырлар жаңартылатын энергияның әлеуетті көзі, сондай-ақ сулы экожүйені басқару үшін биоиндикаторлар ретінде жаһандық мәнге ие болды. Микробалдырлардың алуантүрлілігін идентификациялау – олардың экологиясын зерттеудегі негізгі мәселе. Сондай-ақ, микробалдырлардың биоалуантүрлілігінің ауқымы, құрылымы және динамикасы туралы білім саласын кеңейту қажет. Микробалдырлардың төменгі таксономиялық деңгейін, тұтастай алғанда тек талдаудың морфологиялық әдістерімен ғана тез және сенімді идентификациялауға қол жеткізу мүмкін емес. Көптеген праймерлерді пайдалана отырып ампликондар негізінде биоалуантүрлілікті зерттеудегі метагеномдық тәсілдің дамуы биологиялық және экологиялық қорытындылардың жаңа түсінігін береді және микробалдырлар үшін барынша мүмкін болатын таксономиялық жүйе құру үшін филогенетика мен таксономияға ерекше назар аудара отырып, көптеген жалпы мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Бұл шолуда біз соңғы екі онжылдықтағы метагеномика

саласындағы негізгі жетістіктерге тоқталамыз, негізгі метагеномика әдістері мен деректер қорының статистикасын ұсынамыз, сондай-ақ метагеномика саласындағы мүмкіндіктерді, проблемалары мен перспективаларын талқылап, әр түрлі экожүйелерде микробалдырлардың әртүрлілігін талдауға ерекше назар аударамыз.

Түйін сөздер: микробалдырлар, метагеномика, биоалуантүрлілік, ампликон, филогенетика, профилидеу.

Демирбағ З.¹, Заядан Б.К.², Балоуч Х.^{2*},
Садвакасова А.К.², Болатхан К.², Карабекова А.Н.², Кожан Д.²

¹профессор, Караденизский технический университет, Турция, г. Трабзон

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,

*e-mail: huma@comsats.org

Обзор метагеномных подходов в оценке разнообразия микроводорослей: методы и проблемы

Микроводоросли представляют собой большую и разнообразную группу одноклеточных фотосинтезирующих микроорганизмов, которые являются наиболее распространенным и эффективным одноклеточным продуцентом богатой и сложной биомассы во всех водных экосистемах. В последние годы микроводоросли приобрели глобальное значение в качестве потенциального источника возобновляемой энергии, а также биоиндикаторов для управления водной экосистемой. Точная идентификация разнообразия является ключевой проблемой в исследованиях экологии микроводорослей. Кроме того, существует необходимость расширения области знаний о масштабах, структуре и динамике биоразнообразия микроводорослей. Быстрая и надежная идентификация микроводорослей в целом и в частности более низкого таксономического уровня не может быть достигнута только морфологическими методами анализа. Развитие метагеномного подхода в исследованиях биоразнообразия на основе ампликонов с использованием множественных праймеров дает новое понимание биологических и экологических выводов и предоставляет возможность решить многие общие вопросы с особым акцентом на филогенетику и таксономию для создания максимально возможной таксономической сети для микроводорослей. В этом обзоре мы освещаем основные достижения в области метагеномики за последние два десятилетия, представляем статистику основных метагеномных методов и баз данных, а также обсуждаем возможности, проблемы и перспективы в области метагеномики с особым акцентом на анализ разнообразия микроводорослей в различных экосистемах.

Ключевые слова: микроводоросли, метагеномика, биоразнообразие, ампликон, филогенетика, профилирование.

Abbreviations

µm – micrometer; ITS – Internal transcribed spacer (ITS); 18S rDNA – small subunit ribosomal DNA; bp – base pair; ABI – applied biosystems; LSU – larger subunit; SSU – smaller subunit; OTU – operational taxonomic unit.

Introduction

Microalgae are large and diverse group of unicellular photosynthetic microorganisms that, being most abundant and efficient unicellular producer of a rich and complex biomass in all aquatic systems, have gained global importance in recent years. The term ‘Microalgae’ is being broadly defined for the long time as those algae where the individual organisms generally require a microscope to be recognized. However, given the enormous diversity of taxonomically unrelated microbial eukaryotes existing in unicellular, colonial and

filamentous forms [1-2], possessing higher-level taxonomic placement in three kingdoms including Bacteria, Chromista, and protozoa [3], it requires significant rethinking to provide an absolute and acceptable definition which may differentiate microalgae from the macroalgae.

Sustaining natural biological structural and functional attributes of aquatic ecosystems is of great concern for the last few decades. Currently, the monitoring and assessment of pollutants of the aquatic environment are mainly based on the determination of some chemical parameters. However, due to high costs of complex chemical analyses, nature, sources, distribution and level of emissions of pollutants, chemical analysis is not the only feasible way to obtain information for effective environmental monitoring. More recently, much attention has been given to use of algal flora biodiversity as bioindicators to manage an aquatic ecosystem according to the habitat requirements [4-6].

By biological diversity, it is often understood as number of microalgal species in a particular habitat, and how relatively abundant each of the species is. It is believed that the more number of species (greater variety) present in a particular ecosystem, they will be more likely to be naturally resilient. Some species are much more vulnerable than others to the change in environment (for example, as a result of anthropogenic impact), that leads to the increased richness for the dominating species, occupying the newly created ecological niches [7]. Biodiversity thus not only affected by change in the number of species, but it also takes into the account all aspects relevant to species dominance and rarity. Moreover, the biodiversity illustrates the uniqueness of the community, thus can serve as a bio-indicator to assess ongoing ecological or environmental changes. Microalgae play the most vital role in the sustaining and formation of aquatic ecosystems, because they form the first level of aquatic trophic chains and foundation of interspecific relationships.

Microalgae can survive across broad range of environmental conditions, which enabled it to occupy almost all ecological niches from freshwater, seawater, salt lakes to soil, rocks, and trees [8-9]. Microalgae constitute the dominant organism group that contribute to the function of sustainable ecosystem in their role as key primary producer for aquatic food webs [10], tiny aeration devices fixing inorganic carbon in aquatic habitats, contributing to the global nitrogen cycles, assimilating contaminating nutrients (nitrogen and phosphorous) for domestic and agricultural wastewater treatment [11-13], and creating environment friendly renewable biofuels [14-15].

Being primary producers, microalgae are most directly affected by variation of environmental and natural disturbances and exhibit high sensitivity to certain pollutant, which may lead to the quantitative change in microalgal community. Their total biomass is utilized as indicators of aquatic habitat qualifications, as some pollutant cause their death and decrease in species diversity [16], and in others – contribute to mass reproduction [17].

A great deal of progress has been made from technical point of view to increase the amount of biological and ecological data relevant to biodiversity measurement and to improve its accurate and consistent utility. Given the large number of indices to measure the biodiversity of algal community, considerable effort and background information is still required for observational, comparative and experimental biodiversity research.

Despite their importance, much of the information on clear description, characterization of microalgal communities and strains designation is somewhat inaccessible. The number of species of algae is very large, estimates figures in excess of over a million species [18], of which between 40,000 to 60,000 have been identified to date ([19]. Since, according to some estimates, hundreds of thousands to millions of microalgal species are still unknown, thus the role of many species for processes and functions of ecosystems is still not understood [20]. A better knowledge of microalgal biodiversity and its interrelation with the environment is crucially important.

The lack of basic information on microalgal species diversity at different taxonomic levels has significant implications for many aspects of ecosystem monitoring, conservation biology, and evolutionary biology [21-23]. The multilevel analysis of microalgal biodiversity will provide a system to understand the mechanism contributing to generate diversity, assess the way diversity is organized, and confer the value it may have to the structure and function of entire community in a given area [24]. This is particularly important for microalgal species and strains of economic value or environmental concern. The isolation, identification of indigenous microalgal strains with promising properties is a key to improving the feasibility of bio-prospecting for microalgal-derived high value products [25-27].

Recent advances in molecular biological techniques and bioinformatics have undoubtedly enabled the discovery and comprehensive assessment of thus-far-undiscovered forms of microbial life, including microalgae, in situ, without isolation into pure cultures. New species of microalgae are now being described and characterized combining morphological traits with molecular sequence data, utilizing either DNA sequence data and/or secondary structure of ribosomal DNA for phylogenetic applications. In particular, high-throughput amplicon sequencing of environmental DNA and/or RNA proved to be far more powerful and robust technique, when applied to characterize microbial diversity [28-31]. Gene-based biodiversity discovery has become an important application for biomonitoring diagnostic development and majority of the biodiversity studies have used this approach to not only improve the efficiency of biomonitoring, but also to expands its relevance for habitats and biota groups which have not been fully studied due to insufficient taxonomic knowledge or technical competency [32-35].

The DNA-based approach for the comprehensive assessment of microalgal communities at genus-, species- and strain-level utilizes various sequencing technologies to identify species provided as individual specimens or in environmental samples such as water, sediment or soil [36-38].

Metagenomics is increasingly being considered as promising technique, revealing the entire gene repertoire of the community recovered directly from environmental samples. This direct genetic analysis of genomes, by using high-throughput sequencing (HTS) of unpurified template DNA, has become the dominant source of publicly available sequence data. Marker gene metagenomics is a novel viable method to determine a taxonomic distribution or fingerprint profile through PCR amplification and sequencing of evolutionarily conserved and variable regions in 18S rRNA or 18S rDNA [39-42]. The DNA of individual specimens is typically analyzed using the Sanger sequencing platform, whereas the amplicon-based metagenome from environmental samples is analyzed using high-throughput next-generation DNA sequencing platforms such as the Illumina Miseq sequencing and 454-Roche pyrosequencing platform.

In the present paper, we review the currently available molecular techniques, tools, and methodologies for assessing microalgal diversity. A critical assessment of the criteria from a practicable and applicable viewpoint will be made, and a review and comparison of the molecular techniques being currently employed for phytoplankton will be presented.

I. Metagenomic Approaches for Microalgal Diversity

Metagenomics has been applied to study microalgal diversity in a variety of ecosystems, from ocean, and soil to the acid mine drainages, generating novel genomic data from otherwise uncultivated species and strains, broadening the framework of existing metagenomic-specific methods available for comparison and study. In the following sections we will review the current state of understanding in the study of microalgal diversity in the natural environment (i.e. water and soil) with the help of collection of published research results.

A. Water

It is estimated that marine waters and freshwater account for more than 90% habitable space on earth. These ecosystems are regarded as the mean for vast array of bio-productive resources, and most of the primary productivity are result of

tremendous microbial activity by the microalgae, in particular the pico-phytoplankton (< 2.0 µm), nano-phytoplankton (< 20 µm) and micro-phytoplankton (20 – 200 µm). The microalgal abundance and diversity in the aquatic systems can vary greatly from one aquatic ecosystem to another because of the variation in environmental variables. Therefore, the type and the increasing level of microalgae are used as indicators of the ecological conditions and water quality of their ecosystems.

A study conducted in Cornwallis Island (Canadian high Arctic) using shotgun metagenomics and amplicon-based 16S rRNA gene sequencing compared the metagenomes of seawater and the overlying sea ice to relate the genomic data to identify the potential environmental drivers [43]. Among the metagenomic datasets obtained, it was found that microalgae, mainly the diatoms, significantly more abundant in sea ice, is likely a key driver in shaping the noted differences in microbial communities and nutrient availability. Another comparative metagenomics study based on 18S rRNA and ITS sequencing, conducted in three different watersheds, representing further three land use type (protected, agricultural, and urban), in southwestern British Columbia, found out that microalgae belonging to Streptophyta represented 16% of the total sequences obtained from environmental samples across all sites, and agricultural impacted sites were dominated by the Chlorophyta [44].

Another important effort was made for understanding the dynamics, ecology and environmental distribution of microalgae belonging to Chlorophyta in marine ecosystems [45]. The authors reviewed and summarized current knowledge on the phylogenetic, morphological and ecological diversity of unicellular marine and halotolerant Chlorophyta. Around 9,000 Chlorophyta 18S rRNA gene sequences from culture and environmental samples deposited in public databases were examined with the aim of assessing the extent of diversity and exploring their oceanic distribution based on a subset of 2,400 sequences for which geographical information is available. The study also evaluated the utility of using of the large subunit ribosomal rRNA (LSU) or ITS as potential suitable marker for explore microdiversity at the species level or below.

Clone libraries (100-200 bp) constructed for RNA (cDNA) and DNA sequencing using an ABI 3730xl DNA Analyzer were used [46] to generate a robust dataset characterizing the genetic diversity of Chlorophyceae from waters of the Persian Gulf. The two above-mentioned methodologies

were selected simultaneously considering the bias each methodology carries by itself. Based on the results acquired for both approaches, eleven Chlorophycean of environmental clones were recorded. The isolated and sequenced clones were found to be 100% homologous with *Neochloris aquatic* (D) and *Picochlorum* sp. and exhibited 99% homology with other environmental clones including *Chlorella sorokiniana*, *Chlamydomonas* sp., *Picochlorum* sp. and *Nannochloris atomus*. The data obtained from the study recommends the methodology as an efficient approach to analyze phylogenetic of microalgae in marine environments, and also indicates a significant increase in sense of relatedness between taxon abundance distribution and bias of the method when a single approach is used to estimate diversity.

B. Soil

Soil is one of nature's most complex ecosystems and comprise the most diverse microbial habitats on earth, harboring myriads of niches for microalgae with high taxonomic richness and functional diversity. Several studies performed on phototrophic microbial communities have provided the evidence that microalgal diversity are greatly influenced by a variety of biotic and abiotic factors such as vegetation types, altitude and soil physico-chemical composition [47-48].

Earlier studies [49-51] reported that change in soil physico-chemical parameters (pH, organic carbon, nitrogen) has least influence on the occurrence of green algae than other microalgae. Few studies have reported that the abundance of green algae, blue-green algae, yellow-green algae, and diatoms is expected to be high in alkaline and nutrient rich soils of temperate forests and grasslands whereas only green algae were commonly found in acidic and nutrient depleted soils [52-53].

A comparative study using combined approach based on cloning and sequencing of culture-independent rRNA genes and culture-dependent sequencing from the same samples, investigated the extensive microalgal diversity in soils from forest sites of the Schwäbische Alb Exploratory [54]. Among a total of 17 clones libraries, represented by 575 sequences of various green algae obtained, the majority of recovered true microalgal sequences (325) belonged to the Trebouxiophyceae (90% of the clones comprising 32 OTUs) or to Chlorophyceae (10% of the clones comprising 12 OTUs). The number of OTUs significantly varied between sampling sites of different forest management types. Three of the most abundant OTUs (OTUs 26, 28 and 29), taxonomically assigned to the Prototheca,

represented more than 47 % of all clones retrieved from soil.

Another study [55] evaluated the polymerase chain reaction (PCR) approach based on rapid direct-extraction, rDNA fingerprinting and sequences analysis, providing unambiguous identification of soil microalgal communities. Upon clustering 18S rDNA sequences recovered from sampled sites with significant similarity, clusters represented two taxonomic groups of Chlorophyceae, Ulotrichales, genus *Stichococcus*; and Chlorococcales, genera *Dimorphococcus* and *Coelastrum*. The study results will certainly contribute in future to represent novel and uncultivated microalgal species that still remains to be described.

Analysis of biological soil crust from Ny-Ålesund, Svalbard, Norway, and the Juan Carlos I Antarctic Base, Livingston Island, Antarctica, was performed using two different methodologies: basic morphological identification using light microscopy and the metatranscriptome ribosomal sequence annotations [56]. Combining both approaches to study phytoplanktons in Arctic and Antarctic samples resulted in identification of 143 and 103 genera of microalgae belonging to five taxonomic groups including Klebsormidiophyceae, Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Xanthophyceae and Cyanobacteria. The study findings illustrated the efficacy of the combined use of morphological and molecular methods, in comparison with classical single-method approach, to reveal accurate taxa richness for complex communities.

II. Metagenomic Strategies

As exemplified throughout this review, the sequenced-based metagenomics analysis of microalgae can be accomplished by one of the following methodological strategies: (i) High-throughput DNA sequencing of a clone library developed from PCR products of environmental DNA generated with a phylogenetic marker indicating the potential taxonomic origin (ii) sequenced based screening of random fragments to find a particular sequence or gene of interest, followed by sequencing of the adjacent regions to locate markers with improved taxonomic specificity. Currently, the distinction of microalgal individuals below the species level employ either shotgun metagenome sequencing or by focusing on intragenomic heterogeneity within phylogenetic (e.g., 18S rRNA or 18S rDNA) or functional gene targets.

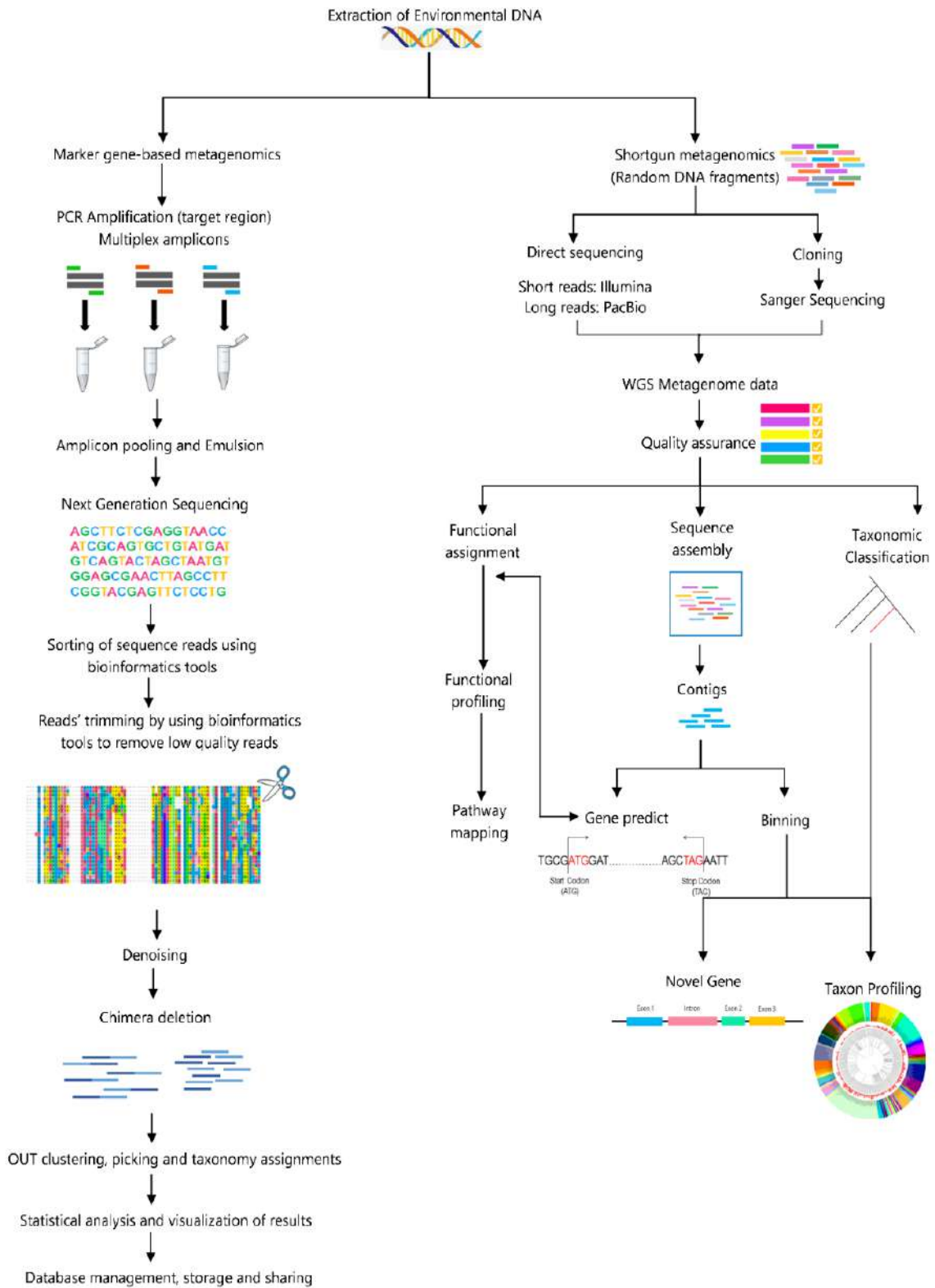


Figure 1 – Methodological Workflow of Metagenomics

The first approach refers to reconstructing large fragments or even entire genome without selecting any particular gene, alleviating biases from primer choice and enables the characterization of coding as well as non-coding components that can be used as phylogenetic markers [57-58]. In the later approach, specific internal conserved regions of DNA can be retrieved using taxonomical informative primer targets such as intergenic transcribed spacers (ITS) or the large ribosomal subunit (LSU) gene [59-61].

The research question enables the researchers to compare and determine the appropriate approach between assembly-based analyses and direct taxonomic classification of reads. The sequence conservation of regions of few genes has become an unprecedented resource for taxonomy in addition to being a phylogenetic anchor that requires no prior knowledge of full gene sequence [62-63]. In some cases, the sequence homology of most genes of practical importance is often most difficult to be identified by PCR or hybridization due to their far too divergent nature. However, the nucleotide sequence for a few classes of genes is well-conserved to facilitate their identification by sequence instead of function.

Several recent studies have addressed the use of the 18S-ribosomal-DNA (rDNA), 18S-ribosomal-RNA (rRNA), 28S-ribosomal-DNA and its variable regions as taxonomic markers for the classification of Eukaryotes [64-66] and the validity and limitations of using them in the taxonomic profiling of metagenomes have already been discussed [67-68]. An extensive effort is being put to establish similar universal molecular markers for microalgal taxa [69].

Since the early 1990s, there was a progressive shift towards molecular taxonomic studies for microalgae [70-71]. Beside genes and spacer sequences, the past studies relied heavily on exploring ribosomal operon (e.g., *actin*, *psba*, *rbcL*, *tufA*, RUBISCO spacer, and other chloroplast genes [72-74]. However, while the SSU and LSU has proven efficient for delineation at high taxonomic levels, they are not considered applicable for intraspecific differentiation [75]. The suitability of marker based on ITS regions were increasingly recognized for microalgal phylogenetic and taxonomic studies due to their high degree of interspecific variability, conserved primer sites, and multicopy nature in the genome [76-77]. The former study proposed 5.8S + ITS-2 fragment as ideal candidate marker for microalgae owing to its broad taxonomic range.

The utilization of multiple markers based on four gene loci and their combined data was formalized [78]. The study tested the efficiency of multiple markers based on four gene loci and their combined data (*rbcL*+*tufA*+ITS+16S, *rbcL*+*tufA* and ITS+16S), with three combined data having better resolution than single genes for higher intraspecific and interspecific divergence. Few studies reported *tufA* gene applicability most suitable for DNA barcoding and phylogenetic reconstruction based on its wide coverage and sequencing success [79-83]. A comparison of marker gene-based and metagenomics techniques to estimate a microbial community's taxonomic composition is shown in Table 1, which implied that an efficient taxonomic resolution is more achievable by metagenomics profiling.

Table 1 – Comparison of metataxonomics (marker gene-based) and metagenomics profiling

Technique	Method principle	Advantage and Challenges	Main applications
Metataxonomics	Using amplicon sequencing of 18S-ribosomal-DNA (rDNA); 18S-ribosomal-RNA (rRNA); 28S-ribosomal-DNA; or ITS or <i>rbcL</i> or <i>tufA</i> or 23S universal plastid amplicon (UPA)	+ Faster, cost-effective and more reliable identification to species level + accessible to non-specialists - inability to quantify taxon abundance - Amplification bias - more than one primer sets needed for maximizing diversity coverage and to offset primer biases - lack of comprehensively cured reference databases for assigning taxon to the OTUs	Biodiversity monitoring Molecular phylogeny Microbial ecology
Metagenomics	Random shotgun sequencing of DNA or RNA (Sanger and 454/Roche sequencing) or long-read sequencing (Illumina/Solexa, SOLiD, PacBio SMRT System)	+ investigate uncultivable complete microbial communities in situ + No amplification bias + generated sequence reads does not require homology to known sequences (de novo profiling) - requires reference database of genes to classify sequence reads - requires high-quality DNA - requires more reads count for higher sensitivity	Structural and functional genomic screening contributing to discovery of novel genes Phylogenetic profiling Monitoring the biodiversity and the ecological status

A combination of good yield and high purity of metagenomics DNA is a prerequisite for the success of both targeted-amplicon and shotgun studies [84-85]. Much has been done for optimizing extraction protocol for efficient recovery of pure metagenomic DNA [86-89], including the utilization of commercial kits as tailor-made solutions for a particular application or sample [90]. Current evidence [91-92], suggest that no method or combination of methods exceeds ~80% accuracy indicating there is still significant room for improvement in this area.

In spite of the given importance of microalgae genome data regarded as priority research area for fundamental and applied aspects such as raw material for biofuels and bio-products [93], Hydrogen production [94], and supporting the mariculture industry [95], the microalgal representatives remained under-explored in the main metagenomics databases.

III. Databases

Significant advances in next-generation sequencing technology have facilitated genome sequencing with high throughput at low costs. NGS technologies hold great potential to have profound impact in various areas of research, including several that, so far, have mainly used approaches based on de novo sequencing i.e., sequencing novel genomes where no reference sequence is available for alignment, and resequencing i.e., genomes sequencing from a species for which a reference genome is already available.

Although the technological advances in nucleotides sequencing has led to a substantial increase in the release rate of sequenced genomes at unprecedented scales and rates but it is computationally challenging. All these complex and comprehensive raw data are useless without utilization of correct tools for analysis, annotation, storage, integration and translation. Resource integration and standardizing annotations are relevant for better understanding genetic diversity and deciphering complex mechanisms associated with microbial ecology, evolution, and diversity [96].

Since the publication of the first microalgal genome, red extremophile Cyanidioschyzon merolae in 2004 [97], over 100 microalgal genome projects have been launched and complete genome sequences of over 60 microalgal species been brought publicly available including green, and red microalgae as well as diatoms, dino-flagellates, nano-flagellates, and some uncommon species from

underrepresented evolutionary branches (DOE Joint Genome Institute, <http://genome.jgi-psf.org/> [98-100]; GOLD database, <http://www.genomesonline.org/> [101]; Cyanobase, <http://genome.kazusa.or.jp/cyanobase>). During the last two decades, next-generation sequencing technology have greatly contributed to increasing number of sequenced microalgal genomes in public databases along with EST (expressed sequence tag) and transcriptome data sets and the breadth and depth of sequence assemblies and annotations are continuing to expand, with projects dedicated to filling in less characterized microalgal taxonomic groups [102-104].

The rapid expansion of genomic sequence data available and accessible in the aforementioned public repositories, and advances in databases analytic tools, makes it a daunting task for researchers to access, integrate, sort out and compare the best sequencing, specialized annotation and analysis strategies for microalgae. Fortunately, development of various customizable web-based genome browsers, model organism databases (MODs), molecule- or process-specific databases, and others has helped the researcher to find the needles in the haystack. A number of online databases are available for information on algal diversity and taxonomic studies, each with their own focus and limitations. Several published studies have described the gaps and sequence uncertainties in microalgal genome sequences and this provides an opportunity to review what we have learned so far from sequencing the genomes of microalgae. At present, multiple data sets are available for ongoing more than 60 algae genome projects at the Department of Energy Joint Genome Institute (JGI), including status. Assemblies, and annotations of sequenced genomes (<http://www.algaeu.com/strains-of-algae-publications.html>).

EST data from many microalgal species are available at the EST sequence databases of the National Center for Biotechnology Information (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/dbEST/>), a special division of Genbank, and the Taxonomically Broad EST Database (TBestDB), <http://tbestdb.bcm.umontreal.ca/searches/welcome.php>). Sequencing of mitochondrial and chloroplast genomes has been performed with even more microalgal species than in the EST or genome sequencing projects [105], which are available at the NCBI organelle database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/organelle/>) and the Organelle Genome Database (GOBASE, <http://www.bch.umontreal.ca/gobase/gobase.html>).

Significant progress have been made to sequence complete organelle genomes at a massive scale through the Organelle Genome Megasequencing Program (OGMP, <http://gobase.bcm.umontreal.ca/>). Furthermore, the genomic sequence information of various microalgal species has been updated in the Phytozome, a hub for genomic data from a few green microalgae (phytozome.jgi.doe.gov/pz/portal.html); the Greenhouse, largest eukaryotic algal genome collection available online (<https://greenhouse.lanl.gov/greenhouse/>); realDB, a genome resource

for red algae (<http://realDB.algaegenome.org/>); pico-Plaza 2.0 (<http://bioinformatics.psb.ugent.be/plaza/versions/pico-plaza/>); CoGe database, which utilize the genomics comparison tools to analyze algal genomes of interest (<https://genomeevolution.org/coge/>); Ensembl Plant database (<http://plants.ensembl.org/>); EnergyAlgaeDB, functional genomics database for energy microalgae (<http://www.bioenergychina.org:8989/>); and EUKREF, reference database of 18S sequence barcodes that correctly represent algal lineage (<http://eukref.org/>).

Table 2 – Characteristics and frequency of used sequencing platforms among genomes of microalgae published until 2018

Platforms	Sequencing Principle	Read Length	Accuracy Reads %	Time run	Output data/run	No of genomes	% of total number of genomes
Sanger	Dideoxy sequencing	400~900 bp	99.999	20 mins~3 hrs	1.9~84 Kb	10	18.86%
454 GS FLX+/Roche	Pyrosequencing	600~800 bp	99.9%	24 hrs	0.7 Gb	4	7.54%
Solexa GAIIx/Illumina	Sequencing by synthesis	36~100 bp	98%	3~10 Days	600 Gb	18	33.96%
SOLiD4/Life Technologies	Sequencing by ligation	75 bp	99.94%	7 days	120 Gb	-	-
Ion Torrent (316 chip)/Life Technologies	synthesis	200~400 bp	98~99%	2 hrs	1 Gb	1	1.88%
PacBio/Pacific Biosciences	synthesis	Up to 60 kb	90%	10 hrs	1-10 Gb	3	5.66%
Sequencing platforms used in combination							
Combination of Sanger Sequencing and Roche/454	-	-	-	-	-	2	3.77%
Combination of Sanger Sequencing and Illumina/Solexa	-	-	-	-	-	2	3.77%
Combination of Sanger Sequencing and PacBio	-	-	-	-	-	1	1.88%
Combination of Roche/454 and Illumina/Solexa	-	-	-	-	-	8	15.09%
Combination of Illumina/ Solexa and PacBio	-	-	-	-	-	4	7.54%

Figure 2 shows the proportion of sequences from different phyla of microalgae in some of the available international databases. Chlorophyta (green microalgae) and Ochrophyta (heterokonts) are the most represented in all databases, combinely constitute more than 65% of the publicly available sequences. In the future, mass of unculturable genomes likely to be generated from metagenomic

samples and next-generation sequencing in the next few years continue to expand the international databases, the distribution of the phyla and number of species will likely change.

A number of online databases are available for information on algal diversity and taxonomic studies, each with their own focus and limitations, such as Barcode of Life Data Systems (BOLD),

a taxonomically curated database (<http://www.barcodinglife.org>); ITSoneDB (<http://itsonedb.cloud.ba.infn.it/>); and ITS2 Database (<http://its2.bioapps.biozentrum.uni-wuerzburg.de/>); and R-Syst::diatom (<http://www.rsyst.inra.fr/en>). The

range of software tools being used in major steps of metagenomic data processing, Sequence Mapping; taxonomic profiling, sequence assembly and gene prediction has already been provided in detail by [106-108].

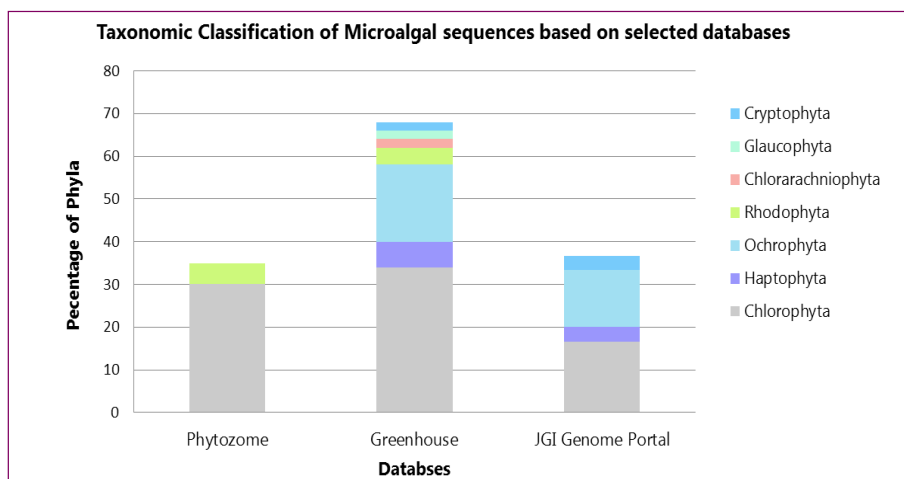


Figure 2 – Taxonomic classification of microalgal sequences based on selected databases

A number of recent published studies has resulted in exponential rise in the microalgal genome datasets, providing an opportunity to review at various level what we have learned so far from microalgae genome sequencing. In the future, mass of unculturable genomes likely to be generated from metagenomic samples and next-generation sequencing in the next few years continue to expand the international databases interrelating genomic datasets to ecological data, the distribution of the phyla and number of microalgal species will likely change.

To validate its use for bioassessment purposes requires the researcher to place greater emphasis on data mining tools and statistical analysis and interpretation and illustrate the biologically significant patterns in the datasets. While it may be possible to align traditional morphological taxonomy-based approaches with DNA-based biomonitoring approaches, the metagenomic methods and reference genome libraries need further validation to be complementary source of information for biomonitoring programs on a large scale.

IV. Conclusion

By shifting the realms of genomics from using model-organism as research tool towards

studies of untapped resources of biodiversity in environmental samples, NGS has paved the way for researchers to carry out the fundamental and applied research on microalgal communities on a scale and precision that was unrealistic only a few years ago. The possibility of generating massive and disparate genomic datasets from both culturable and unculturable microorganisms using combination of deep sequencing and bioinformatics approaches has allowed the access to the collective data of mixed microalgae consortia in a less biased way, which enable us to deduce answer for important ecological and evolutionary questions.

To date, sequencing strategies used in the metagenomics study of microalgal diversity are currently dominated by short, high-throughput sequencing technologies, such as the Illumina NextSeq and HiSeq. Billion sequence reads of 100-300 bp can be generated via these technologies in a matter of days and are cost-effective for most large-scale microalgal related research [109-110]. Further advances in sequencing methods and data generation, such as single-molecule sequencing, synthetic long reads and Hi-C along with new assembly and scaffolding algorithms have made it possible to minimize the errors and misinterpretations. The high-quality genome assembly of microalgae has undergone a renaissance since the availability of single-molecule sequences, such as the PacBio

RSII/Sequel [111] and Oxford Nanopore MinION [112], which has allowed the researchers to run in-depth genome sequencing with reduced time and cost, requiring low DNA sample input and simple, rapid library preparation. Due to their promising potential application, improving the contiguity and quality of metagenome assemblies will positively affect the microalgal diversity and ecology research studies. To date, however, the widespread adoption of afore-mentioned technologies in metagenomics analysis has been limited.

Here, we have highlighted significant contributions and considerable developments in using metagenomic for studying microalgae diversity in recent decades, from a technological and computational perspective. Future technological advances are likely to reframe biological and ecological research questions that will have a significant impact on metagenomics application. We also discussed some of the challenges presented by comparability of different sequencing platforms. New transformative technologies hold the promise for researchers to confront these challenges, but as the enormous volume of data is unfolding, the researchers need to remain aware of these potential

pitfalls and challenges while analyzing large and complex metagenomics datasets. Thus, the combination of modern methods of high-throughput sequencing with the classical bioindication approach is a promising way of solving global issues of biomonitoring of various aquatic ecosystems concerning the relationship between the structure of microalgae communities and water properties.

Our research group is using a targeted multi-marker based approach to investigate the genetic diversity of microalgae in Almaty region, the Republic of Kazakhstan [manuscript in preparation]. With ever-increasing worldwide collection of environmental samples along with the continued progression in metagenome sequence datasets, we might be able to explore deeper into the molecular novelties of this remarkably diverse eukaryotic group. At the same time, the types of microalgae communities identified by metagenomics associated with the ecological state of water can be used as bioindicators of the state of aquatic ecosystems. Metagenomic characteristics of aquatic ecosystems can be used to assess the sustainability of aquatic ecosystems when exposed to natural and anthropogenic factors.

References

- 1 Pulz O., Gross W. Valuable products from biotechnology of microalgae // *Applied microbiology and biotechnology*. – 2004. – vol. 65. – No. 6. – P. 635–648.
- 2 De Clerck O., Bogaert K.A., Leliaert F. Diversity and evolution of algae: primary endosymbiosis // *In Advances in botanical research*. Academic Press. – 2012. – vol. 64: – P. 55–86.
- 3 Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., Bailly N., Bourgoin T., Brusca R.C., Cavalier-Smith T., Guiry M.D., Kirk P.M.. A higher-level classification of all living organisms // *PloS one*. – 2015. – vol. 10. – No. 6. – P. 1–54.
- 4 Omar W.M. Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to malaysian freshwater ecosystems // *Tropical life sciences research*. – 2010. – vol 21. No. 2. – P. 51–67.
- 5 Cid A., Prado R., Rioboo C., Suarez-Bregua P., Herrero C. Use of Microalgae as biological indicators of pollution: Looking for new relevant cytotoxicity endpoints // *In: Johnsen, M. N. (ed.) Microalgae: Biotechnology, Microbiology and Energy*. Nova Science Publishers, New York. – 2012. – P. 311–323.
- 6 Dell’Aglia E., Cosentino F., Campanella L. Use of Algae *Scenedesmus* as Bioindicators of Water Pollution from Active Ingredients // *J Anal Pharm Res*. – 2017. – vol. 6. – No. 5. – P. 00189.
- 7 Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A.. Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge // *Ecological Monographs*. – 2005. – vol.75. – No. 1. – P. 3–35.
- 8 Rindi F. Diversity, distribution and ecology of green algae and cyanobacteria in urban habitats // *In Algae and cyanobacteria in extreme environments*. Springer, Dordrecht. – 2007. – vol. 11. – P. 619–638.
- 9 Sharma N.K., Rai A.K., Singh S., Brown Jr R.M. Airborne algae: present status and their relevance // *Journal of Phycology*. – 2007. – vol. 43. – No. 4. –P. 615– 627.
- 10 Muller-Feuga A. Microalgae for aquaculture: the current global situation and future trends // *Handbook of Microalgal Cultures: Applied Phycology and Biotechnology*. 2nd ed. Wiley Blackwell, West Sussex, – 2013. – P. 615–627.
- 11 Oswald W.J. Micro-algae and wastewater treatment // *Microalgal biotechnology*. – 1988. – P. 305–328.
- 12 Green F.B., Bernstone L.S., Lundquist T.J., Oswald W.J. Advanced integrated wastewater pond systems for nitrogen removal // *Water Science and Technology*. – 1996. – vol. 33. – No. 7. – P. 207– 217.
- 13 Craggs R., Sutherland D., Campbell H. Hectare-scale demonstration of high rate algal ponds for enhanced wastewater treatment and biofuel production // *Journal of Applied Phycology*. – 2012. – vol 24. – No. 3. – P. 329–337.
- 14 Sharma M., Thukral N., Soni N.K., Maji S. Microalgae as Future Fuel: Real Opportunities and Challenges // *Journal of Thermodynamics & Catalysis*. – 2015. – vol. 6. – No. 1. – P. 1.

- 15 Rasala B.A., and Mayfield S.P. Photosynthetic biomanufacturing in green algae; production of recombinant proteins for industrial, nutritional, and medical uses // *Photosynthesis research*. –2015. – vol. 123. – No. 3. – P. 227–239.
- 16 Mikaelyan A.S. Long-term variability of phytoplankton communities in open Black Sea in relation to environmental changes // In: E. Ozsoy and A. Mikaelyan (Eds.), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*. NATO ASI Series, 2. Environment, Kluwer Academic Publishers, London. – 1997. – vol. 27. – P. 105–116.
- 17 McCormick P.V., Cairns, J.J. Algae as indicators of environmental change // *J Appl Phycol*. – 1994. – vol. 6. – P. 509–526.
- 18 Guiry M.D. How many species of algae are there? // *Journal of phycology*. – 2012. – vol. 48. – No. 5. – P. 1057–1063.
- 19 Fuentes-Grünwald C., Garcés E., Alacid E., Sampedro N., Rossi S., and Camp J. Improvement of lipid production in the marine strains *Alexandrium minutum* and *Heterosigma akashiwo* by utilizing abiotic parameters // *Journal of industrial microbiology & biotechnology*. – 2012. – vol. 39. – No. 1. – P. 207–216.
- 20 Raja R., Hemaiswarya S., Kumar N.A., Sridhar S., Rengasamy R.. A perspective on the biotechnological potential of microalgae // *Critical reviews in microbiology*. – 2008. – vol. 34. – No. 2. – P. 77–88.
- 21 Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P., Ritchie M., Siemann E. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, – 1997. – vol. 277. – No. 5330. – P. 1300–1302.
- 22 Johnson P.L., Slatkin M. Inference of population genetic parameters in metagenomics: a clean look at messy data // *Genome research*. – 2006. – vol 16. – No. 10. – P. 1320–1327.
- 23 Mayfield M.M., Bonser S.P., Morgan J.W., Aubin I., McNamara S., Vesk P.A.. What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change // *Global Ecology and Biogeography*. – 2010. – vol. 19. – No. 4. – P. 423–431.
- 24 Cadoret J. P., Garnier M., Saint-Jean B. Microalgae, functional genomics and biotechnology. In *Advances in Botanical Research*, Academic Press. – 2012. – vol. 64. – P. 285–341.
- 25 Kennedy J., O’leary N.D., Kiran G.S., Morrissey J.P., O’Gara F., Selvin J., and Dobson A.D.W. Functional metagenomic strategies for the discovery of novel enzymes and biosurfactants with biotechnological applications from marine ecosystems // *Journal of applied microbiology*. – 2011. – vol. 111. – No. 4. – P. 787–799.
- 26 Mutanda T., Ramesh D., Karthikeyan S., Kumari S., Anandraj A., and Bux F. Bioprospecting for hyper-lipid producing microalgal strains for sustainable biofuel production // *Bioresource technology*. – 2011. – vol. 102. – No. 1. – P. 57–70.
- 27 Merchant S.S., Kropat J., Liu B., Shaw J., and Warakanont J. TAG, you’re it! *Chlamydomonas* as a reference organism for understanding algal triacylglycerol accumulation // *Current opinion in biotechnology*. – 2012. – vol. 23. – No. 3. – P. 352–363.
- 28 Hajibabaei M., Shokralla S., Zhou X., Singer G.A.C., Baird D.J. Environmental Barcoding: A Next-Generation Sequencing Approach for Biomonitoring Applications Using River Benthos // *PLoS ONE*. –2011. – vol. 6. – No. 4. –P. 17497.
- 29 Sweeney B.W., Battle J.M, Jackson J.K., and Dapkey T. Can DNA barcodes of stream macroinvertebrates improve descriptions of community structure and water quality? // *J. North Am. Benthol. Soc.* – 2011. – vol. 30. – P. 195–216.
- 30 Baird D. J., Hajibabaei M. Biomonitoring 2.0: a new paradigm in ecosystem assessment made possible by next-generation DNA sequencing // *Molecular Ecology*, – 2012. – vol. 21. – P. 2039–2044.
- 31 Fierer N., Leff J.W., Adams B.J., Nielsen U.N., Bates S.T., Lauber C.L., Owens S., Gilbert J.A, Wall D.H., Caporaso J.G. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes // *Proc Natl Acad Sci USA*. – 2012. – vol. 109. – No. 52. – P. 21390–5.
- 32 Sogin M.L., Morrison H.G., Huber J.A., Welch D.M., Huse S.M., Arrieta J.M. , and Herndl G.J. Microbial diversity in the deep sea and the under-explored “rare biosphere” // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2006. – vol. 103. – P. 12115–12120.
- 33 Chariton A. A., Court L.N., Hartley D.M., Colloff M.J., and Hardy C.M. Ecological assessment of estuarine sediments by pyrosequencing eukaryotic ribosomal DNA // *Frontiers in Ecology and the Environment*. – 2010. –vol. 8. – P. 233–238.
- 34 Creer S., Fonseca V.G., Pozarinska D.L., Giblin-Davis R.M., Sung W., Powers D.M., Packer M., Carvalho G.R., Blaxter M.L., Lamshead P.J.D., and Thomas W.K. Ultrasequencing of the meiofaunal biosphere: practice, pitfalls and promises // *Molecular Ecology*. –2010. – vol. 19. – No. 1. – P. 4–20.
- 35 Zinger L., Amaral-Zettler L.A., Fuhrman J.A., Horner-Devine M.C., Huse S.M., Welch D.B.M., Martiny J.B.H., Sogin M., Boetius A., and Ramette A. Global patterns of bacterial beta-diversity in seafloor and seawater ecosystems // *PLoS One*. –2011. – vol. 6. – P. 24570.
- 36 Stern R.F., Horak A., Andrew R.L., Coffroth M.A., Andersen R.A., Küpper F.C., Jameson I., Hoppenrath M., Véron B., Kasai F., and Brand J. Environmental barcoding reveals massive dinoflagellate diversity in marine environments // *PLoS One*. –2010. – vol. 5. – No. 11. – P. 13991.
- 37 Piganeau G., Eyre-Walker A., Grimsley N., and Moreau H. How and why DNA barcodes underestimate the diversity of microbial eukaryotes // *PLoS One*. – 2011. – vol. 6. – No. 2. P. 16342.
- 38 Vaulot, D., C. Lepere, E. Toulza, R. De La Iglesia, J. Poulain, and G. Piganeau,. Metagenomes of the picoalga *Bathycoccus* from the Chile coastal upwelling // *PLoS One*, –2012. – vol. 7. – No. 6. – P. 39648.
- 39 Moon-van der Staay S.Y., R. De Wachter, and D. Vaulot. Oceanic 18S rDNA sequences from picoplankton reveal unsuspected eukaryotic diversity // *Nature*. –2001. – vol. 409. – No. 6820. – P 607.
- 40 Luo C., Tsementzi D., Kyrpides N.C., and Konstantinidis K.T. Individual genome assembly from complex community short-read metagenomic datasets // *The ISME journal*. – 2012. – vol. 6. – No. 4. – P. 898.
- 41 Lindgreen S., Adair K.L., and Gardner P.P. An evaluation of the accuracy and speed of metagenome analysis tools // *Scientific reports*. – 2016. – vol. 6. – No. 1. – P. 19233.

- 42 Sambles C., Moore K., Lux T.M., Jones K., Littlejohn G.R., Gouveia J.D., Aves S.J., Studholme D.J., Lee R., Love J. Metagenomic analysis of the complex microbial consortium associated with cultures of the oil-rich alga *Botryococcus braunii*. *Microbiology Open*. – 2017. – vol. 6. – No. 4. – P. 00482.
- 43 Yergeau E., Michel C., Tremblay J., Niemi A., King T.L., Wyglinski J., Lee K., and Greer C.W. Metagenomic survey of the taxonomic and functional microbial communities of seawater and sea ice from the Canadian Arctic // *Scientific reports*. – 2017. – vol. 7. – P. 42242.
- 44 Uyaguari-Diaz M.I., Chan M., Chaban B.L., Croxen M.A., Finke J.F., Hill J.E., Peabody M.A., Van Rossum T., Suttle C.A., Brinkman F.S., and Isaac-Renton J. A comprehensive method for amplicon-based and metagenomic characterization of viruses, bacteria, and eukaryotes in freshwater samples // *Microbiome*. – 2016. – vol. 4. – No. 1. – P. 20.
- 45 Tragin M., Lopes dos Santos A., Christen R., and Vault D. Diversity and ecology of green microalgae in marine systems: an overview based on 18S rRNA gene sequences. // *Perspect. Phycol.* – 2016. – vol. 3. – P. 141–154.
- 46 Haddad R., Alemzadeh E., Ahmadi A., Hosseini R., and Moezzi M. Identification of Chlorophyceae based on 18S rDNA sequences from Persian Gulf // *Iranian Journal of Microbiology*. – 2014. – vol. 6. – No. 6. – P. 437–442.
- 47 Řeháková K., Chlumská Z., and Doležal J. Soil cyanobacterial and microalgal diversity in dry mountains of Ladakh, NW Himalaya, as related to site, altitude, and vegetation // *Microbial ecology*. – 2011. – vol. 62. – No. 2. – P. 337–346.
- 48 Suresh A., Praveen Kumar R., Dhanasekaran D., and Thajuddin N. – 2012. Biodiversity of microalgae in western and eastern ghats, India // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. – vol. 15. – No. 19. – P. 919–928.
- 49 Metting B. The systematics and ecology of soil algae // *Bot Rev.* – 1981. – vol. 47. – P. 195–312.
- 50 Starks T.L., Shubert L.E., and Trainor F.R. Ecology of soil algae: A review // *Phycologia*. – 1981. – vol. 20. – P. 65–80.
- 51 Hoffmann L. Algae of terrestrial habitats // *Bot Rev.* – 1989. – vol. 55. – P. 77–105.
- 52 Sumbali G, and Mehrotra R. Principles of Microbiology // Tata McGraw-Hill. – 2009. – P. 926.
- 53 Nikorych V, and Chornevych T. Ecobiomorph structure of algocenoses organization of brownish-podzolic gleied soils of Ukrainian Ciscarpathia // *Soil forming factors and processes from the temperate zone*. – 2012. – vol. 10. – P. 141–151.
- 54 Hallmann C. Biodiversity of terrestrial algal communities from soil and air-exposed substrates using a molecular approach // *Dissertation, University Göttingen*. – 2015.
- 55 Bérard A., Dorigo U., Humbert J.F., and Martin-Laurent F. Microalgae community structure analysis based on 18S rDNA amplification from DNA extracted directly from soil as a potential soil bioindicator // *Agronomy for Sustainable Development*. – 2005. – vol. 25. – No. 2. – P. 285–291.
- 56 Rippin M., Borchhardt N., Williams L., Colesie C., Jung P., Büdel B., Karsten U., and Becker B. Genus richness of microalgae and Cyanobacteria in biological soil crusts from Svalbard and Livingston Island: morphological versus molecular approaches // *Polar Biology*. – 2018. – vol. 41. – No. 5. – P. 909–923.
- 57 Desai C., and Madamwar D. Extraction of inhibitor-free metagenomic DNA from polluted sediments, compatible with molecular diversity analysis using adsorption and ion-exchange treatments. *Bioresource technology*. – 2007. – vol. 98. – No. 4. – P. 761–768.
- 58 Reigstad L.J., Bartossek R., and Schleper C. Preparation of high-molecular weight DNA and metagenomic libraries from soils and hot springs // *In Methods in enzymology*. Academic Press. – 2011. – vol. 496. – P. 319–344.
- 59 Buchheim M. A., Keller A., Koetschan C., Förster F., Merget B., and Wolf M. Internal transcribed spacer 2 (nu ITS2 rRNA) sequence-structure phylogenetics: towards an automated reconstruction of the green algal tree of life // *PloS one*. – 2011. – vol. 6. – No. 2. – P. 16931.
- 60 Sharpton T. J. An introduction to the analysis of shotgun metagenomic data // *Front, Plant Sci*. – 2014. – vol. 5. – P. 209.
- 61 Tonge D.P., Pashley C.H., Gant T.W. Amplicon –Based Metagenomic Analysis of Mixed Fungal Samples Using Proton Release Amplicon Sequencing // *PLoS ONE* – 2014. – vol. 9. – No. 4. – P. 93849.
- 62 Von Mering C., Hugenholtz P., Raes J., Tringe S.G., Doerks T., Jensen L.J., Ward N., and Bork P. Quantitative phylogenetic assessment of microbial communities in diverse environments // *Science*. – 2007. – vol. 315. – No. 5815. – P. 1126–1130.
- 63 Delmont T. O., Malandain C., Prestat E., Larose C., Monier J.M., Simonet P., and Vogel T.M. Metagenomic mining for microbiologists // *The ISME Journal*. – 2011. – vol. 5. – No. 12. – P. 1837.
- 64 Gupta S., and Chikara S.K. Metagenomics Analysis of Eukaryotic Community in Soil using 18S and 28S rRNA Gene High Throughput Sequencing // *International Journal of Genetics*. – 2015. ISSN: 0975-2862 & E-ISSN: 0975-9158. – vol. 7. – No. 1. – P. 161–164.
- 65 Searle D., Sible E., Cooper A., and Putonti C. 18S rDNA dataset profiling microeukaryotic populations within Chicago area nearshore waters // *Data in brief*. – 2016. – vol. 6. – P. 526–529.
- 66 Hino A., Maruyama H., and Kikuchi T. A novel method to assess the biodiversity of parasites using 18S rDNA Illumina sequencing; parasitome analysis method // *Parasitology international*. – 2016. – vol. 65. – No. 5. – P. 572–575.
- 67 Suenaga, H. Targeted metagenomics: a high-resolution metagenomics approach for specific gene clusters in complex microbial communities // *Environmental Microbiology*. – 2012. – vol. 14. – No. 1. – P. 13–22.
- 68 Petrenko P., Lobb B., Kurtz D.A., Neufeld J.D., and Dockey A.C. MetAnnotate: function-specific taxonomic profiling and comparison of metagenomes // *BMC biology*. – 2015. – vol. 13. – No. 1. – P. 92.
- 69 Lin G.M., Lai Y.H., Audira G., and Hsiao C.D. A Simple Method to Decode the Complete 18-5.8-28S rRNA Repeated Units of Green Algae by Genome Skimming // *International journal of molecular sciences*. – 2017. – vol. 18. – No. 11. – P. 2341.
- 70 Medlin L.K., Metfies K., Mehl H., Wiltshire K., and Valentin K. Picoeukaryotic plankton diversity at the Helgoland time series site as assessed by three molecular methods // *Microbial ecology*. – 2006. – vol. 52. – No. 1. – P. 53–71.

- 71 De Clerck O., Guiry M.D., Leliaert F., Samyn Y., and Verbruggen H. Algal taxonomy: a road to nowhere? // *Journal of Phycology*. – 2013. – vol. 49. – No. 2. – P. 215–225.
- 72 Medlin L.K., Metfies K., John U., Olsen J.L. 18 Algal molecular systematics: a review of the past and prospects for the future // *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*. – 2007. – vol. 75. – P. 341.
- 73 Hall J.D., K. Fucikova, C. Lo, L.A. Lewis, and K.G. Karol. An assessment of proposed DNA barcodes in freshwater green algae // *Cryptogamie, Algologie*. – 2010. – vol. 31. – No. 4. – P. 529–555.
- 74 Saunders G.W., and Kucera H. An evaluation of rbcL, tufA, UPA, LSU and ITS as DNA barcode markers for the marine green macroalgae. *Cryptogamie Algologie*, – 2010. – vol. 31. – No. 4. – P. 487.
- 75 Zimmermann J., Jahn R., and Gemeinholzer B. Barcoding diatoms: evaluation of the V4 subregion on the 18S rRNA gene, including new primers and protocols // *Organisms Diversity & Evolution*. – 2011. – vol. 11. – No. 3. – P. 173.
- 76 Moniz M.B., and I. Kaczmarek. 2009. Barcoding diatoms: is there a good marker? // *Molecular Ecology Resources*, – vol. 9. – P. 65–74.
- 77 Stern R.F., Andersen R.A., Jameson I., Küpper F.C., Coffroth M.A., Vaultot D., Le Gall F., Véron B., Brand J.J., Skelton H., Kasai F., Lilly E.L., and Keeling P.J. Evaluating the ribosomal internal transcribed spacer (ITS) as a candidate dinoflagellate barcode marker // *PLoS One*. – 2012. – vol. 7. – No. 8. – P. 42780.
- 78 Zou S., Fei C., Wang C., Gao Z., Bao Y., He M., and Wang C. How DNA barcoding can be more effective in microalgae identification: a case of cryptic diversity revelation in *Scenedesmus* (Chlorophyceae). *Scientific reports*. – 2016. – vol. 6. – P. 36822.
- 79 Famà P., Wysor B., Kooistra W.H., and Zuccarello G.C. – 2002. Molecular phylogeny of the genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) inferred from chloroplast tufA gene1 // *Journal of phycology*. – vol. 38. – No. 5. – P. 1040–1050.
- 80 O’Kelly C.J., Wysor B., and Bellows W.K. Gene sequence diversity and the phylogenetic position of algae assigned to the genera *Phaeophila* and *Ochlochaete* (Ulvophyceae, Chlorophyta) // *Journal of Phycology*. – 2004. – vol. 40. – No. 4. – P. 789–799.
- 81 Wynne M.J., Verbruggen H., and Angel D.L. The recognition of *Caulerpa integerrima* (Zanardini) comb. et stat. nov. (Bryopsidales, Chlorophyta) from the Red Sea // *Phycologia*. – 2009. – vol. 48. – No. 4. – P. 291–301.
- 82 Lawton R.J., Mata L., de Nys R., and Paul N.A. Algal bioremediation of wastewaters from land-based aquaculture using *Ulva*: selecting target species and strains // *PLoS One*. – 2013. – vol. 8. – No. 1. – P. 77344.
- 83 Vieira H.H., Bagatini I.L., Guinart C.M., and Vieira A.A.H. tufA gene as molecular marker for freshwater Chlorophyceae. *Algae*. – 2016. – vol. 31. – No. 2. – P. 155–165.
- 84 Linnarsson S. Recent advances in DNA sequencing methods—general principles of sample preparation // *Experimental cell research*. – 2010. – vol. 316. – No. 8. – P. 1339–1343.
- 85 Healey A., Furtado A., Cooper T., and Henry R.J. Protocol: a simple method for extracting next-generation sequencing quality genomic DNA from recalcitrant plant species // *Plant methods*. – 2014. – vol. 10. – No. 1. – P. 21.
- 86 Bag S., Saha B., Ojasvi Mehta D.A., Kumar N., Dayal M., Pant A., Kumar P., Saxena S., Allin K.H., Hansen T., and Arumugam M. An improved method for high quality metagenomics DNA extraction from human and environmental samples // *Scientific Reports*. – 2016. – vol. 6. – P. 26775.
- 87 Jagielski T., Gawor J., Bakula Z., Zuchniewicz K., Żak I., and Gromadka R. An optimized method for high quality DNA extraction from microalga *Prototheca wickerhamii* for genome sequencing. *Plant methods*. – 2017. – vol. 13. – No. 1. – P. 77.
- 88 Hassan M., Essam T., and Megahed S. Illumina sequencing and assessment of new cost-efficient protocol for metagenomic-DNA extraction from environmental water samples // *Brazilian Journal of Microbiology* – 2018. – vol. 49. – No. 1. – P. 1–8.
- 89 Yee W., Kumar J.N., and Muthusamy P.D. – 2018. Inclusion of 2-Mercaptoethanol in Lysis Buffer Could Interfere with Isolation of High Molecular Weight DNA from Freshwater Microalgae. *Indian journal of microbiology*. – vol. 58. – No. 1. – P. 109–113.
- 90 Snirc A., Silberfeld T., Bonnet J., Tillier A., Tuffet S., and Sun J.S. Optimization of DNA extraction from brown algae (Phaeophyceae) based on a commercial kit 1 // *Journal of phycology*. – 2010. – vol. 46. – No. 3. – P. 616–621.
- 91 Flores-Pérez, Ú., and Jarvis P. Isolation and suborganellar fractionation of *Arabidopsis* chloroplasts // In: Taylor N, Millar A (eds) *Isolation of plant organelles and structures. Methods in molecular biology*. Humana Press, New York, – 2017. – vol. 1511. – P. 45–60.
- 92 Kim, B.H., R. Ramanan, D.H. Cho, G.G. Choi, H.J. La, C.Y. Ahn, H.M. Oh, and H.S. Kim. Simple, rapid and cost-effective method for high quality nucleic acids extraction from different strains of *Botryococcus braunii* // *PLoS One*. – 2012. – vol. 7. – No. 55. – P. 37770.
- 93 Barrera D.J., and Mayfield S.P. High-value recombinant protein production in microalgae // In: Richmond A, Hu Q, editors. *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd. – 2013. – P. 532–544.
- 94 Torzillo, G., Scoma A., Faraloni C., and Giannelli L. Advances in the biotechnology of hydrogen production with the microalga *Chlamydomonas reinhardtii* // *Crit Rev Biotechnol*. – 2015. – vol. 35. – P. 485–496.
- 95 Brown, M. R. Nutritional value of microalgae for aquaculture. // In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Gaxiola-Cortés M.G., and Simoes N., (Eds.) *Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*, Cancún, Quintana Roo, México. – 2002. – P. 281 – 292.
- 96 Raes, J., Letunic I., Yamada T., Jensen L.J., and Bork P. Toward molecular trait-based ecology through integration of biogeochemical, geographical and metagenomic data // *Molecular systems biology*. – 2011. – vol. 7. – No. 1. – P. 473.
- 97 Matsuzaki, M., O. Misumi, T. Shin-I, S. Maruyama, M. Takahara, S.Y. Miyagishima, T. Mori, K. Nishida, F. Yagisawa, K. Nishida, and Y. Yoshida. Genome sequence of the ultrasmall unicellular red alga *Cyanidioschyzon merolae 10D* // *Nature*. – 2004. – vol. 428. – P. 653–657.

- 98 Radakovits R., Jinkerson R.E., Fuerstenberg S.I., Tae H., Settlage R.E., Boore J.L., and Posewitz M.C. – 2012. Draft genome sequence and genetic transformation of the oleaginous alga *Nannochloropsis gaditana*. *Nature communications*. – vol. 3. – P. 686.
- 99 Alonso E., Rubiolo J.A. Therapeutics of marine toxins. In: Botana L.M., Alfonso A., editors. *Phycotoxins: Chemistry and Biochemistry*. John Wiley & Sons Ltd. New York, NY, USA. – 2015. – P. 181–195.
- 100 Gan S.Y., Lim P.E., and Phang S.M. – 2016. Genetic and metabolic engineering of microalga // *In Algae Biotechnology*, Springer, Cham. – P. 317–344.
- 101 Pagani, I., K. Liolios, J. Jansson, I.M.A. Chen, T. Smirnova, B. Nosrat, V.M. Markowitz, and N.C. Kyrpidis. The Genomes OnLine Database (GOLD) v. 4: status of genomic and metagenomic projects and their associated metadata // *Nucleic acids research*. – 2011. – vol. 40. – No. 1. – P. 571–579.
- 102 Grossman A.R. Paths toward algal genomics // *Plant physiology*. – 2005. – vol. 137. – No. 2. – P. 410–27.
- 103 Radakovits, R., R.E. Jinkerson, A. Darzins, and M.C. Posewitz. Genetic engineering of algae for enhanced biofuel production // *Eukaryotic cell*. – 2010. – vol. 9. – No. 4. – P. 486–501.
- 104 Tirichine L., and Bowler C. Decoding algal genomes: tracing back the history of photosynthetic life on Earth // *The Plant Journal*. – 2011. – vol. 66. – No. 1. – P. 45– 57.
- 105 Hallmann A. Algae biotechnology—green cell-factories on the rise // *Current Biotechnology*. – 2015. – vol. 4. – No. 4. – P. 389–415.
- 106 Toulza E., Blanc-Mathieu R., Gourbière S., and Piganeau G. Environmental and evolutionary genomics of microbial algae: power and challenges of metagenomics // *In Advances in Botanical Research*. Academic Press. – 2012. – vol. 64. – P. 383– 427.
- 107 Zhang X., Acencio M.L., and Lemke N. Predicting essential genes and proteins based on machine learning and network topological features: a comprehensive review // *Front. Physiol*. – 2016. – vol. 7. – P. 75.
- 108 Breitwieser F.P., Lu J., and Salzberg S.L. A review of methods and databases for metagenomic classification and assembly. *Briefings in bioinformatics*. – 2017. – P. 1–15.
- 109 Minoche A.E., Dohm J.C., and Himmelbauer H. Evaluation of genomic high-throughput sequencing data generated on Illumina HiSeq and genome analyzer systems // *Genome biology*. – 2011. – vol. 12. – No. 11. – P. 112.
- 110 Caporaso J. G., Lauber C.L., Walters W.A., Berg-Lyons D., Huntley J., Fierer N., Owens S.M., Betley J., Fraser L, Bauer M., Gormley N., Gilbert J.A., Smith G., and Knight R. Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms // *The ISME journal*. – 2012. – vol. 6. – No. 8. – P. 1621.
- 111 Bauman N., Akella S., Hann E., Morey R., Schwartz A.S., Brown R., and Richardson T.H. Next-generation sequencing of *Haematococcus lacustris* reveals an extremely large 1.35-Megabase chloroplast genome // *Genome Announcements*. – 2018. – vol. 6. – No. 12. – P. 00181-18.
- 112 Davis A.M., Iovinella M., James S., Robshaw T., Dodson J. R., Herrero-Davila L., Clark J. H., Agapiou M., S.J., McQueen-Mason, Pinto G.G., Ciniglia C., Chong J.P., Ashton P.D., and Davis S.J. Using MinION nanopore sequencing to generate a de novo eukaryotic draft genome: preliminary physiological and genomic description of the extremophilic red alga *Galdieria sulphuraria* strain SAG 107. 79. – 2017. *bioRxiv* online 076208.

References

- 1 Bag, S., Saha B., Mehta, D.A.O., Kumar, N., Dayal, M., Pant, A., Kumar, P., Saxena S., Allin, K.H., Hansen, T., and Arumugam, M. (2016) An improved method for high quality metagenomics DNA extraction from human and environmental samples. *Scientific Reports*. vol. 6. pp. 26775.
- 2 Baird, D. J., and Hajibabaei, M. (2012) Biomonitoring 2.0: a new paradigm in ecosystem assessment made possible by next-generation DNA sequencing. *Molecular Ecology*. vol. 21, pp. 2039–2044.
- 3 Bauman, N., Akella, S., Hann, E., Morey, R., Schwartz, A.S., Brown, R., and Richardson, T.H. (2018) Next-generation sequencing of *Haematococcus lacustris* reveals an extremely large 1.35-Megabase chloroplast genome. *Genome Announcements*. vol. 6, No. 12, pp. 00181-18
- 4 Barrera, D.J., and Mayfield, S.P. (2013) High-value recombinant protein production in microalgae. In: Richmond A, Hu Q, editors. *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd. pp. 532–544.
- 5 Bérard, A., Dorigo, U., Humbert, J.F., and Martin-Laurent, F. (2005) Microalgae community structure analysis based on 18S rDNA amplification from DNA extracted directly from soil as a potential soil bioindicator. *Agronomy for Sustainable Development*. vol. 25, No. 2, pp. 285-291.
- 6 Alonso E., Rubiolo J.A. Therapeutics of marine toxins. In: Botana L.M., Alfonso A., editors. *Phycotoxins: Chemistry and Biochemistry*. John Wiley & Sons Ltd. New York, NY, USA. – 2015, pp. 181–195.
- 7 Breitwieser, F. P., Lu, J., and Salzberg, S.L. (2017) A review of methods and databases for metagenomic classification and assembly. *Briefings in bioinformatics*. pp. 1-15.
- 8 Brown, M. R. (2002) Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: Cruz-Suárez, L. E., D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Gaxiola-Cortés, and N. Simoes. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México. pp. 281 – 292.
- 9 Buchheim, M. A., Keller, A., Koetschan, C., Förster, F., Merget, B., and Wolf, M. (2011) Internal transcribed spacer 2 (nu ITS2 rRNA) sequence-structure phylogenetics: towards an automated reconstruction of the green algal tree of life. *PloS one*, vol. 6, No. 2, pp. 16931.

- 10 Cadoret, J. P., Garnier, M., and Saint-Jean, B. (2012) Microalgae, functional genomics and biotechnology. In *Advances in Botanical Research*. Academic Press. vol. 64, pp. 285-341.
- 11 Caporaso, J. G., Lauber, C.L., Walters, W.A., Berg-Lyons, D., Huntley, J., Fierer, N., Owens, S.M., Betley J., Fraser, L., Bauer, M., Gormley, N., Gilbert, J.A., Smith, G., and Knight, R. (2012) Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *The ISME journal*. vol. 6, No. 8, pp. 1621.
- 12 Cid, A., Prado, R., Rioboo, C., Suarez-Bregua, P., and Herrero, C. (2012) Use of Microalgae as biological indicators of pollution: Looking for new relevant cytotoxicity endpoints. In: Johnsen, M. N. (ed.) *Microalgae: Biotechnology, Microbiology and Energy*. Nova Science Publishers, New York. pp. 311-323.
- 13 Chariton, A. A., Court, L.N., Hartley, D.M., Colloff, M.J., and Hardy, C.M. (2010) Ecological assessment of estuarine sediments by pyrosequencing eukaryotic ribosomal DNA. *Frontiers in Ecology and the Environment*. vol. 8, pp. 233–238.
- 14 Craggs, R., Sutherland, D., and Campbell, H. (2012) Hectare-scale demonstration of high rate algal ponds for enhanced wastewater treatment and biofuel production. *Journal of Applied Phycology*. vol. 24, No. 3, pp 329-337.
- 15 Creer, S., Fonseca, V.G., Pozarinska, D.L., Giblin-Davis, R.M., Sung, W., Powers, D.M., Packer, M., Carvalho, G.R., Blaxter, M.L., Lamshead, P.J.D., and Thomas, W.K. (2010) Ultrasequencing of the meiofaunal biosphere: practice, pitfalls and promises. *Molecular Ecology*. vol. 19, No. 1, pp. 4–20.
- 16 Davis, A.M., Iovinella, M., James, S., Robshaw, T., Dodson, R.J., Herrero-Davila, L., Clark, J.H., Agapiou, M., McQueen-Mason, J.S., Pinto, G.G., Ciniglia, C., Chong, J.P., Ashton, P.D., and Davis, S.J. (2016) Using MinION nanopore sequencing to generate a de novo eukaryotic draft genome: preliminary physiological and genomic description of the extremophilic red alga *Galdieria sulphuraria* strain SAG 107. bioRxiv online 076208.
- 17 De Clerck, O., Bogaert, K.A., and Leliaert, F. (2012) Diversity and evolution of algae: primary endosymbiosis. In *Advances in botanical research*, Academic Press. vol. 64, pp. 55-86.
- 18 De Clerck, O., Guiry, M.D., Leliaert, F., Samyn, Y., and Verbruggen, H. (2013) Algal taxonomy: a road to nowhere? *Journal of Phycology*. vol. 49, No. 2, pp. 215-225.
- 19 Dell'Aglio, E., Cosentino, F., and Campanella, L. (2017) Use of Algae *Scenedesmus* as Bioindicators of Water Pollution from Active Ingredients. *J Anal Pharm Res*. vol. 6, No. 5, pp. 00189.
- 20 Delmont, T. O., Malandain, C., Prestat, E., Larose, C., Monier, J.M., Simonet, P., and Vogel, T.M. (2011) Metagenomic mining for microbiologists. *The ISME Journal*. vol. 5, No. 12, pp. 1837.
- 21 Desai, C., and Madamwar D. (2007) Extraction of inhibitor-free metagenomic DNA from polluted sediments, compatible with molecular diversity analysis using adsorption and ion-exchange treatments. *Bioresource technology*. vol. 98, No. 4, pp. 761-768.
- 22 Famà, P., Wysor, B., Kooistra, W.H., and Zuccarello, G.C. (2002) Molecular phylogeny of the genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) inferred from chloroplast *tufA* gene1. *Journal of phycology*. vol. 38, No. 5, pp. 1040-1050.
- 23 Flores-Pérez, Ú., and Jarvis, P. (2017) Isolation and suborganellar fractionation of *Arabidopsis* chloroplasts. In: Taylor N, Millar A (eds) *Isolation of plant organelles and structures*. Methods in molecular biology. Humana Press, New York. pp 45–60.
- 24 Fierer, N., Leff, J.W., Adams, B.J., Nielsen, U.N., Bates, S.T., Lauber, C.L., Owens, S., Gilbert, J.A., Wall, D.H., and Caporaso, J.G. (2012) Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes. *Proc Natl Acad Sci USA*. vol. 109, No. 52, pp. 21390–5.
- 25 Fuentes-Grünewald, C., Garcés, E., Alacid, E., Sampedro, N., Rossi, S., and Camp, J. (2012) Improvement of lipid production in the marine strains *Alexandrium minutum* and *Heterosigma akashiwo* by utilizing abiotic parameters. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*. vol. 39, No. 1, pp. 207-216.
- 26 Gan, S.Y., Lim, P.E., and Phang, S.M. (2016) Genetic and metabolic engineering of microalgae. In *Algae Biotechnology*, pp. 317-344. Springer, Cham.
- 27 Green, F.B., Bernstone, L.S., Lundquist, T.J., and Oswald, W.J. (1996) Advanced integrated wastewater pond systems for nitrogen removal. *Water Science and Technology*. vol. 33, No. 7, pp. 207-217.
- 28 Grossman A.R. (2005) Paths toward algal genomics. *Plant physiology*. vol. 137, No. 2, pp. 410-27.
- 29 Guiry, M.D. (2012) How many species of algae are there? *Journal of phycology*. vol. 48, No. 5, pp. 1057-1063.
- 30 Gupta, S., and Chikara, S.K. (2015) Metagenomics Analysis of Eukaryotic Community in Soil using 18S and 28S rRNA Gene High Throughput Sequencing. *International Journal of Genetics*, ISSN: 0975-2862 & E-ISSN: 0975-9158, vol. 7, No. 1, pp. 161-164.
- 31 Haddad, R., Alemzadeh, E., Ahmadi, A., Hosseini R., and Moezzi M. (2014) Identification of Chlorophyceae based on 18S rDNA sequences from Persian Gulf. *Iranian Journal of Microbiology*. vol. 6, No. 6, pp. 437-442.
- 32 Hajibabaei, M., Shokralla, S., Zhou, X., Singer, G.A.C., Baird, D.J. (2011) Environmental Barcoding: A Next-Generation Sequencing Approach for Biomonitoring Applications Using River Benthos. *PLoS ONE*. vol. 6, No. 4, pp. 17497.
- 33 Hall, J.D., Fucikova, K., Lo, C., Lewis, L.A., and Karol, K.G. (2010) An assessment of proposed DNA barcodes in freshwater green algae. *Cryptogamie, Algologie*. vol. 31, No. 4, pp. 529-555.
- 34 Hallmann, A. (2015) Algae biotechnology—green cell-factories on the rise. *Current Biotechnology*. vol. 4, No. 4, pp. 389-415.
- 35 Hallmann C. (2015) Biodiversity of terrestrial algal communities from soil and air-exposed substrates using a molecular approach. Dissertation, University Göttingen.
- 36 Hassan, M., Essam T., and Megahed S. (2018) Illumina sequencing and assessment of new cost-efficient protocol for metagenomic-DNA extraction from environmental water samples. *Brazilian Journal of Microbiology*. vol. 49, No. 1, pp. 1-8.

- 37 Healey, A., Furtado, A., Cooper, T., and Henry, R.J. (2014) Protocol: a simple method for extracting next-generation sequencing quality genomic DNA from recalcitrant plant species. *Plant methods*. vol. 10, No. 1, pp. 21.
- 38 Hino, A., Maruyama, H., and Kikuchi, T. (2016) A novel method to assess the biodiversity of parasites using 18S rDNA Illumina sequencing; parasitome analysis method. *Parasitology international*. vol. 65, No. 5, pp. 572-575.
- 39 Hoffmann, L. (1989) Algae of terrestrial habitats. *Bot Rev*. vol. 55, pp. 77-105.
- 40 Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J., and Wardle, D.A. (2005) Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus Of Current Knowledge. *Ecological Monographs*. vol. 75, No. 1, pp. 3-35.
- 41 Jagielski, T., Gawor, J., Bakula, Z., Zuchniewicz, K., Zak, I., and Gromadka, R. (2017) An optimized method for high quality DNA extraction from microalga *Prototheca wickerhamii* for genome sequencing. *Plant methods*. vol. 13, No. 1, pp. 77.
- 42 Johnson, P.L., and Slatkin, M. (2006) Inference of population genetic parameters in metagenomics: a clean look at messy data. *Genome research*. vol. 16, No. 10, pp. 1320-1327.
- 43 Kennedy, J., O'leary, N.D., Kiran, G.S., Morrissey, J.P., O'Gara, F., Selvin, J., and Dobson, A.D.W. (2011) Functional metagenomic strategies for the discovery of novel enzymes and biosurfactants with biotechnological applications from marine ecosystems. *Journal of applied microbiology*. vol. 111. No. 4, pp. 787-799.
- 44 Kim, B.H., Ramanan, R., Cho, D.H., Choi, G.G., La, H.J., Ahn, C.Y., Oh, H.M., and Kim, H.S. (2012) Simple, rapid and cost-effective method for high quality nucleic acids extraction from different strains of *Botryococcus braunii*. *PLoS One*. vol. 7, No. 5, pp. 37770.
- 45 Lawton, R.J., Mata, L., de Nys, R., and Paul, N.A. (2013) Algal bioremediation of wastewaters from land-based aquaculture using *Ulva*: selecting target species and strains. *PLoS One*. vol. 8, No. 10, pp. 77344.
- 46 Lin, G.M., Lai, Y.H., Audira, G., and Hsiao, C.D. (2017) A Simple Method to Decode the Complete 18-5.8-28S rRNA Repeated Units of Green Algae by Genome Skimming. *International journal of molecular sciences*. Vol. 18, No. 11, pp. 2341.
- 47 Lindgreen, S., Adair, K.L., and Gardner, P.P. (2016) An evaluation of the accuracy and speed of metagenome analysis tools. *Scientific reports*. vol. 6, No. 1, pp. 19233.
- 48 Linnarsson, S. (2010) Recent advances in DNA sequencing methods—general principles of sample preparation. *Experimental cell research*. vol. 316, No. 8, pp. 1339-1343.
- 49 Luo, C., Tsementzi, D., Kyrpides, N.C., and Konstantinidis, K.T. (2012) Individual genome assembly from complex community short-read metagenomic datasets. *The ISME journal*. vol. 6, No. 4, pp. 898.
- 50 Matsuzaki, M., Misumi, O., Shin-I, T., Maruyama, S., Takahara, M., Miyagishima, S.Y., Mori, T., Nishida, K., Yagisawa, F., Nishida, K., and Yoshida, Y. (2004) Genome sequence of the ultrasmall unicellular red alga *Cyanidioschyzon merolae 10D*. *Nature*. vol. 428, pp. 653–657.
- 51 Mayfield, M.M., Bonser, S.P., Morgan, J.W., Aubin, I., McNamara, S., and Vesik, P.A. (2010) What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change. *Global Ecology and Biogeography*. vol. 19, No. 4, pp. 423-431.
- 52 McCormick, P.V., and Cairns, J.J. (1994) Algae as indicators of environmental change. *J Appl Phycol*. vol. 6, pp. 509–526
- 53 Medlin, L.K., Metfies, K., John, U., and Olsen, J.L. (2007) 18 Algal molecular systematics: a review of the past and prospects for the future. *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*. Vol. 75, pp. 341.
- 54 Medlin, L.K., Metfies, K., Mehl, H., Wiltshire, K., and Valentin, K. (2006) Picoeukaryotic plankton diversity at the Helgoland time series site as assessed by three molecular methods. *Microbial ecology*. vol. 52, No. 1, pp. 53-71.
- 55 Merchant, S.S., Kropat, J., Liu, B., Shaw, J., and Warakanont J. (2012) TAG, you're it! *Chlamydomonas* as a reference organism for understanding algal triacylglycerol accumulation. *Current opinion in biotechnology*. vol. 23, No. 3, pp. 352-363.
- 56 Metting, B. (1981) The systematics and ecology of soil algae. *Bot Rev*. vol. 47, pp. 195-312.
- 57 Mikaelyan, A.S. (1997) Long-term variability of phytoplankton communities in open Black Sea in relation to environmental changes. In: E. Ozsoy and A. Mikaelyan (Eds.), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*. NATO ASI Series, 2. Environment, Kluwer Academic Publishers, London. vol. 27, pp. 105-116.
- 58 Minoche, A.E., Dohm, J.C., and Himmelbauer, H. (2011) Evaluation of genomic high-throughput sequencing data generated on Illumina HiSeq and genome analyzer systems. *Genome biology*. vol. 12, No. 11, pp. 112.
- 59 Moniz, M.B., and Kaczmarek, I. (2009) Barcoding diatoms: is there a good marker? *Molecular Ecology Resources*. vol. 9, pp. 65-74.
- 60 Moon-van der Staay, S.Y., De Wachter, R., and Vaulot, D. (2001) Oceanic 18S rDNA sequences from picoplankton reveal unsuspected eukaryotic diversity. *Nature*. vol. 409, No. 6820, pp. 607.
- 61 Muller-Feuga, A. (2013) Microalgae for aquaculture: the current global situation and future trends. *Handbook of Microalgal Cultures: Applied Phycology and Biotechnology*. 2nd ed. Wiley Blackwell, West Sussex. pp. 615-627.
- 62 Mutanda, T., Ramesh, D., Karthikeyan, S., Kumari, S., Anandraj, A., and Bux F. (2011) Bioprospecting for hyper-lipid producing microalgal strains for sustainable biofuel production. *Bioresource technology*. vol. 102, No. 1, pp. 57-70.
- 63 Nikorych V, and Chornevych, T. (2012) Ecobiomorph structure of algocenoses organization of brownish-podzolic gleied soils of Ukrainian Ciscarpathia. Soil forming factors and processes from the temperate zone. Vol. 10, pp.141-151.
- 64 O'Kelly, C.J., Wysor, B., and Bellows, W.K. (2004) Gene sequence diversity and the phylogenetic position of algae assigned to the genera *Phaeophila* and *Ochlochaete* (Ulvophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology*. vol. 40, No. 4, pp. 789-799.
- 65 Omar W.M. (2010) Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to Malaysian freshwater ecosystems. *Tropical life sciences research*. vol. 21, No. 2, pp. 51-67.
- 66 Oswald, W.J. (1988) Micro-algae and wastewater treatment. *Microalgal biotechnology*. pp. 305-328.

- 67 Pagani, I., Liolios, K., Jansson, J., Chen, I.M.A., Smirnova, T., Nosrat, B., Markowitz, V.M., and Kyrpides, N.C. (2011) The Genomes OnLine Database (GOLD) v. 4: status of genomic and metagenomic projects and their associated metadata. *Nucleic acids research*. vol. 40, No. 1, pp. 571-579.
- 68 Petrenko, P., Lobb, B., Kurtz, D.A., Neufeld, J.D., and Doxey, A.C. (2015) MetAnnotate: function-specific taxonomic profiling and comparison of metagenomes. *BMC biology*. vol. 13, No. 1, pp. 92.
- 69 Piganeau, G., Eyre-Walker, A., Grimsley, N., and Moreau, H. (2011) How and why DNA barcodes underestimate the diversity of microbial eukaryotes. *PLoS One*. vol. 6, No. 2, pp. 16342.
- 70 Pulz, O., and Gross, W. (2004) Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*. vol. 65, No. 6, pp. 635-648.
- 71 Radakovits, R., Jinkerson, R.E., Darzins, A., and Posewitz, M.C. (2010) Genetic engineering of algae for enhanced biofuel production. *Eukaryotic cell*. vol. 9, No. 4, pp. 486-501.
- 72 Radakovits, R., Jinkerson, R.E., Fuerstenberg, S.I., Tae, H., Settlage, R.E., Boore, J.L., and Posewitz, M.C. (2012) Draft genome sequence and genetic transformation of the oleaginous alga *Nannochloropsis gaditana*. *Nature communications*. vol. 3, pp. 686.
- 73 Raes, J., Letunic, I., Yamada, T., Jensen, L.J., and Bork P. (2011) Towards molecular trait-based ecology through integration of biogeochemical, geographical and metagenomic data. *Molecular systems biology*. vol. 7, No. 1, pp. 473.
- 74 Raja, R., Hemaiswarya, S., Kumar, N.A., Sridhar, S., and Rengasamy, R. (2008) A perspective on the biotechnological potential of microalgae. *Critical reviews in microbiology*. vol. 34, No. 2, pp. 77-88.
- 75 Rasala, B.A., and Mayfield, S.P. (2015) Photosynthetic biomanufacturing in green algae; production of recombinant proteins for industrial, nutritional, and medical uses. *Photosynthesis research*. vol. 123, No. 3, pp. 227-239.
- 76 Reigstad, L.J., Bartossek, R., and Schleper, C. (2011) Preparation of high-molecular weight DNA and metagenomic libraries from soils and hot springs. In *Methods in enzymology*. Academic Press. vol. 496, pp. 319-344.
- 77 Řeháková, K., Chlumská, Z., and Doležal, J. (2011) Soil cyanobacterial and microalgal diversity in dry mountains of Ladakh, NW Himalaya, as related to site, altitude, and vegetation. *Microbial ecology*. vol. 62, No. 2, pp. 337-346.
- 78 Rindi, F. (2007) Diversity, distribution and ecology of green algae and cyanobacteria in urban habitats. In *Algae and cyanobacteria in extreme environments*, Springer, Dordrecht. Vol. 11, pp. 619-638.
- 79 Rippin, M., Borchhardt, N., Williams, L., Colesie, C., Jung, P., Büdel, B., Karsten U., and Becker B. (2018) Genus richness of microalgae and Cyanobacteria in biological soil crusts from Svalbard and Livingston Island: morphological versus molecular approaches. *Polar Biology*. vol. 41, No. 5, pp. 909-923.
- 80 Ruggiero, M.A., Gordon, D.P., Orrell, T.M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C., Cavalier-Smith, T., Guiry, M.D., and Kirk, P.M. (2015) A higher-level classification of all living organisms. *PloS one*. vol. 10, No. 4, pp. 0119248.
- 81 Sambles, C., Moore, K., Lux, T.M., Jones, K., Littlejohn, G.R., Gouveia, J.D., Aves, S.J., Studholme, D.J., Lee, R., and Love, J. (2017) Metagenomic analysis of the complex microbial consortium associated with cultures of the oil-rich alga *Botryococcus braunii*. *Microbiology Open*. vol. 6, No. 4, pp. 00482.
- 82 Saunders, G.W., and Kucera, H.H. (2010) An evaluation of *rbcL*, *tufA*, *UPA*, *LSU* and *ITS* as DNA barcode markers for the marine green macroalgae. *Cryptogamie Algologie*. vol. 31, No. 4, pp. 487.
- 83 Searle, D., Sible, E., Cooper, A., and Putonti C. (2016) 18S rDNA dataset profiling microeukaryotic populations within Chicago area nearshore waters. *Data in brief*. vol. 6, pp. 526-529.
- 84 Sharma, M., Thukral, N., Soni, N.K., and Maji, S. (2015) Microalgae as Future Fuel: Real Opportunities and Challenges. *Journal of Thermodynamics & Catalysis*. vol. 6, No. 1, pp. 1.
- 85 Sharma, N.K., Rai, A.K., Singh, S., and Brown Jr., R.M. (2007) Airborne algae: present status and their relevance. *Journal of Phycology*. vol. 43, No. 4, pp. 615-627.
- 86 Sharpton T. J. (2014) An introduction to the analysis of shotgun metagenomic data. *Front. Plant Sci*. vol. 5, pp. 209.
- 87 Snirc, A., Silberfeld, T., Bonnet, J., Tillier, A., Tuffet, S., and Sun, J.S. (2010) Optimization of DNA extraction from brown algae (Phaeophyceae) based on a commercial kit 1. *Journal of phycology*. vol. 46, No. 3, pp. 616-621.
- 88 Sogin, M.L., Morrison, H.G., Huber, J.A., Welch, D.M., Huse, S.M., Arrieta, J.M., and Herndl, G.J. (2006) Microbial diversity in the deep sea and the under-explored "rare biosphere". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. vol. 103, No. pp. 12115 – 12120.
- 89 Starks T.L., Shubert, L.E., and Trainor, F.R. (1981) Ecology of soil algae: A review. *Phycologia*. vol. 20, pp. 65-80.
- 90 Stern, R.F., Andersen, R.A., Jameson, I., Küpper, F.C., Coffroth, M.A., Vaulot, D., Le Gall, F., Véron B., Brand, J.J., Skelton, H., Kasai, F., Lilly, E.L., and Keeling, P.J. (2012) Evaluating the ribosomal internal transcribed spacer (ITS) as a candidate dinoflagellate barcode marker. *PLoS One*. vol. 7, No. 8, pp. 2780.
- 91 Stern, R.F., Horak, A., Andrew, R.L., Coffroth, M.A., Andersen, R.A., Küpper, F.C., Jameson, I., Hoppenrath, M., Véron, B., Kasai F., and Brand, J. (2010) Environmental barcoding reveals massive dinoflagellate diversity in marine environments. *PLoS One*. vol. 5, No. 11, pp. 13991.
- 92 Suenaga, H. (2012) Targeted metagenomics: a high-resolution metagenomics approach for specific gene clusters in complex microbial communities. *Environmental Microbiology*. vol. 14, No. 1, pp. 13-22.
- 93 Sumbali G, and Mehrotra, R. (2009) Principles of Microbiology. Tata McGraw-Hill. pp. 926.
- 94 Suresh, A., Kumar, R.P., Dhanasekaran, D., and Thajuddin, N. (2012) Biodiversity of microalgae in western and eastern ghats, India. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. vol. 15, No. 19, pp. 919-928.
- 95 Sweeney, B.W., Battle, J.M., Jackson, J.K., and Dapkey, T. (2011) Can DNA barcodes of stream macroinvertebrates improve descriptions of community structure and water quality? *J. North Am. Benthol. Soc.* vol. 30, pp. 195-216.

- 96 Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., and Siemann, E.. (1997) The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*. vol. 277, No. 5330, pp. 1300-1302.
- 97 Tirichine, L., and Bowler C. (2011) Decoding algal genomes: tracing back the history of photosynthetic life on Earth. *The Plant Journal*. vol. 66, No. 1, pp. 45-57.
- 98 Tonge D.P., Pashley, C.H., Gant, T.W. (2014) Amplicon –Based Metagenomic Analysis of Mixed Fungal Samples Using Proton Release Amplicon Sequencing. *PLoS ONE* vol. 9, No. 4, pp. 93849.
- 99 Torzillo, G., Scoma, A., Faraloni, C., and Giannelli, L. (2015) Advances in the biotechnology of hydrogen production with the microalga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Crit Rev Biotechnol*. Vol. 35, pp. 485–496.
- 100 Toulza, E., Blanc-Mathieu, R., Gourbière, S., and Piganeau, G. (2012) Environmental and evolutionary genomics of microbial algae: power and challenges of metagenomics. In *Advances in Botanical Research*. Academic Press. vol. 64, pp. 383-427.
- 101 Tragin, M., Lopes dos Santos, A., Christen, R., and Vaulot, D. (2016) Diversity and ecology of green microalgae in marine systems: an overview based on 18S rRNA gene sequences. *Perspect. Phycol*. vol. 3, pp. 141–154.
- 102 Uyaguari-Diaz, M.I., Chan, M., Chaban, B.L., Croxen, M.A., Finke, J.F., Hill, J.E., Peabody, M.A., Van Rossum, T., Suttle, C.A., Brinkman, F.S., and Isaac-Renton, J. (2016). A comprehensive method for amplicon-based and metagenomic characterization of viruses, bacteria, and eukaryotes in freshwater samples. *Microbiome*. vol. 4, No. 1, pp. 20.
- 103 Vaulot, D., Lepere C., Toulza, E., De La Iglesia, R., Poulain, J., and Piganeau, G. (2012) Metagenomes of the picoalga *Bathycoccus* from the Chile coastal upwelling. *PLoS One*. vol. 7, No. 6, pp. 39648.
- 104 Vieira, H.H., Bagatini, I.L., Guinart, C.M., and Vieira, A.A.H. (2016) *tufA* gene as molecular marker for freshwater Chlorophyceae. *Algae*. vol. 31, No. 2, pp. 155-165
- 105 Von Mering, C., Hugenholtz, P., Raes, J., Tringe, S.G., Doerks, T., Jensen, L.J., Ward, N., and Bork, P. (2007) Quantitative phylogenetic assessment of microbial communities in diverse environments. *Science*. vol. 315, No. 5815, pp. 1126-1130.
- 106 Wynne, M.J., Verbruggen, H., and Angel, D.L. (2009) The recognition of *Caulerpa integerrima* (Zanardini) comb. et stat. nov. (Bryopsidales, Chlorophyta) from the Red Sea. *Phycologia*. vol. 48, No. 4, pp. 291-301.
- 107 Yee, W., Kumar, J.N., and Muthusamy, P.D. (2018) Inclusion of 2-Mercaptoethanol in Lysis Buffer Could Interfere with Isolation of High Molecular Weight DNA from Freshwater Microalgae. *Indian journal of microbiology*. vol. 58, No. 1, pp. 109-113.
- 108 Yergeau, E., Michel, C., Tremblay, J., Niemi, A., King, T.L., Wyglinski, J., Lee, K., and Greer, C.W. (2017) Metagenomic survey of the taxonomic and functional microbial communities of seawater and sea ice from the Canadian Arctic. *Scientific reports*. vol. 7, pp. 42242.
- 109 Zhang X., Acencio, M.L., and Lemke, N. (2016) Predicting essential genes and proteins based on machine learning and network topological features: a comprehensive review. *Front. Physiol*. vol. 7, pp.75.
- 110 Zimmermann, J., Jahn, R., and Gemeinholzer, B. (2011) Barcoding diatoms: evaluation of the V4 subregion on the 18S rRNA gene, including new primers and protocols. *Organisms Diversity & Evolution*. vol. 11, No. 3, pp. 173.
- 111 Zinger, L., Amaral-Zettler, L.A., Fuhrman, J.A., Horner-Devine, M.C., Huse, S.M., Welch, D.B.M., Martiny, J.B.H., Sogin, M., Boetius, A., and Ramette, A.. (2011) Global patterns of bacterial beta-diversity in seafloor and seawater ecosystems. *PLoS One*. vol. 6: pp. 24570.
- 112 Zou, S., Fei, C., Wang, C., Gao, Z., Bao, Y., He, M., and Wang, C. (2016) How DNA barcoding can be more effective in microalgae identification: a case of cryptic diversity revelation in *Scenedesmus* (Chlorophyceae). *Scientific reports*. vol. 6, pp. 36822.

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**

**Abdibattayeva M.¹, Su Xintai², Almatova B.³,
Umbetbekov A.⁴, Satarbayeva A.⁵, Asanova G.⁶**

¹Faculty of Geography and Environmental Sciences,

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²School of Environment and Energy, South China University of Technology, China, Guangzhou

³Baishev University, LLP Technopark «Zerek», Kazakhstan, Aktobe

⁴Faculty of Geography and Environmental Sciences,

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

⁵Faculty of Geography and Environmental Sciences, Al-Farabi Kazakh National University,

Kazakhstan, Almaty, e-mail: a.satarbayeva@gmail.com,

⁶Faculty of Environmental Engineering,

Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kazakhstan, Kyzylorda

SOIL DEGRADATION DUE TO POLLUTION BY OIL AND OIL PRODUCTS AND THE DEVELOPMENT OF A WAY TO PREVENT THEM

Soil degradation and, as a result, desertification is a global phenomenon, but in Kazakhstan it is felt most acutely. The main causes leading to desertification and adverse environmental changes include chemical contamination of the soil. Local and regional chemical pollution of soils is observed near cities and industrial enterprises, open-pit mining of mineral resources. The dominant group of chemical pollution will be oil itself, gas accompanying it, waste and underground mineralized water. The problem of detoxification, cleaning and restoring the properties and fertility of soils polluted with oil and oil products in order to prevent soil degradation is an important and most pressing issue at present. The main idea of the work is to create a solar complex for processing oil and gas waste with the development of fundamentally new solutions in the technological scheme for processing oily waste.

In world practice, various methods of cleaning soil and water from oil pollution are applied: mechanical, physicochemical and biological. Not all of them are safe and effective. To solve the problems of anthropogenic pollution by oil and petroleum products, photothermal methods during cleaning to remove the hydrocarbon portion of the soil. The authors have created a solar system and developed a way to prevent soil degradation with the production of petroleum products.

The scientific novelty of the work lies in the use of various types of solar constructions in the recycling and utilization of oily wastes, ensuring maximum separation of hydrocarbons from oil wastes, without prejudice to their chemical structure, in the manufacture of modern composite building materials, ensuring the intensification of hardening processes.

The results show that an environmentally friendly method has been developed for cleaning oil-polluted soils, soils and oil sludge. This method solves an important environmental problem of cleaning oil-polluted soils, soils and oil sludge, helps restore and prevent the degradation of natural complexes, reduces pollution of the soil layer and water bodies. This will allow utilizing oil barns and sludge collectors in all oil-producing regions using solar energy.

Key words: soil degradation, technogenic desertification, oil pollutants, land reclamation, soil cleaning.

Абдибаттаева М.М.¹, Su Xintai², Алматова Б.³,
Үмбетбеков А.Т.⁴, Сатарбаева А.С.⁵, Асанова Г.Ж.⁶

¹География және табиғатты пайдалану факультеті, әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,

²Қоршаған орта және энергетика мектебі, Оңтүстік-Қытай технологиялар университеті, ҚХР, Гуанджоу қ.

³Баишев университеті, Технопарк «Зерек» ЖШС, Қазақстан, Ақтөбе қ.

⁴география және табиғатты пайдалану факультеті, әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

⁵география және табиғатты пайдалану факультеті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: a.satarbayeva@gmail.com,

⁶Инженерлік-экологиялық факультет, Қорқыт ата атындағы
Қызылорда мемлекеттік университеті, Қазақстан, Қызылорда қ.

Мұнай және мұнай өнімдерімен ластану есебінен топырақтың деградациялануы және оны болдырмау тәсілін жасау

Топырақ деградациясы және олардың салдарынан шығатын шөлейттену – әлемдік ауқымдағы құбылыс, алайда ол Қазақстанда ерекше сезіліп отыр. Шөлейттену мен жағымсыз экологиялық өзгерістерге алып келетін басты себептердің қатарында топырақтың химиялық ластануы бар. Топырақтың жергілікті және аймақтық химиялық ластануы қалалар мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың, ашық пайдалы кен қазбаларының маңайында байқалады. Химиялық ластаушы басым топтарға мұнайдың өзі, оған серіктес газдар, ағымдық және жерасты минералданған сулар жатады. Қазіргі таңдағы маңызды және анағұрлым өзекті мәселенің бірі детоксикация, топырақ деградациясының алдын алу. Орындалған зерттеу жұмысының басты идеясы мұнай-газ саласының қалдықтарын қайта өңдеу үшін гелиокешен құрастыруда, құрамында мұнай бар қалдықтарды өңдеу технологиясында мүлдем жаңа шешім табу. Әлемдік тәжірибеде топырақ пен суды мұнай ластағыштарынан тазартатын алуан түрлі механикалық, физикалық-химиялық, биологиялық әдістер қолданылады. Алайда олардың барлығы дерлік қауіпсіз және тиімді емес. Топырақтың мұнай және мұнай өнімдерімен техногендік ластануының мәселесін шешуде фототермиялық әдістерді қолдану тиімді. Ол кезде көмірсутекті бөлшектер топырақтан бөліп алынады. Авторлар жасап шығарған гелиокондырғы көмегімен мұнай өнімдері топырақтан бөлініп алынады, сонымен қатар осы жаңа әдіс көмегімен топырақтың деградацияға ұшырауына жол берілмейді. Жұмыстың жаңашылдығы – құрамында мұнай бар қалдықтарды қайта өңдеуде және жоюда гелиокондырғылардың алуан түрлерін қолдануында. Ондай гелиокондырғы мұнай қалдықтарынан көмірсутектердің барынша бөлінуін қамтамасыз етеді, көмірсутектердің химиялық құрылымына зақым келтірмейді. Бөлініп алынған көмірсутектер қатаю үдерістерінің қарқындылығын қамтамасыз етуші заманауи композициялық құрылыс материалын дайындау кезінде қолданылады. Алынған нәтижелер мұнаймен ластанған топырақты, мұнай шламдарын тазартатын жаңа әдістің қоршаған орта үшін қауіпсіз екенін көрсетіп отыр. Бұл әдіс мұнаймен ластанған топырақты, мұнай шламдарын тазарту сияқты маңызды экологиялық мәселені шеше алады, табиғи кешендерді қалпына келтіріп, деградацияға ұшырауының алдын алады, топырақ қабаты мен су қоймаларының ластануын азайтады. Өз кезегінде күн энергиясын қолдана отырып барлық мұнай өндіргіш аймақтарда мұнай амбарлары мен шлам жинағыштарды жоюға мүмкіндік туады.

Түйін сөздер: топырақ деградациясы, техногендік шөлейттену, мұнай ластағыштары, мелиорация, топырақты тазарту.

Абдибаттаева М.М.¹, Su Xintai², Алматова Б.³,
Үмбетбеков А.Т.⁴, Сатарбаева А.С.⁵, Асанова Г.Ж.⁶

¹факультет географии и природопользования,
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²Школа окружающей среды и энергетики, Южно-Китайский университет технологий, КНР, г. Гуанджоу

³Университет Баишева, ТОО Технопарк «Зерек», Казахстан, г. Ақтөбе

⁴факультет географии и природопользования,
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

⁵факультет географии и природопользования, Казахский национальный университет им.аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: a.satarbayeva@gmail.com,

⁶факультет инженерно-экологический, Кызылординский государственный университет
им. Коркыт Ата, Казахстан, г. Кызылорда

Деградация почвы за счет загрязнения нефтью и нефтепродуктами и разработка способа их предотвращения

Деградация почв и, как следствие, опустынивание – явления мирового масштаба, но в Казахстане это ощущается наиболее остро. К числу главных причин, ведущих к опустыниванию и неблагоприятным экологическим изменениям, относятся химическое загрязнение почвы.

Локальное и региональное химическое загрязнение почв наблюдается вблизи городов и промышленных предприятий, открытых разработок полезных ископаемых. Доминирующей группой химического загрязнения будет являться сама нефть, сопутствующий ей газ, сточные и подземные минерализованные воды. Проблема детоксикации, очистки и восстановления свойств и плодородия почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, с целью предотвращения деградации почвы является важной и наиболее актуальной в настоящее время. Основная идея работы заключается в создании гелиокомплекса для переработки отходов нефтегазовой отрасли с разработкой принципиально новых решений в технологической схеме переработки нефтесодержащих отходов. В мировой практике применяются различные методы очистки почвы и воды от нефтезагрязнений: механические, физико-химические и биологические. Не все они безопасны и эффективны. Для решения проблем техногенного загрязнения почвы нефтью и нефтепродуктами можно использовать фототермические способы, при которых углеводородная часть извлекается из почвы. Авторами создано гелиоустройство и разработан способ предотвращения деградации почвы с получением нефтепродуктов. Научная новизна работы заключается в использовании различных видов гелиоконструкций при переработке и утилизации нефтесодержащих отходов, обеспечивающих максимальное выделение углеводородов из нефтяных отходов, без ущерба для их химической структуры, при изготовлении современных композиционных строительных материалов, обеспечивающих интенсификацию процессов твердения. Полученные результаты показывают, что разработан безопасный для окружающей среды способ утилизации нефтезагрязненных почв, грунтов и нефтешламов. Данный способ решает важную экологическую проблему очистки нефтезагрязненных почв, грунтов и нефтешламов, способствует восстановлению и предотвращению деградации природных комплексов, снижает загрязнение почвенного слоя и водоемов. Это позволит утилизировать нефтяные амбары и шламонакопители во всех нефтедобывающих регионах с использованием солнечной энергии.

Ключевые слова: деградация почв, техногенное опустынивание, нефтяные загрязнители, мелиорация, очистка почвы.

Introduction

In all latitudinal natural-landscape zones of the planet one can observe the existence of processes of degradation of natural components in varying degrees.

The degradation of the components of the natural environment is: the deterioration of the properties of groundwater and surface water, rocks, soils, biota and gas components of the natural environment.

The reasons for the deterioration of these properties are associated with two aspects:

A) the deterioration of the natural environment and human life as a result of natural phenomena (volcanic eruptions, floods, earthquakes, tsunamis, etc.)

B) human activities (destruction of natural ecosystems, pollution, etc.).

In any case, the degradation of the components of the environment leads to a deterioration of the human habitat in the artificially created environment due to increasing environmental pollution (air, water, landscapes, etc.).

Soil degradation and, as a result, desertification is a global phenomenon, but in Kazakhstan it is felt most acutely. We have more than two thirds of the territory exposed to desertification. Of particular danger is the rapidly growing desertification. Desertification is seen as the result of a complex

interaction of biological, political, social and economic factors.

It is known that during degradation and desertification almost all components of the landscape are affected. Increased anthropogenic activity can lead to changes in individual properties of soil or soil processes in general.

As a result of identifying diagnostic indicators of aridization and desertification of the soils of the steppe zone, it will be possible to determine the degree of desertification.

Under anthropogenic impact, the soil structure and crust are destroyed, the arable soil horizon is sprayed and the soil becomes susceptible to wind erosion (Table 1.).

According to official data, the area of desertification in Kazakhstan is 179.9 million hectares or 66% of the territory of the republic. The main causes leading to desertification and adverse environmental changes include: massive plowing of soils (including light and unsuitable for use) during the development of virgin lands, overgrazing and failure of pastures, deterioration of their grass stand, secondary salinization of soils during irrigation. There is also cutting down of tree and shrub vegetation along with annually recurring forest fires (especially in the former Semipalatinsk region), as well as chemical pollution of the soil [1].

Table 1 – Indicators of aridization and desertification of soil in the steppe zone of Kazakhstan

Processes and properties of soil that promote aridization and desertification	Indicators and signs of aridization or desertification processes	Causes, rates, danger and degree of manifestation of aridization and desertification
3. Chemical (technogenic) pollution dramatically reduces the biological productivity of the soil and often does unfit for consumption grown on it foodstuffs. Pollution adversely affects many properties of the soil, including to fertility and ecological condition.	Determined with special types of analysis of soil, plants, animals and groundwater. Indicators of the sanitary condition of the soil (warning soil pollution by household and industrial emissions and waste, as well as substances purposefully applying in agriculture and forestry). GOST 17.4.2.01. – 81. Conservation of nature. Soils. Nomenclature of indicators sanitary states.	Soil and water pollution, local and regional near cities and industrial enterprises, open development useful minerals, etc. Pollution (for example, pesticides, oil pollution, heavy metals, etc.) for a long period lead out soil cover from use and is equivalent to very strong desertification.

Local and regional chemical pollution of soils is observed near cities and industrial enterprises, open-pit mining of mineral resources. Such pollution of a technogenic type for a long period removes soil cover from use, drastically reduces the biological productivity of the soil, even leads to the unsuitability of vegetation grown on it for use, which is characteristic of very strong desertification.

Local soil contamination is most often associated with oil and petroleum product spills when pipelines are damaged and leaks through equipment leaks. Contamination of large areas is possible with the flow of oil.

Also the main sources of chemical pollution of the soil cover are:

- infiltration of household and technological waste;
- accumulation of products of combustion of fuels and lubricants of motor transport, drilling and diesel installations;
- infiltration and accidental spills of reagents from barns with drilling and cementing solutions;
- infiltration and accidental spills of formation and waste waters;
- freelance and accidental oil spills from the wellhead. The main pollutants in drilling and well testing are drilling fluids, flushing fluids, reagents for affecting the formation, cements, industrial waste, household and technical waste, etc. The dominant group of chemical contamination will be oil itself, its associated gas, wastewater and underground mineralized water. At the same time, there will be an active change in the structure of the soil cover due to secondary salinization, petrochemical pollution and accumulation of heavy metals in soils. In the end, technogenic soil ranges with completely different geochemical properties that are not typical for zonal

soils with anomalous, at first aggressive properties will form [2].

The problem of detoxification, purification and restoration of the properties and fertility of soils contaminated with oil and oil products in order to prevent soil degradation is an important and most pressing issue at present.

Materials and Methods

The uniqueness of the work is to create a solar system for the processing of waste oil and gas industry with the development of innovative solutions to prevent soil degradation.

The methodological basis for the experimental study will be:

- analysis of theoretical assumptions;
- the study of the main characteristics of the object under study in the presence of various limitations imposed by the direct tasks of the experiments;
- consideration of the use and technological characteristics of the developed method of processing oily waste.

In the process of developing a methodological substantiation, first of all, the conditions under which it is possible to obtain reliable results are taken into account. Based on the data obtained, experimental models and equipment are selected, simulation parameters are generated, the number of repetitions of individual experiments is calculated.

During the research, both standard and generally accepted non-standard methods of analysis were used. To determine the morphology, structure and chemical composition of the obtained samples, were used various modern new and classical physicochemical methods of analysis. On the basis of the obtained empirical data using the methods of

induction and deduction, theoretical knowledge was formed, which were practically substantiated, which would ensure the removal of their hypothetical nature and transformation into reliable knowledge.

Trial studies were carried out directly on the object of study and (additionally) on artificial solutions in order to eliminate the influence of side factors on the phenomena under study.

The physical and chemical indicators of oily waste and wastewater are assessed using standard methods. For this purpose used potentiometric,

conductometric, colorimetric, spectrophotometric, ionometric and other methods of measurement and appropriate equipment.

For research used oil-contaminated soil and oil sludge from the Atyrau region, where concentrated large oil and gas fields in Kazakhstan. Their composition is given in table 2.

Oil waste was treated to separate the oil components from the main mass of the waste. The oil part of the waste was analyzed for further selection of the conditions for their extraction from waste.

Table 2 – Composition of oil waste

Oil waste	Composition, mass. %		
	Organic part	Mechanical impurities	Water
Oil sludge	76,8	8,0	15,2
Oil Contaminated Ground	11,6	85,4	3,0

Results and Discussion

In our country, more than 70 million tons of crude oil are produced annually, oil and gas bearing areas include 172 oil fields, of which more than 80 are under development. Such intensification of oil production and refining is accompanied by industrial pollution of the environment. As a result, the properties of the soil change, it is salinized. Contaminated land is removed from agricultural use as unfit. Also occurs the pollution of the aquatic environment with oil and petroleum products.

The enterprises of the oil and gas complex of the republic occupy one of the leading places in soil pollution with various chemical compounds [3].

Currently, oil and oil products are recognized as priority environmental pollutants. According to the degree of environmental impact, oil-producing enterprises are among the ten most dangerous. The oil and gas production regions are concentrated in the west and south-west of Kazakhstan – in the West Kazakhstan, Aktobe, Atyrau, Mangistau, Kyzylorda regions.

Lately, many oil and gas basins are characterized by an increase in the rates and volumes of oil and gas production. This is achieved either through the introduction of new fields into the development, or, especially for old developed pools, through additional exploration of old fields or the use of enhanced oil recovery technologies. The result is a significant, often uncontrolled, increase in anthropogenic load within the entire basin or its individual parts with irreversible environmental consequences [4].

One of the main sources of soil contamination are oil discharges into earthen barns, oil spills and water-oil mixtures when pipelines are broken, oil leaks onto the ground during an accident, oil production and repair work on wells. The practice of gas flaring in flares also causes significant environmental and economic damage. Increased thermal background and acidification of environmental components around fields during gas combustion have a negative impact on the soil, vegetation, and animal world adjacent to oil complexes, contributing to the increase in the greenhouse effect [5].

During the exploration and exploitation of hydrocarbon deposits around each drilling rig, vegetation is destroyed by 70-80% within a radius of 500-800 meters.

According to the information published by UNDP “Kazakhstan” in the review “Environment and Sustainable Development in Kazakhstan”, technogenic pollution of lands in the form of soil contamination was allowed in Atyrau oblast on an area of more than 1.3 million hectares, in some oil fields it reaches a thickness of 10 meters.

The highest content of oil and oil products in the soil of the Kulsarinskoe field can apparently be explained by the fact that in the old deposits of polluted soils dense bituminous bark is formed, which are impermeable to plant roots and microorganisms. Oil lakes (oil barns) are formed on the territory of the oilfield, the soil of vast areas of the field, mixed with oil, forms oil sludge. In most areas, the soil layer is saturated with crude oil, the thickness of the oil-contaminated layer reaches 10 m

in places. On the territory of the Kulsarinsky field, soil and vegetation cover is severely disturbed and soil deflation processes are noted [6].

Oil differs significantly from other pollutants in the nature of the impact on natural systems. Oil does not have a strictly defined chemical composition. This concept includes many varieties of tar-carbon systems, the properties of which may differ significantly from each other.

In oil pollution, three groups of environmental factors closely interact: 1) complexity, the unique multicomponent composition of oil, which is in the process of constant change; 2) the complexity and heterogeneity of the composition and structure of any ecosystem that is in the process of constant development and change; 3) the diversity and variability of external factors that influence the ecosystem: temperature, pressure, humidity, state of the atmosphere, hydrosphere, etc.

The main characteristics of the composition of oil, which determine its effect on the soil and living organisms, and the peculiarities of transformation in the biosphere depend on the content of: 1) the light fraction; 2) cyclic hydrocarbons; 3) solid paraffins; 4) resins and asphaltenes; 5) sulfur [7].

The light fraction, which includes the most simple in structure and low molecular weight methane (alkanes), naphthenic (cycloparaffinic) and aromatic hydrocarbons, is the most mobile part of oil. Most of the light fraction consists of methane hydrocarbons (alkanes) with the number of carbon atoms $C_5 - C_{11}$ (pentane, hexane, heptane, octane, nonane, decane, undecane). Normal (unbranched) alkanes in this fraction are 50 – 70%. Methane hydrocarbons have a strong toxic effect on living organisms, being in soils, water or air. These hydrocarbons are more soluble in water, easily penetrate into the cells of organisms through membranes.

The content of solid methane hydrocarbons (paraffin) in oil is an important characteristic when studying oil spills on soils. Paraffin wax is not toxic to living organisms, but due to high pour points (+ 180 ° C and above) and solubility in oil (+ 40 ° C) under the conditions of the earth's surface, it becomes solid, depriving oil of mobility.

The naphthenic (cycloalkanes) and aromatic hydrocarbons (arenes) belong to cyclic hydrocarbons in the composition of oil. The content of aromatic hydrocarbons in oil varies from 5 to 55%, most often from 20 to 40%. The bulk of the aromatic structures are polynuclear hydrocarbons – benzene homologues [8, 9,10].

Aromatic hydrocarbons are the most toxic components of petroleum. At a concentration

of only 1% in water, they kill all aquatic plants; oil containing 38% of aromatic hydrocarbons, significantly inhibits the growth of higher plants. Multicore hydrocarbons – have a more rapid toxic effect on organisms than polycyclic hydrocarbons.

Resins are viscous greasy substances, they contain more hydrogen and less carbon than asphaltenes. Asphaltenes are condensation products of 2-3 molecular resins. These are solids that are not soluble in low molecular weight hydrocarbons. Pitches and asphaltenes contain the main part of trace elements of oil, including almost all metals. The total content of trace elements in oil – hundredths and tenths of a percent. From an ecological point of view, trace elements of oil can be divided into two groups: non-toxic and toxic [11].

Research has established the main features of soil transformation in oil pollution. The processes of degradation of pollutants in soils are carried out against the background of their active interaction with the soil mass. This leads to a directional change in the properties of soils that receive man-made streams, coupled with changes in the chemical composition of introduced substances. The transformation of oil-contaminated soils to local biochemical conditions and changes not only in time but also in space [12].

Oil impregnation of the soil mass leads to active changes in the chemical composition, properties and structure of the soil. First of all, it affects the humus horizon: the amount of carbon in it increases dramatically, but the bituminous substance significantly impairs the property of the soil as a nutrient substrate for plants. In soil, there are changes in redox conditions, an increase in the mobility of humus components from a number of trace elements. If the source of contamination is a production well, then a significant transformation of the soil occurs as a result of salinization by reservoir waters accompanying oil. All this leads to a deterioration of the state of vegetation, a drop in land productivity [13].

Oil pollution of the soil leads to profound changes in all the properties of the soil, as a result of which its fertility is disturbed. This deterioration of water-air, physico-chemical properties of the soil, its absorption capacity, as well as a decrease in the content of elements of mineral nutrition of plants. Data from studies show that about 40–50% of chemical pollutants remain in the soil. Their remnants are combined with humus. Analysis of the literature data showed that humus is lost from an oil spill in the soil, which makes the soil dead and fertility is restored only a few years after the soil is polluted.

At low viscosity, oil has the ability to cover large areas of the earth's surface with a thin film and affects the oxygen regime of the surface layers.

When the soil is saturated with oil, the phytase activity level of the soil decreases, which causes a slowdown in the mineralization of organophosphorus compounds. As a result, the content of mobile phosphorus decreases and some accumulation of organophosphorus compounds is observed in the soil. All this has a negative effect on the intensity of the microbiological and biochemical processes of soil self-purification. The soil is enriched with carbon disulfide, the number of anaerobic and spore-forming microorganisms increases [14].

Soil is a resource that is overexploited and polluted. To restore 2-2.5 centimeters of the soil layer, it is necessary from 300 to 1000 years. The recovery period (self-rehabilitation) of soils contaminated with oil is from 1-2 to 10-15 and more years.

Restoration of disturbed soil cover requires a long time and large investments.

In world practice, various methods of cleaning soil and water from oil pollution are applied: mechanical, physicochemical and biological. Not all of them are safe and effective. To solve the problems of anthropogenic pollution by oil and petroleum products, photothermal methods during cleaning to remove the hydrocarbon portion of the soil.

The issue of cleaning oily waste is topical everywhere, but today there is still no effective industrial scheme for their processing, although almost all leading manufacturers of chemical equipment are trying to develop and improve equipment for cleaning and recovery. First in the world separator stations for cleaning oil sludge were designed and installed in Russia. Separators were designed to clean up oil sludge, but they were uneconomical due to the fact that after each work shift it was necessary to disassemble and remove work surfaces from contamination. The project developers made a serious miscalculation: on separators were fed raw materials without prior preparation and purification, while separators should be used only at the final stage of purification of oil sludge. In this regard, the methods of application of these types of separation have not found further application. In other factories for 10–15 years operated installations for the incineration of oil sludge, bottom sediments of sludge collectors and flotopenes. Processing sludge in this way was also uneconomical, since in addition to the loss of oil there was an additional fuel consumption in order to evaporate water and maintain the working temperature in the furnace. Among the disadvan-

tages of the installation can still be inability to clean flue gases, which are formed during the incineration of sludge, from oxides of sulfur and nitrogen, as well as the fact that the raw materials needed to be additionally prepared for incineration [15].

An improved version of the sludge treatment unit was created by the Swedish company AlfaLaval. Cleaning is carried out in this way: the sludge is distilled into the tank and left for several days to settle. The water that has come to the surface is dumped from the tank to the treatment plant, and the oil phase is sent to the AlfaLaval installation. First, the oil phase enters the hydrocyclone, and then into a two-phase centrifuge, in which purification from heavy mechanical particles takes place. Further purification of oil (from water) is performed in a three-phase centrifugal separator. According to the results of the operation, a disappointing conclusion was made: such an installation is only suitable for cleaning fresh, newly formed sludge and, on the contrary, is hardly applicable for cleaning bottom sediments of sludge collectors. In addition, the water obtained in the cleaning process is contaminated with persistent oil emulsions, and it is not possible to process the mechanical impurities (soil) that are discharged from the separators from time to time. It can also be considered a flaw that the destruction of stable oil emulsions and the achievement of higher refining performance does not use chemical reagents [16].

The plant for the purification of oil sludge from the German manufacturer KHD has been proposed to several enterprises in the oil industry. The initial stage of cleaning on this installation is that the sludge is pumped into the tank. From this tank, the oil phase is distilled into a three-phase centrifuge, where the sludge is divided into components: oil, water and mechanical impurities – under the influence of centrifugal forces. To increase the cleaning efficiency, before loading the sludge into the centrifuge, it is treated with a chemical reagent. This installation has the following disadvantages: in order for the oil content in the sludge fed to the installation to be at least 70%, it is necessary to ensure a high degree of separation in the tank, otherwise the purified oil will contain a high percentage of water. In contrast to the centrifugal three-phase separator, the cleaning process in a centrifuge is not carried out automatically. The “KHD” unit can also clean only freshly formed sludge and is not suitable for cleaning deep sediments of sludge collectors. Oil sludge processing using centrifuges requires large quantities of electricity to ensure separation of oil from other components. Along with centrifuges use belt filter presses. However, such equipment allows only

to separate the soil and water. In the resulting soil remains from 20 to 30% of hydrocarbons [17].

The oil waste treatment method developed by Bogart Environmental Services, an American company, has been successfully operating in Kuwait for several years now. This method allows you to clean the sandy soil from oil spills after accidents. To do this, the contaminated soil is removed and formed into high (up to 10 meters) piles. Under its own weight of soil, oil is pressed out. After that, it is sent for cleaning to the centrifuge. The soil is diluted with water to a moisture content of 95% and transported in containers, where the process of biological degradation of hydrocarbons takes place. The use of Bogart equipment and methods for cleaning light soils is associated with certain difficulties. First, such soils are extremely difficult to form into piles. This means that the soil is subjected to biological treatment with virtually no separation of free oil, but microbiological methods are effective only when the concentration of hydrocarbons is not more than 15%. Note also that to ensure the effective operation of microbiological strains, it is required to dilute the soil with clean water. To the downsides of this method, the need for a large amount of pure water and a significant increase in cleaning time are added.

We must remember that microorganisms contain toxic elements and compounds. The volume of microorganisms that are displayed along with the cleaned soil is directly proportional to the volume of the feed (hydrocarbons) introduced into the soil. The more hydrocarbons gets into biodegradation, the greater the amount of excess biomass will be obtained as a result of the cleaning process. Purification of soils with a high content of hydrocarbons can lead to an increase in the number of harmful elements contained in the cells, which can lead to biological pollution of the environment.

To maintain the process of biodegradation during biological treatment, it is necessary to update a large amount of biomass. To this end, reactors are installed at landfills for the production of such biomass. This is associated with additional costs for the nutrient medium and supplements for growing biomass. To reduce the amount of biomass, enzymes are used, their cost increases the cost of technology [18].

The multilateral approach to the system of processing oily waste is of great importance for the development of the oil and gas sector in Kazakhstan. The key difference in the idea of creating a solar complex is the use of solar energy in the processing of oily waste. Recycled raw materials on solar systems – cleaned soil – can find its application in the road construction industry. Thus, it is possible

to create a demanded technological cycle “waste – feedstock – product”.

The scientific novelty of the work lies in the use of various types of solar constructions in the recycling and utilization of oily wastes, ensuring maximum separation of hydrocarbons from oil wastes, without prejudice to their chemical structure, in the manufacture of modern composite building materials, ensuring the intensification of hardening processes.

In addition, various types of solar constructions have the following advantages:

- environmentally friendly generation of thermal energy;
- total absence of greenhouse gas emissions;
- universality of application, simplicity of design and low weight, mobility at work, modular principle of power gain and high reliability;
- ensured the return of oil from oil sludge into circulation in raw form;
- minimum of oil impurities in the solid residue, as a result of which it is possible to use the solid phase to obtain a modern composite building material;
- oil content at the level of 1.5-2.5% in the aqueous phase, which allows for photochemical purification using ozone technology.

All the shortcomings identified in the above technologies for the processing of oil waste of various companies can be eliminated with the help of the created heliocomplex as part of the proposed method. The proposed effective scheme for the processing of oily waste in the solar complex works as follows. Oily wastes enter the heliocomplex, pass through a sieve, and then go to the solar system with concentrating elements, which is intended to separate the organic and mineral phases and water. The organic phase, i.e., the industrial design of petroleum products, is sent to the oil treatment plant, the mineral phase with a small amount of oil is used as a cleaned soil when obtaining a modern composite building material. In the proposed scheme for processing oil-containing waste, oil is additionally obtained, which is hardly extracted from the depths, instead of burning, which pollutes the environment with flue gases. In purified or pressed soil, a significant amount of hydrocarbons remains, and in our case, the soil contains only 7–8% of oil, which is close in its molecular weight to bitumen. Obtaining a modern composite building material from cleaned soils on the basis of the developed optimal composition is carried out in a solar chamber, which is intended to intensify the processes of hardening.

Table 3 – Total insolation of solar energy by months in Almaty city

City	Total monthly, J/m ² (κW·hour/m ²)											
	Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Almaty	176·10 ⁶	239·10 ⁶	354·10 ⁶	484·10 ⁶	632·10 ⁶	678·10 ⁶	729·10 ⁶	647·10 ⁶	497·10 ⁶	321·10 ⁶	187·10 ⁶	136·10 ⁶

Experimental studies were conducted in Almaty city. The solar radiation of this area is $1.343 \cdot 10^{15}$ J per year. Below is a table of total insolation by months in Almaty city.

The device works as follows: in order to create a condition for the displacement of oil from the soil, oil-contaminated soil or oil sludge is mixed with water, for which water is first poured into the device, and oil-contaminated soil or oil sludge is put on top. In the focal part of the body, a parabolic concentrator is installed on the metal frame and equipped with a tracking system behind the Sun, which maximally focuses the direct and scattered solar radiation, collects all the solar energy incident on it and directs it to the focal part of the tank. As a solar energy concentrator, you can use any material that has reflectivity. Figure 1 shows a schematic diagram of the solar system, equipped with matching elements.

The solar system is additionally equipped with a solar panel made from concentrator photovoltaic modules placed on a mechanical system. The module provides additional warmth during the overcast and cold season. Also a thermoelectric heater is additionally installed at the bottom of the tank, which is switched on using additional energy accumulated by the solar panel.

A rotor blades is mounted on the top of the container on the disk, which mixes the mixture as it warms up. Through the formed channels with the help of blades in the process of heating due to solar energy, start to stand out oil fractions. To separate the separated oil from the ground, the disc squeezes the mixture and the resulting productive oil is poured into the reservoir to collect oil through a pipe connected to the body.

During the experiment, when heating oil waste, the temperature in the device was 75-82 ° C at an ambient temperature of 33-35 ° C. Heating was carried out during the daylight hours. The dynamics of changes in the temperature of oily waste in the solar system, equipped with concentrating elements is shown in Fig.2.

When the oil-contaminated soil is heated, the temperature in the device was 85 degrees Celsius

at an ambient temperature of 28 degrees Celsius, heating was carried out for 4 hours, and using additional energy accumulated by the solar panel, the heating time is reduced by 2-2.5 times. Loading and unloading of oil-contaminated and cleaned soils and oil sludge is carried out manually or mechanized way, although automation of this process is not excluded.

The results of the analysis of extracted oil from oily waste are shown in Tab. 4. From Tab. 4 shows that the content of chloride salts, the water content of the oil and the sulfur content in the electric heating method are much higher than normal, and also leads to a change in the physicochemical properties of the oil.

When using solar energy creates the required conditions for the extraction of oil from the soil. As follows from the above data, the product of cleaning oily waste is a valuable hydrocarbon feedstock that can be recycled or used for other purposes [19, 20].

To clarify the effect of thermal effects of solar energy on the properties of hydrocarbons, a study was conducted of the composition of oil-contaminated soils and sludge and their solid residues after pretreatment using solar energy in the developed device Fig.3.

After heat treatment of oil sludge through the installation, 3 target products are obtained: – product of oil sludge processing;

- water containing petroleum products;
- sludge (cake) with the content of petroleum products.

Thus, after the preliminary purification of oil waste using solar energy in the soil, the content of solid residues does not exceed 8.65–8.79%. After purification, the molecular weight of hydrocarbons is close in absolute value to bitumen, and the ratio of carbon to hydrogen varies according to the following series: bitumen (6.29-10.7) > oily soils or sludge (8.56-8.79). The advantages of this method of cleaning oil waste in order to separate the oil and mineral parts are the simplicity of the device design, its high performance and relative cheapness.

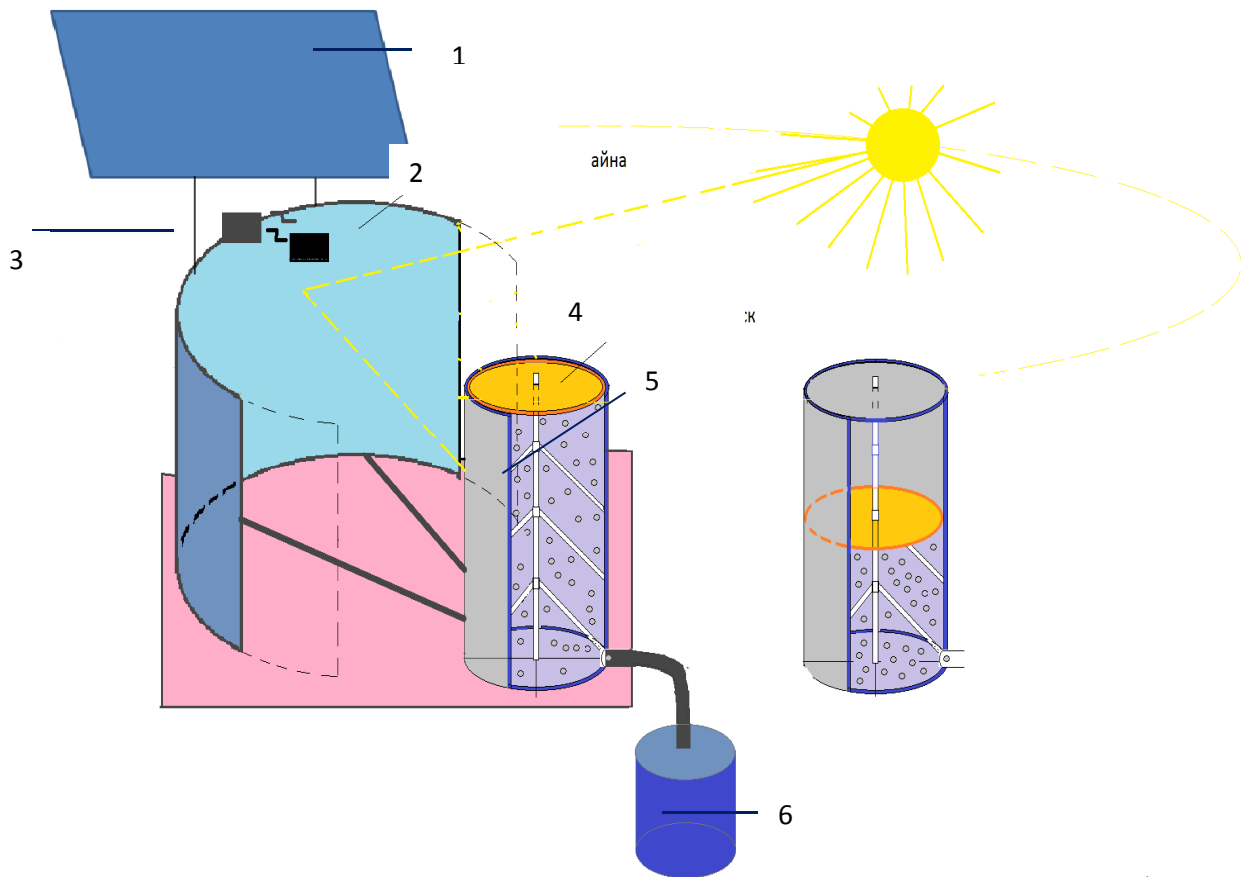


Figure 1 – Device for the extraction of oil and petroleum products during the cleaning of oily waste
 1 – solar panel; 2 – parabolic cylindrical concentrator; 3 – solar energy tracking system;
 4 – a disk for oil displacement with push-ups; 5 – rotor with blades for moving heated waste;
 6 – capacity to drain the displaced oil.

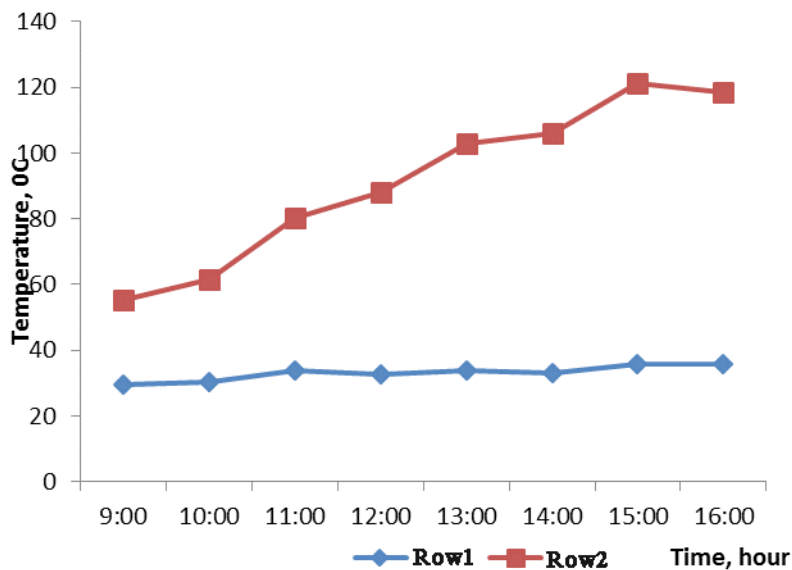
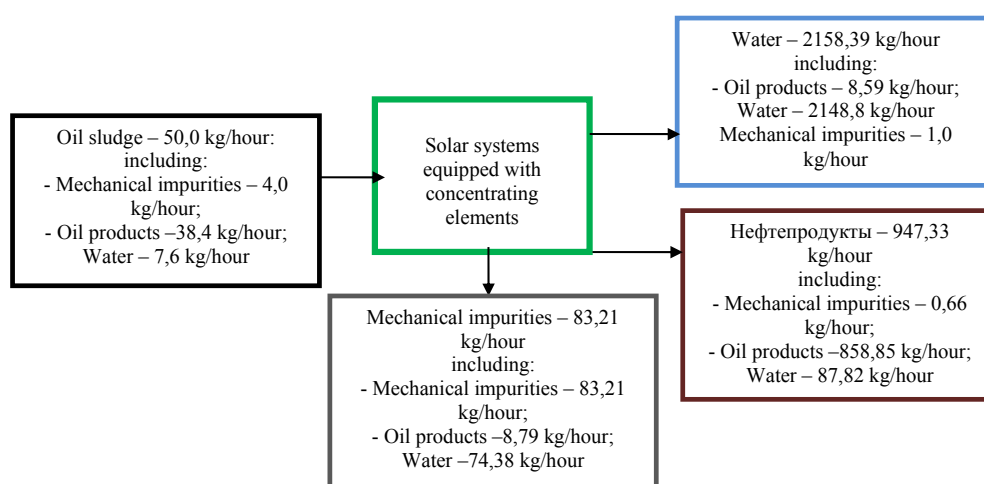


Figure 2 – Dynamics of temperature change of oily waste using solar energy
 Row 1 – Ambient Temperature; Row 2 – The temperature of the mixture of waste and water

Table 4 – Physico-chemical properties of recovered oil from oily waste

Name of properties and methods	Density at 20°C, kg/m ³	Density hand over oil, kg/m ³	Content of chloride salts, mg/l	Oil water cut, %	Content of mechanical impurities	Sulfur content
Norm ND	830,0	833,7	100	0,5	0,05	0,6
1st method (heating with solar energy)	948,0	942,7	127,480	18,0	0,0349	0,168
2nd method (heating using electric energy)	852,1	942,7	407,9	35,0	0,0394	0,265

**Figure 3** – Scheme of passage of sludge through the separator

It is practically possible to apply oil-contaminated soil and oil sludge as secondary raw materials for strengthening road surfaces.

For the manufacture of soil concrete, refined oil-contaminated soil and oil sludge are used as raw materials, which are one of the sources of environmental pollution in oil-producing regions. In the process of production activities in the preparation of oil is generated industrial waste, with containing petroleum products – up to 10%, suspended solids – up to 90%. The main polluting component in the waste is oil, the waste toxicity class is 4. Annual volume is – 4500 tons. The granulometric composition of the soil is determined according to SS 12536 – 79 by sieving the sample in the amount of one kilogram on a standard set of sieves. To implement the problem of disposal of oil-contaminated soil, we carried out experimental studies on the use of previously cleaned oil-contaminated soils and sludge as secondary raw materials as the most rational method of disposal.

The main difference of the organic component of oily waste, which determine physical properties and chemical activity, is a higher content of resins

and asphalt, and the mineral part – ion-exchange complexes Ca^{2+} and Mg^{2+} . Stabilization of oily waste was carried out with Portland cement PC 500. Manufacturing and testing of soil concrete was carried out in accordance with the instructions.

Further, in order to prepare a soil-concrete mixture, the previously cleaned oil-contaminated soil or oil sludge was first mixed, then mixed with sand by dosing, mixed until a homogeneous mixture was obtained, after which the binder was added. again mixed and then injected concrete additive and finally mixed and moistened to molding moisture with the required degree of uniformity. The composition of the investigated composition of soil-concrete based on oil-contaminated soil and sludge: composition – 1: 4: 2. In the compositions based on oil-contaminated soil and sludge used concrete additive based on sulfonic synthetic polymer. Polymer provides superviscosity, reduces to a large extent the water content in reoplastic concretes, does not contain chlorine. Polymer initially accelerates and increases the strength of concrete.

To conduct an experimental study, we developed experimental and control samples of two compositions for the manufacture of a soil-concrete mixture, using oil-contaminated soil and oil sludge. For the purpose of heat treatment, the experimental samples were subjected to heat treatment in a device with concentrating elements of solar energy, and in the control samples hardening took place in natural conditions (Tab.5-6).

After heat treatment of the soil concrete in a solar system with a translucent shell, the physicomechanical parameters of the experimental samples of the soil concrete had the following values given in Tab.6. As can be seen from the results of table 5 and figure 4, the soil concrete composition 2 and 4 in quality meet the requirements of the instructions for the stabilized soil class 2 strength.

The high compressive strength of soil-concrete 2 composition based on oil-contaminated soil and 4

composition based on oil sludge is explained by the following:

- the correct selection of the composition: a complex of sand and additives;
- the presence in the composition of the organic part of compounds with an unsaturated chemical bond, which increases their reactivity;
- using pre-cleaned oil-contaminated soils or oil sludge, since after pre-treatment the molecular weight of hydrocarbons approaches in absolute value to bitumen, and the ratio of carbon to hydrogen varies according to the following series: bitumen (6.29 – 10.7) > oil-contaminated soils or oil sludge (8.56 – 8.79).

For soil-based concrete made on the basis of oil-contaminated soils or sludge, priority in tensile strength in bending is explained by the content of resins that provide adhesion, cohesive bonds and elasticity (Tab.7).

Table 5 – Composition of soil-concrete on the basis of oil-contaminated soil and sludge

number of samples	The composition of soil-concrete (experimental sample-heat treatment with the use of solar energy)	number of samples	The composition of soil-concrete (control – hardening in vivo)
with the use of oil-contaminated soil			
2	contaminated soils cement sand water concrete additives	22	contaminated soils cement sand water concrete additives
using oil sludge			
4	Oil sludge cement sand water concrete additives	44	Oil sludge cement sand water concrete additives

Table 6 – Physical and mechanical properties of the experimental and control samples soil-concrete after 28 days of hardening

Name indicators	According to building codes and regulations, 2 strength class	The value of technical indicators			
		contaminated soils		oil sludge	
		2 experimental	22 control	4 experimental	44 control
1	2	3	4	5	6
The compressive strength of saturated samples, MPa	6-4	5,73	3,1	5,33	3,70
The tensile strength in bending samples saturated with water, MPa, not less	1,0	1,6	0,86	1,50	0,76
Coefficient of frost, not less	0,75	0,81	0,55	0,80	0,53

In accordance with the above, the optimal composition can be recommended according to the instructions for the device bases or as a covering of local roads. They can also be recommended as bases acting as crack-breaking layers. At the same time, technological properties are improved: workability, due to the presence of plasticizing additives – oil, and hence homogeneity and easy workability. Increased performance: compressive

and tensile strength, frost resistance and deformation capacity due to the use of cement, which provides the crystalline structure of the spatial framework that occurs in fortified soil. This is explained by the fact that oil has a coagulation structure, and the presence of cement in it provides a mixed coagulation-crystalline structure of the soil with a real possibility of obtaining soil concrete with high physico-mechanical properties.

Table 7 – soil-concrete strength by heat treatment using solar energy

Number of mixture	W/C	Tensile strength in bending	Compressive strength, MPa age day			
			1	7	14	28
1	2	3	4	5	6	7
contaminated soils						
2	0,5	1,6	1,07	1,7	3,74	5,73
22	0,5	0,86	0,11	0,75	1,55	3,1
oil sludge						
4	0,5	1,50	1,01	2,36	3,70	5,33
44	0,5	0,76	0,13	0,93	1,85	3,7

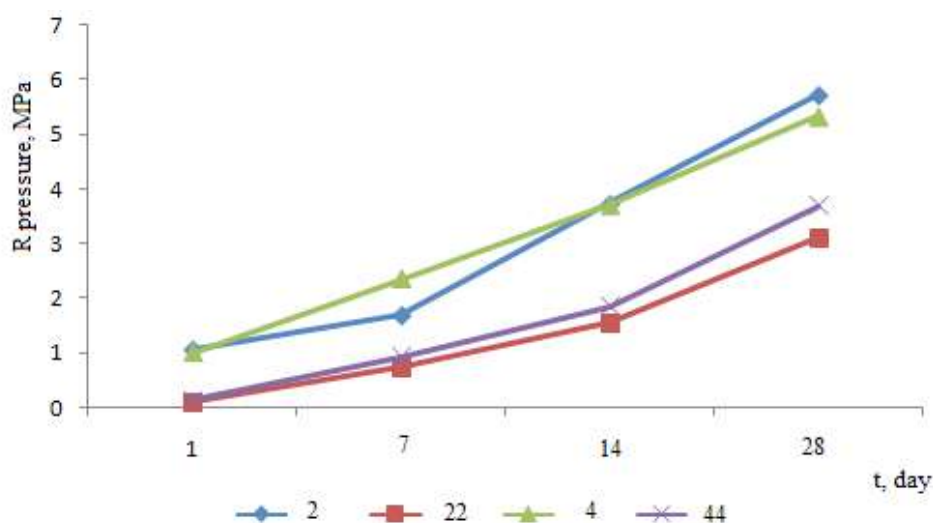


Figure 4 – The strength of soil-concrete with the use of solar energy

The results show that an environmentally friendly method has been developed for cleaning oil-polluted soils, soils and oil sludge. This method solves an important environmental problem of cleaning oil-polluted soils, soils and oil sludge, helps restore and prevent the degradation of natural complexes, reduces pollution of the soil layer and

water bodies. This will allow utilizing oil barns and sludge collectors in all oil-producing regions using solar energy.

Thus, this method of cleaning oil-contaminated soils, soils and oil sludge will provide, with maximum use of solar energy, a reduction in the level of the negative impact of pollutants on the environment.

References

- 1 Бельгибаев М.Е. Диагностические показатели аридизации и опустынивания почв степной зоны Казахстана // Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы. Степной бюллетень. – 2002. – №11. – С. 52-55.
- 2 Диаров М.Д. Экология и нефтегазовый комплекс. Том 1. – Алматы, 2003. – С. 387-391.
- 3 Smykov V.V., Smykov Yu.V., Torikov A.I. On the problem of utilization of oil-containing wastes // Oil industry. – 2005. – No. 3. – P. 30-33.
- 4 Середин В.В. Санация территорий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Геоэкология – 2000. – № 9. – С. 525-540.
- 5 Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Ecology of soils: A manual for university students. Part 3 // Pollution of soils. Rostov-on-Don: UPL RSU.- 2004.- P.54.
- 6 Акпамбетова К.М., Мусина А.А., Джангозина Д.М., Калиева Т.Н. Экологические проблемы аридных территорий Казахстана // Вестник КарГУ. Серия биологическая. – 2007. – №2. – С. 49-54.
- 7 Salanginas L.A. Change of soil properties under the influence of oil pollution and the development of a system of measures for their rehabilitation // Dis. ... of the Biol. Sciences. Ekaterinburg, 2003. – P. 486.
- 8 Guangji Hua, Jianbing Li a, Guangming Zengb. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review // Journal of Hazardous Materials.- 2013. – № 261. – P.470-490.
- 9 Карцева Н.Ю. Гигиеническая оценка процессов миграции и трансформации нефти в почве // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 2006. – С. 12-15.
- 10 Арустамов Э.А. Природопользование // учебник для вузов. – М.: Дашков и Ко, 2000. – С. 302.
- 11 Генадьев А.Н., Жу.И.Пиковский. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими углеводородами: метод и опыт составления // Почвоведение. – 2007. – N1. – С. 80-92.
- 12 Баженова О.К. Геология и геохимия нефти и газа // О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, Е. Chain – М.: МГУ, 2012. – С. 432.
- 13 Valova V.D. Fundamentals of ecology. – М.: “Dashkov and Co”, 2001. – P. 212.
- 14 Орлов Д.С., Василевская В.Д. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 257.
- 15 Obrevka L.A., Frolova V.A., Darisheva A.M. Environmental problems and utilization of oil industry waste. – Almaty: KazgosINTI. – 2002. – P. 126.
- 16 Singh P., Ojha A., Borthakur A., Singh R., Lahiry D., Tiwary D., Mishra P.K. Emerging trends in photodegradation of petrochemical wastes // Environmental Science and Pollution research. – 2017. – Part: 23. – Number: 22. – P. 353.
- 17 Ongarbayev E.K., Mansurov Z.A. Oil waste and ways of their utilization. – Almaty: Kazak universiteti, 2003. – P. 160.
- 18 Yagudin N.G. Processing of sludge from oil production and oil refining into road and aerodrome soil cushions // Environmental protection in the oil and gas sector – 2005. – №3. – P. 77-82.
- 19 Estrada-Arriaga E.B., Zepeda-Aviles J.A., Garcia-Sanchez L. Post-treatment of real oil refinery using photo-ferrioxalate and Fenton's reactions with membrane process step // Chemical Engineering Journal. DOI: 10.1016 / j.cej. 2015.10.030. Published: FEB 1. – Tom: 285. – 2016. – P. 508-516.
- 20 Novikov Yu.V. Ecology, environment and people // Textbook, manual for high schools, secondary schools and colleges. – М.: FAIR PRESS, 2005. – P. 736.

References

- 1 Akpambetova K.M., Musina A.A., Dzhangozina D.M., Kaliyeva T.N. (2007) Ecologicheskiye problem aridnykh territoriy Kazakhstana [Ecological problems of arid territories of Kazakhstan]. Vestnik KarGU. Seriya biologicheskaya, №2, pp.49-54.
- 2 Arustamov E.A. (2000) Prirodopolzovaniye [Nature management]. Uchebnik dliya vuzov, M., “Dashkov and Co.”, pp.302.
- 3 Bazhenova O.K., Burlin Ju.K., Sokolov B.A., Chain V.E. (2012) Geologiya i geochimiya nefi i gaza [Geology and geochemistry of oil and gas]. M.: MGU, pp. 432.
- 4 Belgibayev M.E. (2002) Diagnosticheskie pokazateli aridizatsii i opustynivaniya potchv stepnoi zony Kazakhstana [Diagnostic indicators of aridization and desertification of soil in the steppe zone of Kazakhstan]. Kazakhskii nacionalnyi universitet imeni al-Farabi, Almaty. Stepnoi bulleten, № 11.-pp.52-55.
- 5 Gennadiev A.N. Pikovskii Ju.I. (2007) Karty ustoychivosti potchv k zagryazneniu nefteproduktami i policiklicheskimi uglevodorodami: metod i opyt sostavleniya [Soil resistance maps to pollution by petroleum products and polycyclic hydrocarbons: method and experience in compiling]. Potchvovedenie, No1, pp.80-92.
- 6 Guangji Hua, Jianbing Lia, Guangming Zengb. (2013) Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry:a review. Journal of Hazardous Materials, No 261, pp.470-490.
- 7 Diarov M.D. (2003) Ekologiya i neftegazovyi kompleks [Ecology and oil and gas complex]. Tom 1, Almaty, pp. 387.
- 8 Estrada-Arriaga E.B., Zepeda-Aviles J.A. Garcia-Sanchez L. (2016) Post-treatment of real oil refinery using photo-ferrioxalate and Fenton's reactions with membrane process step. Chemical Engineering Journal, DOI: 10.1016 / j.cej.2015.10.030. Published: FEB 1, Tom: 285, pp. 508-516.
- 9 Kartseva N.Yu. (2006) Gigienicheskaiya ocenka processov migratsii i transformatsii nefi v potchve [Hygienic assessment of processes of migration and transformation of oil in the soil]. Avtoref. diss. ... cand. biol. nauk, Moscow, pp.165.

- 10 Novikov Yu.V. (2005) Ecology, environment and people: Textbook, manual for high schools, secondary schools and colleges. M.: FAIR PRESS, pp.736.
- 11 Obrevka L.A., Frolova V.A., Darisheva A.M. (2002) Environmental problems and utilization of oil industry waste. Almaty: KazgosINTI, pp. 126.
- 12 Ongarbayev E.K., Mansurov Z.A. (2003) Oil waste and ways of their utilization. Almaty: Kazak universiteti, pp. 160.
- 13 Orlov D.S., Vasilevskaya V.D. (1994) Potchvenno-ecologitcheskii monitoring i ochrana potchv [Soil-ecological monitoring and soil protection], M.: Izd-vo MGU, pp. 257.
- 14 Salanginas L.A. (2003) Change of soil properties under the influence of oil pollution and the development of a system of measures for their rehabilitation: Dis. ... of the Biol. Sciences, Ekaterinburg, pp.486.
- 15 Singh P., Ojha A., Borthakur A., Singh R., Lahiry D., Tiwary D., Mishra P.K. (2017) Emerging trends in photodegradation of petrochemical wastes // Environmental Science and Pollution research, Part: 23, Number: 22, pp.353.
- 16 Seredin V.V. (2000) Sanaciya territorii, zagriyaznennykh neftyu i nefteproductami [Sanitation of the territories polluted by oil and oil products]. Geoecologiya, № 9, pp. 525-540.
- 17 Smykov V.V., Smykov Yu.V., Torikov A.I. (2005) On the problem of utilization of oil-containing wastes. Oil industry, No. 3, pp. 30-33.
- 18 Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. (2004) Ecology of soils: A manual for university students, Part 3, Pollution of soils. Rostov-on-Don, pp.54.
- 19 Valova V.D. (2001) Fundamentals of ecology, M.:»Dashkov and Co», pp.212.
- 20 Yagudin N.G. (2005) Processing of sludge from oil production and oil refining into road and aerodrome soil cushions. Environmental protection in the oil and gas sector, №3, pp. 77-82.

**Anuarbek Sh.N.^{1,2*}, Abugalieva S.I.^{1,2}, Chudinov V.A.³,
Tuberosa R.⁴, Pecchioni N.⁵, Turuspekov Ye.K.^{1,2}**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, *e-mail: shinar_anuar92@mail.ru

²Institute of Plant Biology and Biotechnology CS MES RK, Kazakhstan, Almaty

³LLP “Karabalyk breeding station”, Kazakhstan, Nauchnoye

⁴University of Bologna, Italy, Bologna ⁵Research Centre for Cereal and Industrial Crops,
Council for Agricultural Research and Economics (CREA), Italy, Foggia

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE YIELD COMPONENTS
OF THE TETRAPLOID WHEAT WORLD COLLECTION**

Nowadays, a large number of cultivars of various origins are attracted to the wheat breeding improvement, and as a result, an assessment of the accessions' yield in various agroclimatic conditions is required. Genotype-environment interaction is the main reason for the fact that in different years and (or) in other conditions of cultivation, cultivars and lines differ in rank according to the level of the yield. The study aims to investigate the suitability and adaptability of accessions of world tetraploid wheat collection, including durum wheat cultivars, to the Kazakhstan conditions. Three hundred twenty-eight (328) tetraploid wheat accessions of different genetic and geographical origin were grown in 2 randomized replicates in two contrasting regions of Kazakhstan – Kostanay region on the North and Almaty region on the South-east of the country. Phenological observations and structural analysis were conducted following Dospikhov and the Zadoks scale. Correlations coefficients among all characters (days to tillering, days to booting, days to heading, days to anthesis, days to maturity, plant height, peduncle length, number of fertile spikes per plant, spike length, number of kernels per spike, weight of kernels per spike, number of kernels per plant, 1000 kernels weight) were computed using GraphPad software. To assess the contribution of genotypic and environmental variability to the total phenotypic variation of yield and the main economically valuable traits, we evaluated the genotype-environment interaction. Productive and adapted accessions for the both Almaty and Kostanay regions were selected. The data of phenological observations and structural analysis will be used in a genome-wide association study for the traits, related to productivity and quality.

Key words: tetraploid wheat, cultivar, yield, phenology, pre-breeding, genotype x environment interaction.

**Әнуарбек Ш.Н.^{1,2}, Абуғалиева С.И.^{1,2}, Чудинов В.А.³,
Тубероза Р.⁴, Пеккиони Н.⁵, Туруспеков Е.К.^{1,2}**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: shinar_anuar92@mail.ru

²ҚР БҒМ ҒК Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

³«Қарабалық ауылшаруашылық тәжірибе станциясы» ЖШС, Қазақстан, Научное ауылы

⁴Болонья университеті, Италия, Болонья қ. ⁵Ауылшаруашылық және
экономиканы аграрлық талдау саласындағы ғылыми зерттеулер институты (CREA),
Италия, Фоджа қ.

**Тетраплоидты бидайдың дүниежүзілік коллекциясының
өнімділік компоненттерін салыстырмалы бағалау**

Қазіргі таңда бидайды селекциялық жақсарту үшін, шығу тегі әртүрлі көптеген сорттар зерттеуге алынады, соған байланысты, жаңа агроклиматтық жағдайда үлгілердің өнімділігін бағалау үшін экологиялық сынақ қажет. Әртүрлі жылдары және/немесе түрлі өсу жағдайында сорттардың өнімділік дәрежесі бойынша басты себебі генотип-орта байланысы болып табылады. Бұл зерттеу тетраплоидты бидайдың дүниежүзілік коллекциясының, оның ішінде қатты бидай-

дың сорттары мен линияларының Қазақстан жағдайына бейімделуін зерттеуге бағытталған. Генетикалық және географиялық шығу тектері әртүрлі тетраплоидты бидайдың 328 үлгісі 2 кездейсоқ қайталанымда Қазақстанның екі түрлі аймақтарында өсірілді – солтүстікте Қостанай облысында және еліміздің оңтүстік-шығысында Алматы облысында. Бидай коллекциясын фенологиялық бақылау және өнімнің құрылымдық талдауы Доспехов және Задокс әдістері бойынша жүргізілді. GraphPad бағдарламасы негізінде талданған белгілер арасында (түптенуге дейін күндер саны, сабақ элонгациясына дейін күндер саны, масақтануға дейін күндер саны, гүлдеуге дейін күндер саны, пісіп жетілуге дейін күндер саны, өсімдік биіктігі, жоғарғы буынаралық ұзындығы, өсімдіктегі өнімді масақтар саны, масақ ұзындығы, масақтағы дән саны, өсімдіктегі дән саны, 1000 дәннің салмағы) корреляциялық байланыстар анықталды. Өнімділіктің жалпы фенотиптік және негізгі ауылшаруашылық бағалы белгілерінің өзгергіштігіне генотиптік және қоршаған орта өзгергіштігінің үлесін анықтау үшін генотип-орта байланыстары бағаланды. Алматы және Қостанай облыстары жағдайына бейімді және өнімділігі жоғары үлгілер бөлініп, алынды. Фенологиялық бақылаулар және құрылымдық талдау нәтижелері, өнімділік және сапасымен байланысты ассоциацияларды толық геномдық айындауда пайдаланылады.

Түйін сөздер: тетраплоидты бидай, сорт, өнімділік, фенология, экологиялық сынақ, генотип-орта байланысы.

Әнуарбек Ш.Н.^{1,2}, Абугалиева С.И.^{1,2}, Чудинов В.А.³,
Тубероза Р.⁴, Пеккиони Н.⁵, Туруспеков Е.К.^{1,2}

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: shinar_anuar92@mail.ru

²Институт биологии и биотехнологии растений КН МОН РК, Казахстан, г. Алматы

³ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция», Казахстан, с. Научное

⁴Болонский университет, Италия, г. Болонья

⁵Институт по научным исследованиям в области сельского хозяйства и аграрного анализа экономики (CREA), Италия, г. Фоджа

Сравнительная оценка компонентов урожайности мировой коллекции тетраплоидной пшеницы

В наше время для селекционного улучшения пшеницы привлекается большое число сортов различного происхождения, в связи с чем требуются экологические испытания для оценки урожайности образцов в новых агроклиматических условиях. Взаимодействия генотип-среда являются главной причиной того, что в разные годы и/или в различных условиях выращивания сорта могут отличаться по рангу по уровню урожайности. Данное исследование направлено на изучение адаптивности мировой коллекции тетраплоидной пшеницы, в том числе сортов и линий твердой пшеницы, к условиям Казахстана. 328 образцов тетраплоидной пшеницы различного генетического и географического происхождения были выращены в 2 рандомизированных повторностях в двух контрастных регионах Казахстана – в Костанайской области на севере и Алматинской обл. на юго-востоке страны. Проведены фенологические наблюдения и анализ структуры урожая коллекции пшеницы в соответствии с методикой Доспехова и шкалой Задокса. Установлены корреляционные связи между анализированными признаками (количество дней до кущения, количество дней до элонгации стебля, количество дней до колошения, количество дней до цветения, количество дней до созревания, высота растения, длина верхнего междоузлия, количество продуктивных колосьев на растении, длина колоса, количество зерен на колос, масса зерен на колос, количество зерен на растении, масса 1000 зерен) с использованием программы GraphPad. Оценены взаимодействия геотип-среда для оценки доли вклада генотипической и средовой изменчивости в общее фенотипическое варьирование урожайности и основных хозяйственно-ценных признаков. Выделены образцы, наиболее продуктивные и адаптированные к условиям Алматинской и Костанайской областей. Данные фенологических наблюдений и структурного анализа будут использованы в полногеномном поиске ассоциаций, связанных с продуктивностью и качеством.

Ключевые слова: тетраплоидная пшеница, сорт, урожайность, фенология, экологические испытания, взаимодействия генотип-среда.

Introduction

Wheat (*Triticum*) is a plant genus within the grass family (Poaceae). Tetraploid wheats ($2n = 4x = 28$ chromosomes) consist of: “naked” cultivated grain species – durum wheat (*T. durum*), English or

pollard wheat (*T. turgidum*), Persian wheat (*T. persicum*, *T. carthlicum*), Khorasan wheat (*T. turanicum*), Ethiopian (*T. aethiopicum*), Polish wheat (*T. polonicum*), wild species – wild emmer (*T. dicoccoides*), Araratian wild emmer or Armenian wild emmer (*T. araraticum*), cultivated hulled wheat spe-

cies – timopheevi or Zanduri (*T. timopheevi*), Colchis emmer (*T. karamyshevii*, *T. palaeo-colchicum*, *T. georgicum*), emmer (*T. dicoccum*), Ispahan emmer wheat (*T. ispahanicum*) [1]. *T. durum* (durum wheat) is the only tetraploid species with significant agricultural importance; it is the second most cultivated species of wheat after common wheat.

Wheat breeding programs aim to improve yield and grain quality, adaptability and resistance to adverse environmental factors. An ideal cultivar with high yield and any other desirable traits should possess high genetic potential and low degree of variability in the various growing conditions [2]. Knowledge of both genetic and environmental factors is essential for understanding yield-limiting factors and developing breeding strategies for significant yield improvement [3]. Crop breeders work to develop cultivars that have high yield in various agro-climatic conditions, and the most adapted cultivars created in the areas of their cultivation. At the same time, landraces, as well as the best representatives of the foreign breeding, wild relatives and cultivated species utilizes in the breeding programs.

Yield is a complex polygenic trait and for cereals consists of three main components: number of productive spikes per plant, number of grains per spike and the weight of 1000 grains [4]. The formation of a quantitative trait is influenced by both multiple loci, and environmental conditions, and the interaction of this genotype with the environment [5]. The limiting factor of the environment usually determines the spectrum of genes determining the average value and genetic dispersion of a quantitative trait.

Leading centers for the study of genetics and breeding of durum wheat are concentrated mainly in the countries of the European Union and North America, as well the international organizations like CIMMYT, ICARDA, IRTA, and others. Scientists are working to investigate the relationship between yield and yield components; to identify genotypes demonstrating high yield in various agro-climatic conditions. Thus, in Russia [6], a comparative estimation of winter wheat cultivars of Australian breeding was made in terms of phenological observations, winter hardiness, and yield in the conditions of the Central zone of the Krasnodar region. Podlesnyh N. et al. [7] studied the peculiarities of the organogenesis stages, yield, and quality of two winter wheat species under the conditions of the Voronezh forest-steppe region. The effectiveness of agro-technical cultivation methods of winter wheat was assessed taking into account the characteristics

of cultivars and types of fertilizers in the Rostov region by Zelensky N. et al. [8]. In Mexico, the effect of the experimental warming effects on phenology and grain yield components of wheat using CIRNO C200 durum wheat cultivar was evaluated [9]. A field study was carried out under rainfed conditions in North Jordan to assess phenological variation using a heat-accumulated system and its relation with yield in sixteen durum wheat genotypes [10]. The effect of day length, temperature and solar radiation on phenology and yield of durum wheat were investigated at two contrasting regions of Mexico and Spain [3]. Nine widely grown wheat cultivars and an advance line of local breeding were evaluated for days to heading, days to maturity and yield components at two regions of Pakistan [5]. Yield and phenology of 40 wheat accessions were investigated in India [11]. Yield and correlation between agrometeorological indices at the maturation stage of 8 durum wheat accessions were estimated in Tunisia [12]. Novaro P. et al. [13] studied the effect of agro-climatic conditions on kernel shape and semolina yield in Italy. The yield of 228 durum wheat cultivars and 96 lines of different geographical origin was estimated in two regions of Africa [14]. The effect of changes in duration of durum wheat developmental phases caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield was studied in Spain and Italy [15]. The correlation between yield and growth stages of bread and Iranian durum wheat was established [16]. Musynov K. et al. [17] presented the results of yield evaluation of spring bread wheat cultivars originated from different countries in the agro-climatic conditions of Northern Kazakhstan. Breeding durum wheat material of Siberian and Kazakhstan research institutes from KASIB nurseries was screened for drought tolerance, yield, yield stability and plasticity in diverse conditions of Kazakhstan and Russia [18].

Durum wheat breeding is more challenging due to its biological characteristics. Weak drought tolerance during grain development reduces grain size formation. Breeding based on environmental testing and correlation analysis can lead to the selection of the best genotypes with the desired productivity. Thus, there is a need to assess the adaptability and productivity of tetraploid wheat accessions, including cultivars and lines of foreign breeding in the conditions of Kazakhstan.

Field experiments were conducted to study the suitability and adaptability of the tetraploid wheat cultivars/lines representing world breeding to the conditions of Kazakhstan.

To achieve this goal, it was necessary to solve the following tasks:

- to conduct a phenological evaluation of the tetraploid wheat collection on the experimental fields of Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant growing (Almaty region) and the Karabalyk breeding station (Kostanay region) under rainfed conditions;

- to study the productivity level of cultivars and lines in two growing conditions;

- to assess the correlations between the phenological phases, yield components and productivity of durum wheat cultivars and lines;

- to select accessions with high yield for the use in breeding programs.

Understanding the effect of agro-climatic conditions on yield and productivity, establishing correlations between yield and its components, as well as development phases, can help breeders to accelerate the improvement of the cultivars' genetic potential.

Material and research methods

Materials

Three hundred twenty-eight (328) accessions of tetraploid wheat of various origins – *T. turgidum* ssp. *durum* (241), *Triticum turgidum* ssp. *carthlicum* (12), *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* (7), *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* (14), *Triticum turgidum* ssp. *polonicum* (18), *Triticum turgidum* ssp. *turanicum* (20), *Triticum turgidum* ssp.

turgidum (9), landraces and others (7) from countries in Europe, Transcaucasian, Asia, the Middle East, North and South America, Africa, Australia as well as international organizations involved in wheat breeding – ICARDA, INRA-Morocco, IRTA-Spain (Fig. 1) were used in this study.

The seeds were provided by the Department of Agricultural and Food Sciences of the University of Bologna (DISTAL), Research Centre for Cereal and Industrial Crops (CREA), Karabalyk breeding station of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan.

Evaluation of field data

Field experiments were established at experimental sites of Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant growing (KRIAPG, Almaty region) and Karabalyk breeding station (KBS, Kostanay region) on April 13, 2018 and May 15, 2018, respectively. Kostanay region is characterized by a sharply continental climate with an average annual temperature of 3.1°C and a precipitation amount of 250-350 mm. The Almaty region has a continental climate with an average yearly temperature of 7.8°C and precipitation of 300-516 mm. The meteorological conditions of 2018 are presented in Table 1. For durum wheat, the biological air minimum temperature required for the of vegetative organs formation is 5°C, and 12°C is necessary for the generative organs forming [19]. The vegetation period of 2018 turned out to be quite beneficial for the growth and development of the grain crop both in terms of temperature and the amount of precipitation.

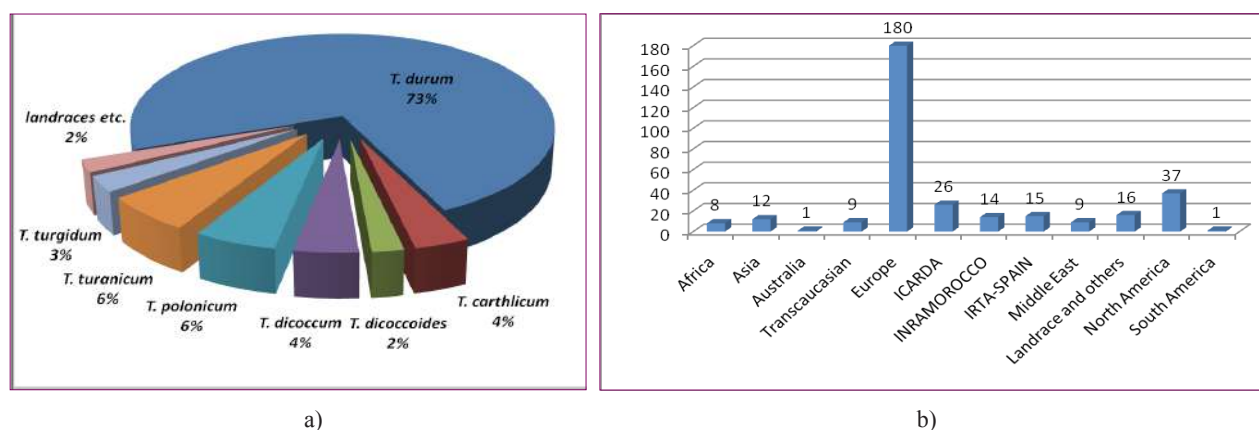


Figure 1 – Distribution of samples of the tetraploid wheat collection by species (a) and geographic origin (b)

Table 1 – Air temperature and precipitation at the experimental sites in 2018 (April-August)

month	Almaty region (KRIAPG)				Kostanay region (KBS)			
	T min, °C	T max, °C	T mean, °C	Amount of precipitation, mm	T min, °C	T max, °C	T mean, °C	Amount of precipitation, mm
April	11.3	14.6	12.5	81.6	-0.5	7.7	4.0	32.4
May	12.6	22.7	16.3	124.9	6.0	16.6	12.1	32.7
June	16.8	28.1	22.3	29.3	11.6	20.7	17.0	46.5
July	19.0	31.5	25.2	32.3	17.5	26.8	22.8	78.7
August	19.0	30.3	24.4	43.5	13.9	21.5	18.3	39.6

T min – mean of minimal temperatures, T max – mean of maximum temperatures, T mean – average monthly temperature

Asangali 20 and Nauryz 2 were used as standard cultivars in Kostanay and Almaty regions, respectively. Phenological observations were carried out in accordance with the Zadoks scale [20], where the plant growth phase is observed when the corresponding traits appear in 50% of the plants – Z10: first leaf through coleoptile; Z14: 4 leaves unfolded; Z21: main shoot and 1 tiller; Z31: 1st node detectable; Z39: flag leaf/collar just visible; Z45: boot swollen; Z59: emergence of head complete; Z65: anthesis 50%. The maturation stage is observed when the spike in half of the plants (50%) completely lost its green color.

Yield analysis of wheat and its components was carried out according to [21]. In the structural analysis, five plants were selected from each of the two randomized replicates. The following traits were recorded: plant height, peduncle length, number of fertile spikes per plant, spike length, number of kernels per spike, weight of kernels per spike, number of kernels per plant, 1000 kernels weight.

Statistical analysis

The correlation analysis was calculated using GraphPad software (<https://www.graphpad.com/>). The genotype-environment interaction (GEE Bi-Plot) analysis was calculated by using GenStat software (VSN International, 2011).

Research results and discussion

Phenological analysis and phenotyping of a durum wheat collection, consisting of 328 tetraploid wheat accessions grown in two regions of Kazakhstan – in the north (KBS, Kostanay region) and southeast (KRIAPG, Almaty region) of the country were carried out. The results of the comparative study are presented in Table 2.

As it is shown in Table 2, maximum and average values of the weight of kernels per plant (WKP) and the 1000 kernels weight (TKW) were higher in the south-east region. The average values of these traits exceeded those for standard cultivars for each region.

The analysis of Pearson correlations showed positive relationships between the weight of kernels per plant (WKP) and the number of fertile spikes ($r = 0.47$, $p < 0.0001$), the number of kernels per spike ($r = 0.54$, $p < 0.0001$), weight of kernels per spike ($r = 0.58$, $p < 0.0001$), and TKW ($r = 0.25$, $p < 0.0001$). Table 3 represents accessions of tetraploid wheat with the highest ranking on of productivity traits – weight of kernels per spike, WKP, and TKW weight in the conditions of Almaty region. Among them several durum wheat *T. turgidum* ssp. *durum* (mainly representatives of breeding programs of Italy, France, and US) cultivars as well as accessions of *turanicum* (4), *carthlicum* (3), *dicoccum* (2), *turgidum* (2), *polonicum* (1) species were occurred. Some genotypes were distinguished by two or more traits; they are highlighted in bold (Table 3).

The highest values of yield components among the cultivars of Kazakhstan breeding in the conditions of Almaty region showed the following accessions: Gordeiforme 254, Kargala 69, Kostanayskaya 52, Kharkovskaya 9, Kargala 9, Kargala 71.

Positive correlations were found between WKP and the number of fertile spikes, NFS ($r = 0.88$, $p < 0.0001$) and TKW ($r = 0.54$, $p < 0.0001$) for the tetraploid wheat collection under the Kostanay region conditions. The most productive genotypes for this region were identified, among which the cultivars Barcarol, Bronte, and Parsifal were in the top twenty ranked for two productivity traits (Table 4).

Table 2 – The results of a comparative analysis of phenological and phenotypic data of the tetraploid wheat collection under the conditions of Kostanay and Almaty regions

Trait	Kostanay region			Almaty region		
	min	max	mean	min	max	mean
TT	12	16	14,5±0,06	14	18	15,1±0,03
BT	32	37	34,5±0,07	40	55	42,1±0,11
HT	49	55	52,2±0,08	48	71	54,6±0,27
AT	51	57	54,3±0,07	51	91	61,1±0,39
MT	85	89	87,0±0,08	85	103	91,8±0,2
PH	48	115	65,3±0,86	49,7	135,5	78,6±1,21
PL	14	58	26,6±0,48	19,4	54	30,9±0,42
NFS	1	2,3	1,4±0,01	1	6,2	2,3±0,04
SL	4	12	6,5±0,08	4,8	17,5	7,7±0,11
WKP	0,9	5,4	2,9±0,04	0,6	8,1	3,7±0,07
TKW	30,5	49,2	39,0±0,29	19,2	65,8	43,3±0,38

TT – Seedling emergence-Tillering, BT – Seedling emergence-Booting, HT – Seedling emergence-Heading, AT – Seedling emergence-Anthesis, MT – Seedling emergence-Maturity; PH – Plant height, cm; PL – Peduncle length, cm; NFS – Number of fertile spikes; SL – Spike length, cm; WKP – Weight of kernels per plant, g; TKW – 1000 kernels weight, g

Table 3 – Accessions of tetraploid wheat with the highest values of yield components in the conditions of the Almaty region

Cultivar/line name	Weight of kernels per spike, g	Cultivar/line name	1000 kernels weight, g	Cultivar/line name	Weight of kernels per plant, g
TAGANROG	3.6	PI362067	65.8	PI191145	8.1
PI157985	3.0	PI191599	64.8	ZENIT	4.8
PRODURA	2.3	KAMUT	63.0	PI341800	3.1
QUADRATO	2.2	208911	58.9	PI157985	3.0
SAN CARLO	2.2	DUETTO	57.7	PI94755	2.7
TIZIANA	2.0	PI192641	57.6	PI343446	2.6
SANSONE	2.0	Adamello	57.6	NARTINO	2.5
CHIARA	2.0	MG4330/66	56.8	ARIOSTO	2.3
OFANTO	2.0	PI352514	56.4	MG5344/1	2.3
AVISPA	2.0	PI223171	56.2	PRODURA	2.3
OROBEL	1.9	SANSONE	55.1	PRIMADUR	2.2
TITO	1.9	CICLOPE	54.0	208911	2.2
PI286547	1.9	PI623656	53.8	MG5416/1	2.2
TRINAKRIA	1.9	PI113393	53.7	QUADRATO	2.2
ARIOSTO	1.8	PI306665	53.7	MG4330/66	2.2
DUETTO	1.8	PI387479	53.5	SAN CARLO	2.2
MG4330/66	1.8	Alemanno	53.4	AVISPA	2.2
ARCOBALENO	1.8	ARCANGELO	53.4	NORMANNO	2.1
208911	1.8	MG5344/1	52.7	PI115816	2.1
GRANIZO	1.8	MG4328/61	52.7	LATINO	2.1

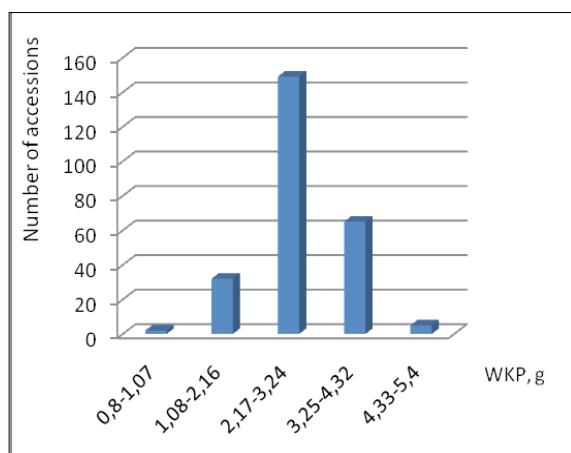
Table 4 – Accessions of tetraploid wheat with the highest values of yield components in the Kostanay region

Cultivar/line name	TKW, g	Cultivar/line name	WKP, g
Colosseo	49.2	Lloyd	5.4
Exeldur	48.0	MG5300/1	4.8
Ariosto, San Carlo, PI191145, PI192641, PR22D89	47.8	MG5416/1	4.6
Imhotep	47.6	Auroch	4.5
Cosmodur, Barcarol	47.3	AC Navigator	4.4
Virgilio, 5-BIL42	47.2	Barcarol , Claudio, Gallareta, Mindum	4.3
Gianni, Tiziana, Granizo	47.1	Ariesol, Durex, Taganrog	4.1
MG5300/1 , Creso, PI94755	47.0	MG4328/61, MG5293/1	
Bronte	46.6	PI573182, Karel	4.0
Parsifal	46.5	Altar 84, Bronte , Parsifal , Vic	3.8

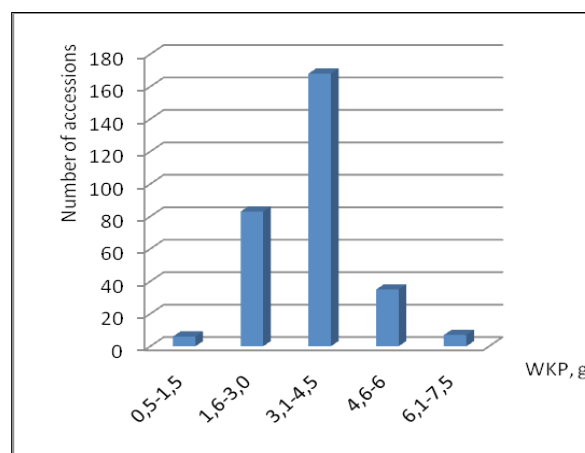
Thus, a positive correlation between WKP and TKW was detected with a high probability

($p < 0.0001$) for both conditions. The distribution of accessions of the collection by WKP is presented in Figure 2. It should be noted that the Italian cultivars Granizo, Taganrog, Tiziana, and lines PI191145 (*turgidum*), MG4328/61 (*dicoccoides*) were distinguished in terms of productivity both in the north and the south-east of the country (Tables 3 and 4). In addition, the positive correlations between the WKP and NFS under both conditions ($r = 0.89$ and $r = 0.47$, $p < 0.0001$) were observed.

The results obtained are coincident with information collected from studying genotype-environment interactions (Fig. 3). GGE BiPlot analysis based on yield characteristics in two growth conditions, divided wheat groups with different origins by region. According to some research works, a biplot analysis provides adequate information about genotype-environment interactions [22]. In case the set of tested genotypes has cultivars that have been well studied for their ecological adaptability, they can be considered as reference cultivars. Getting into one cluster with a reference cultivar is likely to indicate that the genotype belongs to a specific agroecological group [23]. High PC1 values (high average yield) and low PC2 values (high stability) are characteristics of the “ideal” cultivar in these agroecological conditions [24].



a)



b)

Figure 2 – The distribution of accessions of the tetraploid wheat collection by weight of kernels per plant in Kostanay (a) and Almaty (b) regions

The results of the analysis using the GGE Biplot method suggested that PC2 effectively distinguished the northern and south-eastern conditions of Kazakhstan. According to the graph

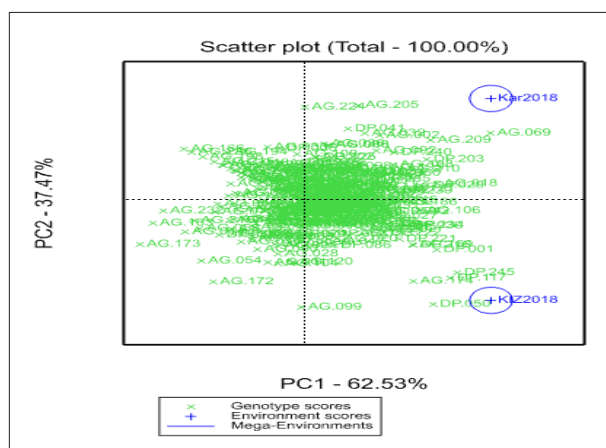
of analysis of the main components the most adapted in the conditions of Kostanay region were the following accessions: Lloyd, Gallareta, MG 4328/61, MG5416/1, MG5300/1, Auroch; in the

conditions of Almaty region: 208911, PI191145, 1809, Bradano (Fig. 3).

In the formation of the spike, the environmental conditions play a decisive role which includes the provision of plants with rich moisture and nutrients, the lighting regime, and the temperature. The weight of kernels per spike in the conditions of the Almaty region ranged between 0.3-6.0 g, with an average value of 1.99 g (1.9 g for the local standard Nauryz-2). The number of kernels per spike ranged between 16.5-65.3, with an average value of 44.2. Negative correlations were found ($p < 0.0001$) between this trait with plant height (PH) and spike length (SL).

Positive correlations ($p < 0.0001$) were also found for the spike length (SL) trait and phenological phases – BT (seedling emergence-booting), HT (seedling emergence-heading), AT (seedling emergence-flowering), MT (seedling emergence-maturity), as well as with morphometric indicators associated with productivity – PH (plant height) and PL (peduncle length). Its values in phenotyped samples of the collection varied in the south-east of the country, on average, from 4.8 to 17.5 cm, with an average value of 7.7 cm (Fig. 4). The majority of the accessions of the studied collection had middle-length spikes (8.0-10.0 cm). The smallest value of the SL was 3.4 cm in the conditions of the Almaty region (Arcangelo, Appulo, 1st replication, Fig. 4a),

the largest one was 11.5 cm (MG5444/235, Fig. 4b) with an average value for the entire collection of 6.1 ± 0.11 . The SL values in the conditions of the Kostanay region ranged from 4.0 to 12.0 cm (average – 6.5 cm).



PC 1 и PC2 – main components, * – genotype indicators, + – environment indicators – mega-environments, Kar – Karabalyk (Kostanay region), KIZ – Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant growing (Almaty region)

Figure 3 – Graph of the GGE method, which shows the environmental effect based on the yield data of accessions of the tetraploid wheat collection



a)



b)

a – Arcangelo; b – MG5444/235

Figure 4 – Durum wheat accessions differing in the spike length

The peduncle length (PL), as well as the stem length, is subject to significant fluctuations depending on the agricultural background of the

crop and the weather conditions of the year. V.A. Savitskaya et al. [25] noted that the proportion of peduncle length in different groups (short stem,

middle stem, and long stem) of the total stem length is almost the same and corresponds to deviations of the stem parameter. A significant positive correlation was found between PL and plant height (PH) in both conditions.

The results obtained will be used in further genome-wide association studies for productivity, adaptability, and grain quality.

Conclusion

This study focuses on the evaluation of the suitability and adaptability of world breeding tetraploid wheat cultivars and lines to the conditions of Kazakhstan. Field experiments were established, phenological observations and structural analysis of the crop were carried out. The most productive in the conditions of the Almaty region were cultivars/lines: PI157985, Produra, Quadrato, San Carlo, Sansone, Avispa, Ariosto, Duetto, MG4330/66, 208911; in the conditions of Kostanay region: MG5300/1, Barcarol, Bronte, Parsifal. Italian varieties Granizo, Taganrog, Tiziana and samples PI191145 (*turgidum*), MG4328/61 (*dicoccoides*) were distinguished in terms of productivity in both conditions. 328 cultivars and lines of tetraploid wheat were analyzed according to the specifics

of the “genotype-environment” response using the method of multidimensional scaling (a biplot analysis). The most adapted in the conditions of Kostanay region were the cultivars/lines: Lloyd, Gallareta, MG5416/1, MG5300/1, Auroch; in the conditions of Almaty region: 208911, PI191145, 1809, Bradano. The results of phenological observations and structural analysis will be used in a genome-wide association study for traits related to productivity and quality.

Thus, as a result of environmental testing of the tetraploid wheat collection of various origins in Kostanay and Almaty regions, a comparative assessment and ranking of the analyzed 328 accessions were carried out for phenological phases and development, morphometric indicators and productivity. The most productive accessions were identified for each region separately, and both conditions. The results of phenological observations and structural analysis will be used in a genome-wide association study for traits related to productivity, adaptability and grain quality of tetraploid wheat.

The work was carried out within the framework of the grant financing of the MES RK under the project AP05131328 “QTL mapping of agronomic traits of durum wheat *Triticum durum* Desf. based on genome-wide association study” for 2018-2020.

References

- 1 Анатов Д. М. Изменчивость морфологических признаков продуктивности зерновых злаков вдоль высотного градиента: дис. канд. биол. наук: 03.02.01, 03.02.08 / Анатов Джалалудин Магомедович. – Астрахань, 2011. – 138 с.
- 2 Amin M., Mohammad T., Khan A.J., Irfaq M., Ali A., Tahir G.R. Yield stability of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the North West Frontier Province, Pakistan // Songklanakarin J. Sci. Technol. – 2005. – Vol. 27, No 6. – P. 1-4.
- 3 Villegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M.M., Crossa J., Garcia del Moral, Royo C. Daylength, Temperature and Solar Radiation Effects on the Phenology and Yield Formation of Spring Durum Wheat // J Agro Crop Sci. – 2016. – Vol. 202. – P. 203-216. doi:10.1111/jac.12146.
- 4 Simmonds J., Scott P., Leverington-Waite M., Turner A.S. Brinton J., Korzun V., Snape J., Uauy C. Identification and independent validation of a stable yield and thousand grain weight QTL on chromosome 6A of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) // BMC Plant Biology. – 2014. – Vol. 14, No 191. – P. 1-13.
- 5 Inamullah, Khan F.U., Khalil I.H. Environmental effect on wheat phenology and yields // Sarhad J. Agric. – 2011. – Vol. 27, No 3. – P. 395-402.
- 6 Репко Н.В., Рудяга Е.С., Сулим А.П., Назаренко Л.В., Подоляк К.В. Сравнительная оценка сортов озимой пшеницы австрийской селекции в условиях центральной зоны Краснодарского края // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 91. – С. 1-10.
- 7 Подлесных Н.В. Особенности прохождения этапов органогенеза, фаз роста и развития, урожайность и качество озимой твердой и мягкой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С. 12-22.
- 8 Зеленский Н.А. Влияние элементов технологии выращивания на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 78. – С. 1-11.
- 9 Garatuza-Payan J., Argente-Martinez L., Yopez E.A., Arredondo T. Initial response of phenology and yield components of wheat (*Triticum durum* L., CIRNO C2008) under experimental warming field conditions in the Yaqui Valley // PeerJ. – 2018. – Vol. 6. – P. 1-18. doi: 10.7717/peerj.5064.
- 10 Al-Karaki G.N. Phenological Development-Yield Relationships in Durum Wheat Cultivars under Late-Swason High-Temperature Stress in a Semiarid Environment // ISRN Agronomy. – 2012. – Vol. 2012. – P. 1-7. doi: 10.5402/2012/456856.

- 11 Rani K., Singh V., Mor V.S., Dalal M.S., Niwas R. Phenological development, grain growth rate, seedling vigour and yield relationships in wheat cultivars under normal sown irrigated conditions // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* – 2018. – Vol. 7, No 6. – P. 3230-3238.
- 12 Sourour A., Afef O., Nadia Ch., Mounir R., Mongi B.Y. Relation between agro-meteorological indices, heading date and biological/grain yield of durum wheat genotypes // *Journal of Research in Agriculture and Animal Science.* – 2016. – Vol. 3, No 10. – P. 1-6.
- 13 Novaro P., Colucci F., D'egidio M.G. Italian durum wheat agroclimatic areas: their influence on kernel shape and semolina yield // *Ital. J. Agron.* – 2003. – Vol. 7, No 1. – P. 57-63.
- 14 Sall A.T., Bassi F.M., Cisse M., Gueye H., Ndoye I., Filati-Maltouf F., Ortiz R. Durum wheat breeding: In the heat of the Senegal River // *Agriculture.* – 2018. – Vol. 8, No 99. – P. 1-12. <https://doi.org/10.3390/agriculture8070099>.
- 15 Isidro J., Alvaro F., Royo C., Villegas D., Miralles D.J., Garcia del Moral L.F. Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield // *Annals of Botany.* – 2011. – Vol. 107. – P. 1355-1366. doi:10.1093/aob/mcr063.
- 16 Joudi M. Environmental conditions affect associations between wheat yield and phenological events // *Jordan Journal of Agricultural Sciences.* – 2016. – Vol. 12, No 1. – P. 169-180. doi: 10.12816/0030360.
- 17 Мусынов К.М., Бабкенов А.А., Кипшикбаева А.А., Базилова Д.С. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана // *Вестник Науки Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина.* – 2016. – № 4(91). – С.13-20.
- 18 Евдокимов М.Г., Юсов В.С., Моргунюв А.И., Зеленский Ю.И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* – 2017. – № 21 (5). – С. 515-522. doi: 10.18699/VJ17.23-0.
- 19 Байшолоанов С.С. Агроклиматические ресурсы Костанайской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшолоанова – Астана, 2017. – 139 с.
- 20 Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals // *Weed Research.* – 1974. – Vol. 14. – P. 415-421.
- 21 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
- 22 Affleck I., Sulivan J., Tarn R., Falk D.E. Genotype by environment interaction of yield and quality of potatoes // *Canad.J.Plant Sci.* – 2008. – Vol.88, No 6. – P.1099-1107.
- 23 Сюков В.В., Шевченко С.Н., Мадякин Е.В., Гулаева Н.В., Булгакова А.А. Создание системы сортов пшеницы в разрезе агроэкологического районирования Самарской области // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – 2015. – №4(3). – С. 467-472.
- 24 Mare M., Manjeru P., Ncube B., Sisito G. GGE biplot analysis of genotypes by environment interaction on *Sorghum bicolor* L. (Moench) in Zimbabwe // *Afr. J. Plant Sci.* – 2017. – Vol. 11, No 7. – P. 308-319.
- 25 Савицкая В.А., Сеницын С.С., Широков А.И. Твердая пшеница в Сибири. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 144 с.

References

- 1 Affleck I., Sulivan J., Tarn R., Falk D.E. (2008) Genotype by environment interaction of yield and quality of potatoes. *Canad.J.Plant Sci.*, vol.88, no 6, pp.1099-1107.
- 2 Al-Karaki G.N. (2012) Phenological Development-Yield Relationships in Durum Wheat Cultivars under Late-Swason High-Temperature Stress in a Semiarid Environment. *ISRN Agronomy*, vol. 2012, pp. 1-7, doi: 10.5402/2012/456856.
- 3 Amin M., Mohammad T., Khan A.J., Irfaq M., Ali A., Tahir G.R. (2005) Yield stability of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the North West Frontier Province, Pakistan. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 27, no 6, pp. 1-4.
- 4 Anatov D.M. (2002) *Izmenchivost morfologicheskikh priznakov produktivnosti zernovykh zlakov vdol vysotnogo gradienta* [Variability of morphological characteristics of cereal grain productivity along the altitude gradient]. Astrakhan, pp. 139.
- 5 Baisholonov S.S. (2017) *Agroclimaticheskiye resursy Kostanayskoy oblasti: nauchno-prikladnoi spravochnik* [Agroclimatic resources of Kostanay region: scientific and applied reference book]. Astana, pp. 139.
- 6 Dospikhov B.A. (1985) *Metodika polevogo opyta* [Agroclimatic resources of Kostanay region: scientific and applied reference book]. Kolos, pp. 351.
- 7 Garatuza-Payan J., Argente-Martinez L., Yopez E.A., Arredondo T. (2018) Initial response of phenology and yield components of wheat (*Triticum durum* L., CIRNO C2008) under experimental warming field conditions in the Yaqui Valley. *PeerJ*, vol. 6, pp. 1-18, doi: 10.7717/peerj.5064.
- 8 Inamullah, Khan F.U., Khalil I.H. (2011) Environmental effect on wheat phenology and yields. *Sarhad J. Agric.*, vol. 27, no 3, pp. 395-402.
- 9 Isidro J., Alvaro F., Royo C., Villegas D., Miralles D.J., Garcia del Moral L.F. (2011) Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield. *Annals of Botany*, vol. 107, pp. 1355-1366, doi:10.1093/aob/mcr063.
- 10 Joudi M. (2016) Environmental conditions affect associations between wheat yield and phenological events. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 12, no 1, pp. 169-180, doi: 10.12816/0030360.
- 11 Mare M., Manjeru P., Ncube B., Sisito G. (2017) GGE biplot analysis of genotypes by environment interaction on *Sorghum bicolor* L. (Moench) in Zimbabwe, vol. 11, no 7, pp. 308-319.

- 12 Musynov K.M., Babkenov A.A., Kipshikbayeva A.A., Bazilova D.S. (2016) Urozhainost sortov yarovoi myagkoi pshenici v usloviyakh Severnogo Kazakhstana [Yield of spring soft wheat cultivars in the conditions of Northern Kazakhstan]. Herald of Science of S.Seifullin kazakh agro technical university, vol. 4, no 91, pp. 13-20.
- 13 Novaro P., Colucci F., D'egidio M.G. (2003) Italian durum wheat agroclimatic areas: their influence on kernel shape and semolina yield. Ital. J. Agron., vol. 7, no 1, pp. 57-63.
- 14 Podlesnykh N.V. (2015) Osobennosti prokhozheniya etapov organogeneza, faz rosta i razvitiya, urozhainost i kachestvo ozimoi tvrdoj i miyagkoi pshenici v usloviyakh lesostepi Voronezhskoi oblast [Features of the stages of organogenesis, phases of growth and development, yield and quality of winter durum and bread wheat in the conditions of the forest-steppe of the Voronezh region]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, vol. 3, pp. 12-22.
- 15 Rani K., Singh V., Mor V.S., Dalal M.S., Niwas R. (2018) Phenological development, grain growth rate, seedling vigour and yield relationships in wheat cultivars under normal sown irrigated conditions. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., vol. 7, no 6, pp. 3230-3238.
- 16 Repko N.V., Rudyaga Ye.S., Sulim A.P., Nazarenko L.V., Podolyak K.V. (2013) Sravnitel'naya ocenka sortov ozimoi pshenici avstrijskoi selekcii v usloviyakh centralnoi zony Krasnodarskogo kraja [Comparative assessment of winter wheat cultivars of Austrian breeding in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory]. Nauchnyi zhurnal KubGAU, vol. 91, pp. 1-10.
- 17 Sall A.T., Bassi F.M., Cisse M., Gueye H., Ndoye I., Filati-Maltouf F., Ortiz R. (2018). Durum wheat breeding: In the heat of the Senegal River. Agriculture, vol. 8, no 99, pp. 1-12, <https://doi.org/10.3390/agriculture8070099>.
- 18 Savitskaya V.A., Sinicin S.S., Shirokov A.I. (1987) Tverdaya pshenica Sibiri [Durum wheat in Siberia]. Agropromizdat, pp.141.
- 19 Simmonds J., Scott P., Leverington-Waite M., Turner A.S. Brinton J., Korzun V., Snape J., Uauy C. (2014) Identification and independent validation of a stable yield and thousand grain weight QTL on chromosome 6A of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). BMC Plant Biology, vol. 14, no 191, pp. 1-13.
- 20 Sourour A., Afef O., Nadia Ch., Mounir R., Mongi B.Y. (2016) Relation between agro-meteorological indices, heading date and biological/grain yield of durum wheat genotypes. Journal of Research in Agriculture and Animal Science, vol. 3, no 10, pp. 1-6.
- 21 Syukov V.V., Shevchenko S.N., Madyakin Ye.V., Gulayeva N.V., Bulgakova A.A. (2015) Sozdaniye sistemy sortov pshenicy v razreze agroecologicheskogo rayonirovaniya Samarskoi oblasti [Creating a system of wheat cultivars in the context of agroecological zoning of the Samara Region]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi akademii nauk, vol. 4, no 3, pp. 467-472.
- 22 Villegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M.M., Crossa J., Garcia del Moral, Royo C. (2016) Daylength, Temperature and Solar Radiation Effects on the Phenology and Yield Formation of Spring Durum Wheat. J Agro Crop Sci, vol. 202, p. 203-216, doi:10.1111/jac.12146.
- 23 Yevdokimov M.G., Yusov V.S., Morgunov A.I., Zelenskii Yu. I. (2017) Zasuhostoychivii genofond tvrdoj yarovoi pshenici, identifirovannyi v mnogoletnih ispytaniyah pitomnikov kazhstansko-sibirskoi selekcii pshenici [Drought-resistant gene pool of durum spring wheat, identified in the perennial trials of the nurseries of the Kazakhstan-Siberian wheat breeding]. Vavilov Journal of Genetics and Breeding, vol. 21, pp. 515-522, doi: 10.18699/VJ17.23-o.
- 24 Zadoks J.C., Chang, T.T., Konzak C.F. (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, vol. 14, pp. 415-421.
- 25 Zelenskii N.A. (2012) Vliyanie elementov tehnologii vyrashivaniya na urozhainost i kachestvo zerna sortov ozimoi pshenici [Influence of growing technology elements on yield and grain quality of winter wheat varieties]. Nauchnyi zhurnal KubGAU, vol. 78, pp. 1-11.

Can Y.¹, Qiao X.², Akimbekov N.Sh.³, Zhubanova A.A.⁴, Malik A.M.^{5*}

¹Master student, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³Postdoctoral researcher, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

⁴Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

*e-mail: azhar.malikkyzy@gmail.com

THE SOLUBILIZATION OF LIGNITE BY SELECTIVE STRAINS OF BACTERIA

The world demand for restoring technologies of anthropogenically disturbed soil fertility and increasing crop yields emerges primarily from the active transition to a new paradigm in the field of agro-technologies. In this regard, many countries of the world are potential markets for new technologies of humus production and creation of eco-black-earths (chernozems). For the production of humus, it is intended to use lignite (brown coal) as the raw material, which is rich in humic acids. By familiarizing ourselves with the coal nature, we selected lignite (oxidized) samples for further experiments. Based on the understanding of coal and microorganisms, we selected lignite which are from different areas of Kazakhstan coal-mines, and different types of bacteria. FTIR was used to analyze the content of humic substances treated by different bacteria. A bacterial strain RBK 7 was used to decompose a coal sample, as a result, the humic acid was extracted and applied to the planting process of coriander, and it was found that a certain concentration of humic acid could improve soil fertility and the germination rate of this plant.

Key words: lignite, bacteria, humic acid, FTIR.

Цянь Я.¹, Сяхуей К.², Акимбеков Н.Ш.³, Жубанова А.А.⁴, Мәлік А.М.^{5*}

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

²PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

³постдокторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

⁴профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,

*e-mail: azhar.malikkyzy@gmail.com

Селективті бактерия штамдары негізінде қоңыр көмірдің солюбилизациясы

Қазіргі таңда агротехнологияның өзекті мәселелерінің жаңа парадигмаға белсенді өту кезеңімен, яғни антропогенді әрекеттердің әсерінен өзгеріске ұшыраған топырақ құнарлылығын арттыру және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін жоғарылату технологиясы әлемдік сұранысқа ие. Осы мәселеге байланысты гуминді қосылыстар өндірісінің жаңа технологиясы мен эко – қарашірікті құрастыру алдында көптеген әлем мемлекеттері белсенді және бәсекеге қабілетті. Гуминді қосылыстарды өндіру мақсатында, шикізат көзі ретінде гумин қышқылдарына бай қоңыр көмір ұсынылып отыр. Зерттеу жұмысы барысында Қазақстанның әртүрлі өңірлерінен (тотыққан) қоңыр көмір және бактерия штамдары іріктелініп алынды. Гуминді қосылыстардың функциональды топтарының құрамын талдауда FTIR әдісі пайдаланылды. Перспективті RBK 7 бактерия штамы көмір үлгісінің солюбилизациясына қолданылып, нәтижесінде гумин қышқылы бөлініп алынды және кориандра өсімділігінің процесіне пайдаланылды. Нәтижесінде гумин қышқылдарының белгілі концентрациясы топырақ құнарлылығын арттырып және кориандра өсімділігінің өсу жылдамдығын жоғарылатқаны анықталды.

Түйін сөздер: лигнит, бактерия, гумин қышқылы, FTIR.

Цянь Я.¹, Сяхуей К.², Акимбеков Н.Ш.³, Жубанова А.А.⁴, Мәлік А.М.^{5*}

¹магистрант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
²PhD студент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
³постдокторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
⁴профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,
^{*}e-mail: azhar.malikzy@gmail.com

Солюбилизация бурого угля селективными штаммами бактерий

Глобальный спрос на технологии восстановления плодородия антропогенно-измененных почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур возникает прежде всего в результате активного перехода к новой парадигме в области агротехнологий. В связи с этим многие страны мира являются потенциальными и конкурентоспособными производителями гуминовых веществ и эко-черноземов. Бурый уголь используется в качестве сырья для производства гуминовых веществ. Нами были отобраны штаммы бактерий и образцы (окисленного) бурого угля из разных Казахстанских месторождений. Для анализа состава функциональных групп гуминовых веществ был использован метод FTIR. Перспективный штамм бактерии RBK 7 использовался для солюбилизации пробы угля, в результате была выделена гуминовая кислота и применена к процессу посадки кориандра. Было установлено, что определенная концентрация гуминовой кислоты способна улучшить плодородие почвы и скорость прорастания растения.

Ключевые слова: лигнит, бактерия, гуминовая кислота, FTIR.

Abbreviations

FTIR – Fourier-transform infrared spectroscopy;
 HAs – Humic acids; HSs – Humic substances.

1. Introduction

Soil provides human beings with food, vegetables, and fruits and is necessary for the development of agriculture. Under proper management, soil can be used as a renewable resource, while under improper management, soil fertility will gradually weaken or even degenerate into deserts. The world demand for restoring technologies of soil fertility and increasing crop yields emerges primarily from the active transition to a new paradigm in the field of agro-technologies, which is unfolding before us. Land degradation is a process in which the value of the biophysical environment is affected by a combination of human-induced processes acting upon the land [1]. It is viewed as any change or disturbance to the land perceived to be deleterious or undesirable [2]. In addition to the usual types of land degradation that have been known for centuries (water, wind and mechanical erosion, physical, chemical and biological degradation), four other types have emerged in the last 50 years [3]. 1. Chemical pollution, often, due to agricultural, industrial, mining or commercial activities; 2. Loss of arable land due to urban construction, road building, land conversion, agricultural expansion, etc.; 3. Artificial radioactivity, sometimes accidental; 4. Land-use constraints associated with armed conflicts. The

main factor in demand for soil fertility restoration technologies is the catastrophic loss of quality and volume of soil as a result of its barbaric exploitation over the past 50 years.

A third of the planet's land is severely degraded and fertile soil is being lost at the rate of 24 billion tonnes a year, according to a new United Nations-backed study that calls for a shift away from destructively intensive agriculture. The alarming decline, which is forecast to continue as demand for food and productive land increases, will add to the risks of conflicts such as those seen in Sudan and Chad unless remedial actions are implemented. As the ready supply of healthy and productive land dries up and the population grows, competition is intensifying for land within countries and globally. There are 197 Parties in the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), and 169 countries have declared that they are affected by desertification. More than 1.5 billion people directly depend on land that is slowly being degraded. By April 2013, every year 75 billion tons of fertile soil is lost to land degradation. Similarly 12 million hectares of land are lost every year to desertification and drought alone [4]. This is an area that could produce 20 million tons of grain. Desertification and land degradation cause USD 42 billion in lost earnings each year. In this regard, many countries of the world are potential markets for new technologies of humus production and creation of chernozems.

In order to solve these problems, it is necessary to determine the initial physicochemical parameters of experimental soils for understanding their condition; to study the microbial landscape of soils; to

isolate cultures of microorganisms – candidates for inclusion in the mix-consortium; to screen commercial microbial bioproducts. For the production of humus, it is intended to use lignite as the raw material, which is rich in humic acids.

Lignite, often referred to as brown coal [5] is a soft, brown, combustible, sedimentary rock formed from naturally compressed peat. It is a low-rank coal with a lignin-like structure. It is considered the lowest rank of coal due to its relatively low heat content. It has a high inherent moisture content, sometimes as high as 45 percent. It has a carbon content around 60–70 percent [5]. It is mined all around the world, is used almost exclusively as a fuel for steam-electric power generation, and is the coal which is most harmful to health [6]. Lignite serves as a poor fuel source but as a rich source of humic acid [7].

The Kazakhstan WEC Member Committee reports that at end-2011 the remaining discovered amounts of lignite in place were 37.5 billion tons. Though Kazakhstan production of lignite coal fluctuated substantially in recent years, it tended to increase through 1997 – 2016 period ending at 6.338 thousand short tons in 2016. The consists of lignite, mainly from the Turgay, Nizhne-Iliyskiy and Maikuben basins.

China is the largest producer and consumer of coal in the world. As of the end of 2014, China had 52 billion tons of lignite quality coal. China's proven lignite reserves are 130 billion tons, accounting for 13 percent of the country's coal reserves. Another 190 billion tons of lignite resources are predicted. The coal-forming period was dominated by the late Jurassic, mainly distributed in the lignite belt in eastern Inner Mongolia, accounting for 3/4 of the country's lignite reserves. Southwest China is the second largest lignite coal base in China, next only to north China, and its reserves account for about 1/8 of the country's lignite, most of which are distributed in yunnan province. However, the lignite in southwest China is almost all younger lignite in tertiary period, while the lignite in north China is mostly old lignite in Jurassic period. Lignite has the advantages of clean, low volatility and low sulfur, but at the same time, it has the disadvantages of high humidity, low ignition point and large carbon dioxide emissions, which is one of the important factors leading to global greenhouse effect. However, in the current situation of increasing global energy tension, the economic value of lignite and its related processing and production technology have been re-emphasized by the world energy community. The quantity of lignite resources in northeast China, south central China, northwest China and east China is

small. China ranks third in the world in terms of total coal reserves behind the United States and Russia [8]. Production of lignite coal of China increased from 80.514 thousand short tons in 1997 to 207.206 thousand short tons in 2016 growing at an average annual rate of 5.31 %.

Lignite is an energy source as well as a humic acid resource. HAs are the most important organic components found in soil, where they contribute substantially to global soil fertility and agricultural production, as well as playing a key role in protecting soil from degradation and contamination [9]. There are two methods commonly used to extract humic acid from lignite, one is to treat lignite with strong alkali, and the other is to treat lignite with microorganisms. Microorganisms can be used to biosolubilize lignite by cleaving the chemical linkages within the lignite molecules, thereby promoting the extraction of lignite products, such as humic acid, and ultimately increasing the value of the coal [10], [11], [12].

Humic acids (HAs) are macromolecules that comprise humic substances (HSs), which are organic matter distributed in terrestrial soil, natural water, and sediments resulting from the decay of vegetable and natural residues [13]. Due to the widespread presence of humic acid, it has a great impact on the earth, involving carbon cycle, mineral migration and accumulation, soil fertility, ecological balance and other aspects. So the people who first noticed and studied it were soil scientists, who started doing it about two hundred years ago. Until now, environmental scientists pay more and more attention to it. Humic acid has been widely used in industry, agriculture, medicine, environmental protection and other fields. Humic acid, as a potential organic resource, has attracted more and more attention in the world. With the rapid development of human civilization, the shortage of resources becomes more and more serious. Such trillions of tons of potential organic resources deserve attention. Of course, as a resource utilization perspective, not just any place of humic acid, have the use of value. Soil contains the largest amount of humic acid, but its content is less than 1% on average. Brackish water also contains a large amount of humic acid, but at a lower concentration, it is impossible to develop as a resource. The most promising sources of humic acid for exploitation are low-calorific value coal such as peat, lignite and weathered coal. Among them, humic acid content of 10-80%. In this sense, the production and application of humic acid can also be said to be a coal chemical industry [14]. Global lignite deposits account for 40% of total coal resources; Lignite

contains a large amount of humic acid. Therefore, the extraction of humic acid from lignite has created favorable conditions for the development of coal industry and agricultural industry and has broad application prospects.

The goal of the research project is to receive biologically active humic products based on brown coals and microbial cells with high target metabolic activity for enrichment of soil. By familiarizing ourselves with the coal basins in Kazakhstan and China, we selected lignite samples for further experiments, including the study of the samples' physical and chemical parameters, microbial landscape and its classification/genetic characteristics.

On the basis of humus, the special microorganism flora was established, and the bacterial strain had the target metabolic activity. Based on active strains and coal samples, humic acid and/or humic acid components were produced and their biological parameters were studied by means of Fourier Transform infrared spectroscopy (FTIR spectroscopy).

Through a series of experiments, we applied the obtained humic acid in the planting process of coriander, and found that a certain concentration of humic acid can significantly improve the germination rate of seeds. Humic acid can improve soil fertility and germination rate of seeds, which is of great significance to agricultural production.

2. Materials and methods

2.1 The preparation of coal

We ground lignite collected from Oikaragai (OLI) region of Kazakhstan into coal powder with a diameter of less than 2 microns.

2.2 Bacterial preparation

The collective bacteria strains RKB1, RKB7 were used, maintained at 30° in LB medium.

2.3 Humic acid extraction

1. 1 milliliter of bacteria solution was inoculated into 200 ml of LB culture medium; 2. Shaken at 150 rpm for 24 hrs. at 30°; 3. 5 g. of pulverized coal added, shaken at 150 rpm, under 30° for 10 days; 4. Centrifuged at 3500 rpm for 5 min., the sediment removed; 5. 11.6 M of HCL added to the supernatant to adjust the pH to 2.00; 6. Left for 12 hrs. at room temperature; 7. Centrifuged at 3500 rpm for 15 min, the supernatant removed; 8. The distilled water is used to clean the sediment; 9. Dried at 80 ° in a drying box.

2.4 The obtained humic acid was analyzed by FTIR

We treated OLI with five kinds of bacteria, and obtained 5 samples. The coal, which was not treated

with bacteria referred as blank control. FTIR analyze used to characterize chemical nature of the samples.

2.5 Application of humic acid in the cultivation of coriander

1. The seeds were soaked with humic acid with concentrations of 0.005%, 0.01% and 0.05%, respectively for 5 hours. 2. Prepare five half-filled baskets, and mark the five baskets with 1-5. The soil in basket 1th was untreated. 3. The soil in basket 2 and 3 was mixed with 50 ml of a 0.05% humic acid solution. 4. And the soil in basket 4 and 5 was mixed with 50 ml of 0.1% humic acid solution. 5. Divide the first basket in half, with unsoaked seeds on the left and soaked seeds in clear water on the right. The other four baskets were divided into three. The first part was the seeds soaked with humic acid, and the humic acid concentration was 0.005%; in the second part, the seeds were soaked with humic acid, and the humic acid concentration was 0.01%; in the third part, the seed soaked with humic acid has a concentration of 0.05%.

On the forty-seventh day, the height of plant has grown to about 5cm. The humic acid solutions with concentrations of 0.01% and 0.05% were prepared in 100ml each. The humic acid solution with the concentration of 0.01% was sprayed on the plants in basket marked 2th and 4th with a spray pot. The humic acid solution with the concentration of 0.05% was sprayed on the plants marked 3th and 5th with the spray pot.

3. Results and Discussion

Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) is a very effective method to study the surface structure of materials. FTIR analysis can directly understand the chemical structure of functional groups on the surface of coal. FTIR analysis of raw materials and products can obtain the change information of functional groups, especially for HAs containing carboxyl and phenolic hydroxy, FTIR analysis is particularly important. In this experiment, infrared spectrum analysis was carried out on a kind of coal sample and different humic acid products obtained by treating lignite with different microorganisms, focusing on the presence of carboxyl group and phenolic hydroxyl group. The FTIR spectrum of coal and its derivatives can be divided into four regions: 900–700 cm^{-1} (aromatic substitution), 1800–1000 cm^{-1} (O-containing groups), 3000–2800 cm^{-1} (aliphatic structure), and 3700–3000 cm^{-1} (hydrogen bond regions) [15], [16]. In order to further study the distribution of various oxygen-containing functional groups in original

lignite and humic acid, Fourier-transform infrared spectrometer was used to detect and analyze them.

FTIR spectrum of HAs extracted from OLI lignite for control was as following (Figure 1): The absorbance peak at 3444 cm^{-1} , belonging to the absorption of hydrogen bond associated fats and aromatic -OH stretching vibration or -NH stretching

vibration. The absorbance peak at 3192 cm^{-1} is attributed to the stretch of hydroxyl groups. The absorbance peak at 1554 cm^{-1} is attributed to C=O stretching of the ketone and carbonyl groups. The absorbance peak at 1399 cm^{-1} is attributed to O-H bending vibration of alcohols or carboxylic acids and C-O stretching vibration of phenols.

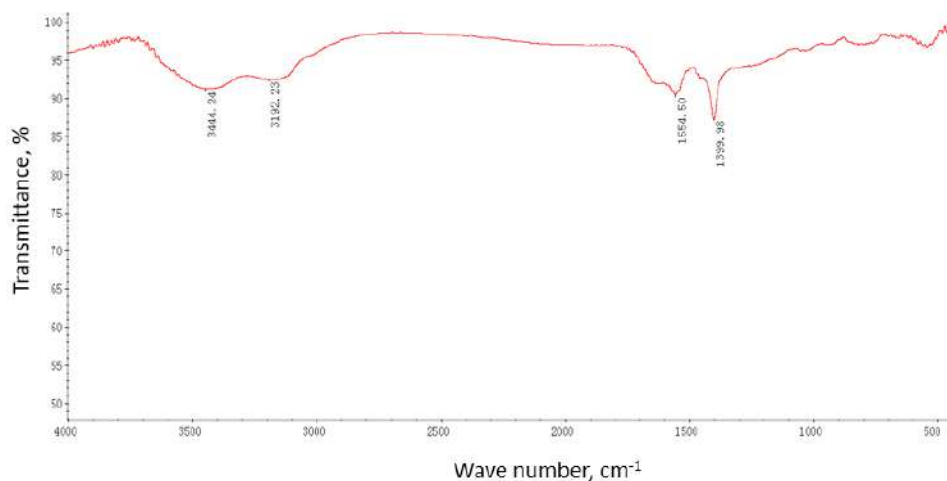


Figure 1 – FTIR spectrum of HAs extracted from OLI lignite (Control)

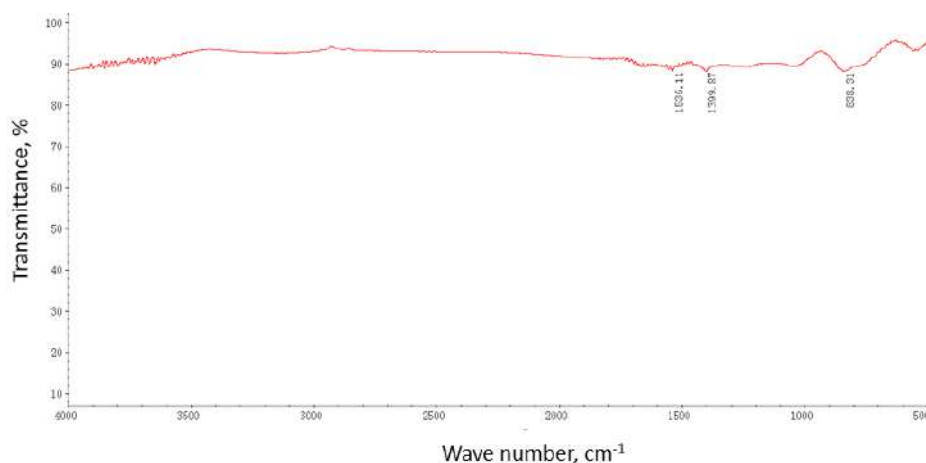


Figure 2 – FTIR spectrum of HAs extracted from OLI lignite treated with bacteria RKB1

FTIR spectrum of HAs extracted from OLI lignite treated with RKB1 showed (Figure 2): The absorbance peak at 1536 cm^{-1} is attributed to the absorption of hydrogen bond associated fats and aromatic -OH stretching vibration or -NH stretching vibration. The absorbance peak at 1399 cm^{-1} is attributed to O-H bending vibration of alcohols or carboxylic acids and

C-O stretching vibration of phenols. The absorbance peak at 838 cm^{-1} is attributed to C-C stretch vibration of aromatic hydrogen. Compared with raw coal, there was no hydrogen bond associated fats and aromatic -OH stretching vibration or -NH stretching vibration and the stretch of hydroxyl groups in lignite products treated by RKB1.

FTIR spectrum of HAs extracted from OLI lignite treated with bacteria RKB7 revealed (Figure 3): The absorbance peak at 3168 cm^{-1} is attributed to the stretch of hydroxyl groups. The absorbance peak at 1650 cm^{-1} is attributed to the skeletal vibration of the aromatic rings. The results indicate that HAs have an aromatic structure and contain aliphatic side chains,

like $\text{C}=\text{C}$ absorption and $\text{C}=\text{O}\dots\text{HO}$ associated vibration absorption. The absorbance peak at 1543 cm^{-1} is attributed to $\text{C}=\text{O}$ stretching of the ketone and carbonyl groups.

The absorbance peak at 1402 cm^{-1} is attributed to O-H bending vibration of alcohols or carboxylic acids and C-O stretching vibration of phenols.

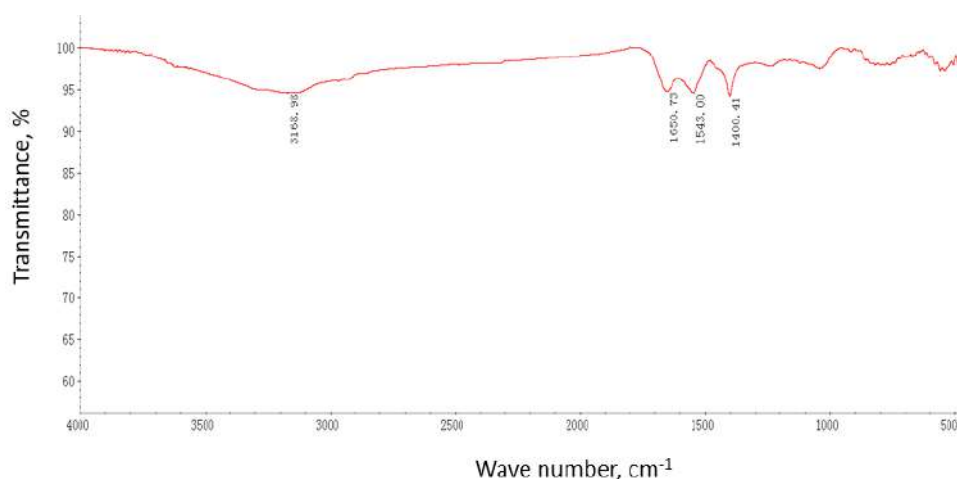


Figure 3 – FTIR spectrum of HAs extracted from OLI lignite treated with bacteria RKB7

Compared with raw coal, there was no hydrogen bond associated fats and aromatic -OH stretching vibration or -NH stretching vibration in lignite products treated by RBK7.

According to the FTIR analysis, the mainly compounds are hydroxyl groups, ketone and carbonyl groups, alcohols or carboxylic acids and phenols. FTIR analysis showed that the skeleton structure of humic acid treated with RKB1 was simpler than that of raw coal.

Because of the skeleton structure of humic acid treated with RKB7 is similar to that of raw coal, we used humic acid extracted by RKB7 for the cultivation of coriander: seeds were soaked with different concentrations of humic acid, soil was treated with different concentrations of humic acid, and plants were sprayed with different concentrations of humic acid. The results were as follows.

2. The germination rate of coriander, %

According to the germination rate of seeds, we can see that a certain concentration of humic acid can improve soil fertility. Observed by trisection basket 2, 3, 4, 5, by comparing the germination rates of the seeds soaked in different concentration of humic acid solution, we can see that under the

same condition of the soil, the seeds soaked in different concentration of humic acid solution, the germination rate was not significantly, therefore, seeds soaked 5 hours in different concentration of humic acid solution will not affect its germination rate (Table 1);

Comparing basket 1th, the germination rate of the seeds soaked in water for 5 hours was 7% higher than that of the seeds not soaked in water.

Observed by the baskets 2th and 3th, the soil treated with a concentration of 0.05% humic acid solution, its seed germination rate appeared a strange phenomenon. Both showed high germination rate in the early stage, and the plants gradually died after a few days, indicating that soil treated with a concentration of 0.05% humic acid solution could improve the germination rate of seeds, but can't keep coriander alive;

However, the seed germination rates in baskets 4th and 5th were compared with those in basket 1th, we can see that, the seeds were planted in soil treated with 0.1% humic acid solution, on the 32nd day, the seeds have all sprouted and are thriving, namely seed germination rate is 100%. In the untreated soil, the germination rate of the seeds in

basket 1th was only 50%. Thus, the soil fertility was doubled by treatment with a 0.1% humic acid solution. On the 43nd day, soil fertility was about 30% higher in soils treated with a 0.1% humic acid solution than in untreated soils. In a word, seeds ger-

minate quickly and well in soil treated with 0.1% humic acid solution. Soil fertility did improve when treated with 0.1% humic acid solution.

Humic acid spraying on day 47 did not affect seed germination (Table 1).

Table 1 – The germination rate of coriander

DAYS	CON-TROL	WA-TER	0.05%			0.05%			0.10%			0.10%		
			0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%
10	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	20	10
14	8	5	20	0	10	25	20	25	20	20	25	45	35	30
17	10	5	35	0	15	100	50	65	35	40	60	70	85	70
21	13	10	30	25	25	100	75	100	45	50	75	80	75	70
24	33	18	25	40	50	25	75	100	75	75	90	100	65	90
29	45	45	40	30	50	35	75	100	100	85	100	100	90	100
32	50	50	35	40	60	10	60	75	100	100	100	100	100	100
36	63	65	40	35	50	0	40	40	100	100	100	100	100	100
39	63	68	35	25	50	0	5	5	100	100	100	100	100	100
43	63	70	35	25	45	5	5	0	100	100	100	100	100	100
47	63	70	30	25	45	5	5	0	100	100	100	100	100	100
56	63	70	35	15	40	5	5	0	100	100	100	100	100	100
61	63	70	20	15	25	5	5	5	100	100	100	100	100	100
65	63	70	25	15	25	5	5	5	100	100	100	100	100	100
69	63	70	20	20	25	5	5	10	100	100	100	100	100	100
76	63	70	20	20	25	5	5	10	100	100	100	100	100	100
83	63	70	20	20	25	5	5	10	100	100	100	100	100	100
92	63	70	25	25	25	10	5	10	100	100	100	100	100	100
97	63	70	25	25	25	10	5	10	100	100	100	100	100	100
104	63	70	25	25	25	10	5	10	100	100	100	100	100	100
112	63	70	25	25	25	10	5	10	100	100	100	100	100	100

Table 2 – The average ground height of each plant, cm

DAYS	CON-TROL	WATER	0.05%			0.05%			0.10%			0.10%		
			0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%
47	4.70	4.65	3.43	5.67	4.75	2.00	4.00	0.00	4.00	3.86	5.11	5.10	4.30	5.30
61	5.88	5.63	3.67	6.17	5.25	3.00	5.00	4.00	6.00	6.00	6.75	7.00	6.50	8.00
69	6.85	6.70	4.15	6.88	6.00	3.00	6.00	5.00	6.00	6.07	7.02	6.15	6.25	7.25
83	8.45	8.30	4.00	7.63	5.20	4.00	6.00	5.00	7.50	8.00	8.20	8.80	9.55	8.83
92	9.40	9.40	3.80	7.60	5.60	3.50	9.00	4.33	8.20	9.90	8.80	9.40	10.50	9.90
97	10.10	10.90	4.60	9.50	5.67	2.67	5.00	4.00	10.20	15.00	13.70	11.60	13.67	12.57

DAYS	CON-TROL	WATER	0.05%			0.05%			0.10%			0.10%		
			0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%
104	11.20	11.25	5.70	10.23	6.15	4.12	8.00	6.20	12.13	17.45	14.28	14.75	16.28	15.12
112	12.35	12.45	7.00	11.33	7.63	5.75	12.00	7.50	16.18	20.60	16.58	16.27	19.00	17.59

By observing the average height of coriander, we can find that the optimum concentration of seeds soaked was 0.01%, the soil fertility was significantly improved when treated with 0.1% of humic acid solution.

According to the average ground height of each plant, we can see, in the untreated soil, seeds soaked in water 5h are slightly higher than those not soaked.

Observation every one of the rest of the four baskets, we can find that the concentration of seed soaked in 0.01% of humic acid solution, the height is highest, the second is the concentration of seed soaked in 0.05% of humic acid solution, the shortest is in the concentration of 0.005% humic acid solution soaked seeds. As a result, the optimum of seed soaking concentration was 0.01%.

By comparing basket 2th and 3th, and 4th and 5th, we can find that the spraying of humic acid at

different concentrations had no significant effect on the growth of coriander.

Contrast basket 2th and 4th, and contrast basket 3th and 5th, we can find that in the other same conditions, the coriander in the baskets 4th and 5th significantly about 1 time higher than those in basket 3th and 4th. Thus the soil treated by the concentration of 0.1% humic acid solution fertility than treated by the concentration of 0.05% humic acid solution about 1 time higher.

By comparing basket 1th with basket 2th and 3th, we can find that the coriander in basket 2th and 3th are shorter than the soil that untreated, so the soil treated with a concentration of 0.05% humic acid solution will inhibit the growth of coriander.

By comparing basket 1th with basket 4th and 5th, we can find that the coriander in basket 4th and 5th is higher than that in the untreated soil, so the soil treated with 0.1% humic acid solution has a significantly improved fertility.

Table 3 – Final measurements of each plant, cm

	CONTROL	WATER	0.05%			0.05%			0.10%			0.10%		
			0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%	0.005%	0.010%	0.050%
R	5.75	7.80	7.67	8.00	4.50	4.50	9.00	5.00	6.28	5.77	5.09	5.83	4.84	5.88
H	12.35	12.45	7.00	11.33	7.63	5.75	12.00	7.50	16.18	20.60	16.58	16.27	19.00	17.59
W	18.10	20.25	14.67	19.33	12.13	10.25	21.00	12.50	22.46	26.37	21.67	22.10	23.84	23.47
N	8.00	7.00	5.00	7.00	5.00	5.00	7.00	5.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00	8.00

R: The average length of the root of each plant, H: The average ground height of each plant, W: The average total length of each plant, N: The average number of side branches per plant (Table 1).

According to the average length of the root of each plant and the average number of side branches per plant, we can see the length of the root and the

number of side branches per plant are not depend on the concentration of humic acid solution.

Conclusion

According to FTIR analysis, the humic acid produced from lignite OLI treated by different kinds of

bacteria mainly contains hydroxyl groups, ketone and carbonyl groups, alcohols or carboxylic acids and phenols. The skeleton structure of humic acid treated with RKB1 was simpler than that of raw coal. The skeleton structure of humic acid treated with RKB7 is similar to that of raw coal. Because of the skeleton structure of humic acid treated with RKB7 is similar to that of raw coal, we used humic acid extracted by RKB7 for the cultivation of coriander. The optimum humic acid concentration of soaked seeds was 0.05%, under which coriander grew the fastest and best. The germination rate of seeds and the growth status of coriander were the best when the soil was treated with 0.1% humic acid solution, so the soil fertility could be improved most effectively when the soil was treated with 0.1% humic acid solution. That is, certain concentrations of humic acid solution can indeed improve soil fertility and promote plant growth.

Conflict of interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and do not have a conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank Tatambek K., Token A., Berdikulov B., for their help with the experiment, and thank Tauasarov Y. for his help in the greenhouse.

Funding

This research work was supported by the National Grant Program of Kazakhstan for 2018-2020. Research project ID: AP05134797

References

- 1 Conacher, Arthur; Conacher, Jeanette. Rural Land Degradation in Australia // South Melbourne, Victoria: Oxford University Press Australia. – 1995. – P.2. Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change // Annu. Rev. Ecol. Evol. S. – 2006. – Vol. 37, No 12. – P. 637–669.
- 2 Johnson, D.L., S.H. Ambrose, T.J. Bassett, M.L. Bowen, D.E. Crummey, J.S. Isaacson, D.N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, and A.E. Winter // Meanings of environmental terms. Journal of Environmental Quality Nelson. – 1997. – Vol. 26. – P.581-589.
- 3 Brabant Pierre. A land degradation assessment and mapping method // ICSFD Agropolis International, Montpellier, France. – 2010. – Vol. 8. –P. 52.
- 4 Roberto F. Gomes. VOTE TO ECO GLOBAL PLANETARY E-GOVERNMENT // The Green Revolution. – 2018. – Vol. 8. – P. 33–35.
- 5 Feng Jiang, Zhaohu Li, Zhiwei Lv, Tongguo Gao, Jinshui Yang, Zhaohai Qin, Hongli Yuan. The biosolubilization of lignite by Bacillus sp. Y7 and characterization of the soluble products. // Fuel. – 2013. – Vol. 103. – P. 639-645.
- 6 Cohen, Armond “Learning from China: The National Bureau of Asian Research. // A Blueprint for the Future of Coal in Asia?”. – 2014. – Vol. 10. – P. 63-64.
- 7 F.J. Stevenson. Humus chemistry: genesis, composition, reactions // Wiley-Interscience. – New York. – 1994. – Vol. 7. – P. 52-54.
- 8 H. Machnikowska, K. Pawelec, A. Podgórska. Microbial degradation of low rank coals // Fuel Process Technol. – 2002. – Vol. 20. –P. 17-23.
- 9 Kopp, Otto C. “Lignite” // in Encyclopædia Britannica. – 2012. – Vol. 20. –P. 11-29.
- 10 “Lignite coal – health effects and recommendations from the health sector” // Health and Environment Alliance (HEAL). – 2018. – Vol. 25. –P. 22-27.
- 11 L.H. Dong, Q. Yuan, H.L. Yuan Changes of chemical properties of HAs from crude and fungal transformed lignite // Fuel. – 2006. – Vol. 85. – P. 2402-2407.
- 12 A.V. Selvi, R. Banerjee, L.C. Ram, G. Singh. Biodepolymerization studies of low rank Indian coals // World J Microbiol Biotechnol. – 2009. – Vol. 25, No 10. – P.1713-1720.
- 13 P. Maccarthy. The principles of humic substances: an introduction to the first principle // Soil Sci. – 2001. – Vol.166. – P. 738-751.
- 14 Hessen, D.O.; Tranvik, L.J. (Editors). Aquatic humic substances : ecology and biogeochemistry // Berlin: Springer. – 1998. – Vol.15. – P. 73-75.
- 15 N. E. Cooke, O. M. Fuller and R. P. Gaikwad // Fuel. – 1986. – Vol. 65. –P. 1254–1260 .
- 16 Z. H. Qin, H. Chen, Y. J. Yan, C. S. Li, L. M. Rong and X. Q. Yang, Fuel Process // Technol. – 2015. – Vol. 133. – P. 14–19 .

References

- 1 Brabant P. (2010) Metod ocenki i kartografirovaniya degradacii zemel' [A land degradation assessment and mapping method]. IAgropolis International, Montpellier, vol. 8, pp. 52.

- 2 Cohen, Armond (2014) Izucheniya iz Kitaya: Nacionalnoe biuro aziatskih issledovaniy ["Learning from China: The National Bureau of Asian Research]. A Blueprint for the Future of Coal in Asia?", vol. 10, pp. 63-64.
- 3 Cooke N. E., Fuller O. M., Gaikwad R. P. Fuel, vol. 65, pp. 1254–1260 .
- 4 Conacher, Arthur; Conacher, Jeanette. (1995) Degradaciya sel'skih zemel v Avstralii [Rural Land Degradation in Australia]. Oxford University Press Australia, pp. 2.
- 5 Dong L.H., Yuan Q., Yuan H.L. (2006) Izmeneniya himicheskikh svoystv guminovykh kislot iz neochiwennogo gribkovo transformirovannogo lignite [Changes of chemical properties of HAS from crude and fungal transformed lignite]. Fuel, vol. 85, pp. 2402-2407.
- 6 Feng Jiang, Zhaohu Li, Zhiwei Lv, Tongguo Gao, Jinshui Yang, Zhaohai Qin, Hongli Yuan.(2013) Biosoliubilizaciya lignite Bacillus sp. Y7 i harakteristika rastvorimyh [The biosolubilization of lignite by Bacillus sp. Y7 and characterization of the soluble products]. Fuel, vol. 103, pp. 639-645.
- 7 Hessen, D.O.; Tranvik, L.J. (Editors). (1998) Vodnye gumonovye vewestva: ecologiya i biogehimiya [Aquatic humic substances : ecology and biogeochemistry]. Berlin: Springer, vol.15, pp. 73-75.
- 8 Johnson, D.L., S.H. Ambrose, T.J. Bassett, M.L. Bowen, D.E. Crumme, J.S. Isaacson, D.N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, and A.E. (1997) Znacheniya ecologiweskikh termonov [Meanings of environmental terms]. Journal of Environmental Quality Nelson, vol. 26, pp. 581-589.
- 9 Kopp, Otto C. (2012) Lignit ["Lignite"]. in Encyclopædia Britannica, vol. 20, pp.11-29.
- 10 Maccarthy P. (2001) Prinsipy gumonovykh vewestv; vvedeniya v pervyi princip [The principles of humic substances: an introduction to the first principle]. Soil Sci, vol.166, pp. 738-751.
- 11 Machnikowska H., Pawelec K., Podgórska A. (2002) Mikrobnaya degradaciya nizkosortnykh uglei [Microbial degradation of low rank coals]. Fuel Process Technol, vol. 20, pp.17-23.
- 12 Qin Z. H., Chen H., Yan Y. J., Li C. S., Rong, Yang X. Q. Fuel Process Technol, vol. 133, pp. 14–
- 13 Roberto F. Gomes. (2018) Golosovaniya v glabalnom planetarnom eco – pravitelstve OES [VOTE TO ECO GLOBAL PLANETARY E-GOVERNMENT]. The Green Revolution, vol. 8, pp. 33–35.
- 14 Selvi A.V., Banerjee R., Ram L.C., Singh G. (2009) Biodepolimericaciya issledovanie nizkosortnykh indijskikh [Biodepolymerization studies of low rank Indian coals]. World J Microbiol Biotechnol, vol. 25, no 10, pp. 1713-1720.
- 15 Stevenson F.J. (1994) Gumusovaya himiya; genesis, sostav, reakcii [Humus chemistry: genesis, composition, reactions] Wiley-Interscience, vol. 7, pp. 52-54.
- 16 Ugol buroi – vozdeistvia na zdorovia i rekomendaciya ot sektora zdravoohraneniya ["Lignite coal – health effects and recommendations from the health sector"]. Health and Environment Alliance (HEAL), vol. 25, pp. 22-27.

Алыбаева Р.А., Шилманова У.А.* , Инелова З.А., Атабаева С.Д.

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: sh-ulzhan@mail.ru

ЖАЗДЫҚ АРПА ГЕНОТИПТЕРІНІҢ МЫРЫШ ПЕН КАДМИЙГЕ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Бүгін және болашақта экологиялық маңызды міндеті өсімдік өніміндегі химиялық элементтерінің құрамын және оның реттелуін бақылау. Осыған байланысты модельді тәжірибелер жағдайында әртүрлі арпа генотиптерінің кадмий мен мырышқа төзімділігіне зерттеу жүргізілді. Жұмыс мақсаты – ортаның климаттық жағдайларына төзімділігіне және өнімділігіне ары қарай зерттеу үшін металға төзімді генотиптерін анықтау болып табылады. Тәжірибе жұмысында биометриялық көрсеткіштер және құрғақ биомассаның жиналуы бойынша өсу параметрлері, сонымен қатар кадмий (40 мг/г) және мырыш (400 мг/г) иондарымен ортаның ластану жағдайында өсінділердегі анықталатын металдар құрамы зерттелді. Алынған мәліметтер әртүрлі генотиптер кадмий және мырыш иондарының қолайсыз әсеріне әртүрлі жауап беретінін көрсетті. Айырмашылықтар жаздық арпаның өсу көрсеткіштерімен қатар зерттелетін металдардың жинақталу деңгейінде де байқалады. Тәжірибе нәтижелері зерттелетін формалардың тамырлық төзімділігін, сонымен қатар жерүсті мүшелеріне мырыш және кадмийдің түсуіне төзімділігін анықтауға мүмкіндік берді. Анықталған төзімді генотиптер ауылшаруашылық өндірісіне перспективті формаларды айқындау үшін Шығыс Қазақстан аймағының табиғи жағдайындағы дала эксперименттерінде олардың ары қарайғы өнімділігі мен тұрақтылығын зерттеуге ұсынылады.

Түйін сөздер: мырыш, кадмий, арпа, құрғақ биомассаның жиналуы, металдардың жинақталуы, тұрақтылық.

Alybaeva R.A., Shilmanova U.A.* , Inelova Z.A., Atabayeva S.D.

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: sh-ulzhan@mail.ru

Study of resistance of spring barley genotypes to zinc and cadmium

The most important task of ecology today and in the future is the control of the content of chemical elements in plant products, the possibility of its regulation. In this regard, the study of resistance to cadmium and zinc of different genotypes of barley in the conditions of model experience was conducted. The aim of the work is to identify metal – resistant genotypes for their further study on yield and resistance to climatic conditions of the environment in the field experiment. The paper studied the growth parameters of biometric indicators and the accumulation of dry biomass, as well as the content of the studied metals in seedlings under environmental pollution by cadmium ions (40 mg/l) and zinc (400 mg/l). The data obtained showed that different genotypes respond differently to adverse effects of cadmium and zinc ions. Differences are revealed both in growth parameters and in the degree of accumulation of the studied metals in spring barley plants. The results of the experiment revealed the root stability of the studied forms, as well as resistance to the entry of zinc and cadmium into the aboveground organs. The identified stable genotypes are recommended for further study of their yield and survival in the weather conditions of the East Kazakhstan region in field experiments to identify promising forms for agricultural production.

Key words: zinc, cadmium, barley, dry biomass accumulation, metals accumulation, stability.

Алыбаева Р.А., Шилманова У.А.* , Инелова З.А., Атабаева С.Д.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: sh-ulzhan@mail.ru

Исследование устойчивости генотипов ярового ячменя к цинку и кадмию

Важнейшая задача экологии сегодня и на перспективу – контроль содержания химических элементов в растительной продукции, возможность его регулирования. В связи с этим было проведено исследование устойчивости к кадмию и цинку различных генотипов ячменя в условиях модельного опыта. Цель работы – выявить металлоустойчивые генотипы для дальнейшего их изучения на урожайность и устойчивость к климатическим условиям среды в полевом эксперименте. В работе изучались ростовые параметры по биометрическим показателям и накоплению сухой биомассы, а также содержание изучаемых металлов в проростках в условиях загрязнения среды ионами кадмия (40 мг/л) и цинка (400 мг/л). Полученные данные показали, что различные генотипы по-разному отвечают на неблагоприятное воздействие ионов кадмия и цинка. Различия выявлены как в показателях ростовых процессов, так и в степени накопления изучаемых металлов в растениях ярового ячменя. Результаты опыта позволили выявить корневую устойчивость изучаемых форм, а также устойчивость к поступлению цинка и кадмия в надземные органы. Выявленные устойчивые генотипы рекомендованы для дальнейшего изучения их урожайности и выживаемости в погодных условиях Восточно-Казахстанского региона в полевых экспериментах для выявления перспективных для сельскохозяйственного производства форм.

Ключевые слова: цинк, кадмий, ячмень, накопление сухой биомассы, накопление металлов, устойчивость.

Қысқартулар

ААС – атомдық-абсорбциялық спектрофотометрия; ШҚАШҒЗИ – Шығыс Қазақстан ауыл шаруашылық ғылыми зерттеу институты

1. Кіріспе

Ортаның ластануы, әсіресе химиялық заттармен ластануы – биосфера компоненттерінің бұзылуының ең күшті факторларының бірі. Қазіргі уақытта биосфераға көптеген ластағыштар келіп түсуде. Олардың ішінде ауыр металдар айтарлықтай орын алады. Химиялық элементтер арасында ауыр металдар ең улы болып саналады [1].

Топырақта ауыр металдардың және атмосферадағы ауыр металдардың мөлшерін жоғарылату қаупі өсімдіктердің өздерінің белсенді әрекеттеріне теріс әсерін тигізіп қана қоймай, адам мен жануарлардың денсаулығына қатер төндіретін өсімдіктердің белсенді сіңірілуі мен жиналуымен байланысты. Металдардың қауіптілігі олардың кумулятивті әсері бар және ұзақ уақыт бойы сол улы қасиеттерді бойында сақтап қалуы болып табылады. Осыған байланысты бүгінгі таңда астық өсімдіктеріне ауыр металдардың қаншалықты сіңіп қалуы үлкен мәселелердің бірі болып табылады.

Қазіргі кезде құнарландырылған топырақтың ластануы салыстырмалы түрде қарапайым

құбылыс болған кезде, ластанған аумақтар үшін ауыр металдарды жинап алмау қабілеті бар сорттарды анықтау және жасау іс жүзінде жалғасып келе жатқан экологиялық проблемалардың нақты шешіміне айналады [2, 3]. Ауыл шаруашылығы дақылдарының техногенді орнықты сорттарын жасау және өндірісте пайдалану, дақылдық және жабайы өсімдіктердің гендік қорын зерттеудің және өнімнің тауарлық бөлігіндегі ластағыштардың ең аз мөлшерін жинайтын донорларды бөлудің бастапқы міндетін қояды [4]. Селекциялық материалды бағалау және экотоксиканттардың ең аз мөлшерін жинақтауға мүмкіндік беретін белгілерді пайдалану принциптері бойынша зерттеу бағыты селекциялық жұмыс мерзімдерін қысқартуға мүмкіндік береді. Техногенді ластану жағдайында мәдени өсімдіктердің гендік қорын зерттеу міндетіне байланысты Шығыс Қазақстан өңірінде өсіру үшін перспективалы формаларды, сондай-ақ ластаушылардың ең аз санын жинайтын селекциялық донорларды анықтау мақсатында жаздық арпа сорттарының металға төзімділігін зерттеу болды. Алынған нәтижелер асыл тұқымды және генетикалық зерттеулерде пайдаланылуы мүмкін ауыр металдарға төзімді донорларды ұсынуға мүмкіндік береді.

Арпа – жануарларға арналған концентрацияланған өнім болып табылады, себебі құрамы крахмалға және белокқа бай [5]. Арпаның дәні аминқышқылдарымен қоса белок, басқа затпен

алмастыруға болмайтын лизин мен триптофан, басқа дақылдарға қарағанда жақсы сақталған [6, 7, 8]. Арпа Қазақстан бойынша өсірілуі жағынан бидайдан кейін екінші орында тұр.

Шығыс Қазақстан өңірі арпа дәнін өсіруге қолайлы және сұранысқа ие. Алайда тамырлары ауыр металмен зақымдалуы, өнімнің қолданысқа еніуіне өз әсерін тигізді. Бұдан шығудың тиімді жолдары толерантты (шыдамдылық) түрді бұл дақылдардың гендерін генетикалық және физиологиялық тұрғыдан сыртқы әсерден сақтап қалу. Генотиптерді идентификациялау өсімдіктердің мұндай ауыр металға қарсы өсетін өнімдер ойлап табу, ғылыми зерттелмеген жаңа бағыт болып табылады. Қазақстанда бұл бағытта зерттеу жұмыстары жүргізілмеген. Арпа дәнінің ауыр металдарға шыдамды, ластанған өңірлерде өсе алатын түрін ойлап табу күмән тудырмайды. Экологиялық тұрақты сорттардың селекцияда және ауылшаруашылық өндірісінде қолданылуы, яғни биологиялық қадамдарды енгізу қоршаған ортаға токсиндердің таралуын айтарлықтай азайтуға ықпалын тигізеді.

2. Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу материалдары Шығыс Қазақстан ауыл шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының коллекциясынан жаздық арпаның әртүрлі генотиптері болды. Экспериментте жаздық арпаның келесі генотиптері зерттелді: Алтайский, Л-201, Л-203, Ворсинский, 2974 Н.

2.1 Өсімдіктерді өсіру

Өсімдік өсіру ортаның модельдік ластануы жағдайында, құрамында 0,1 мМ CaSO_4 және 40 мг/л концентрациядағы Cd ионы (CdSO_4 тұзы түрінде) немесе 400 мг/л концентрациядағы Zn (ZnSO_4 тұзы түрінде) бар қоректік қоспада өсірілген арпаның әртүрлі генотиптерінің 14 тәуліктік өскіндерінде жүргізілді. Өсімдіктер $t=22^\circ\text{C}$ күндіз және 18°C түнде, 14 сағаттық фотопериоды бар су дақылдарында 14 күн өсірілді, жарықтандыру қарқындылығы – 5 мың люкс, ылғалдылығы – 65%.

2.2 Ауыр металдардың құрамын анықтау

Тамырлар мен өскіндердің құрғақ салмағын анықтау жалпы қабылданған әдістер бойынша жүргізілді. Ауыр металдардың (мырыш, кадмий) концентрациясы атомдық-абсорбциялық спектрофотометрде анықталды. Атомдық-абсорбциялық спектрофотометрия (ААС) әдісі «суық» жалында (ацетилен-ауа, пропан-ауа және т. б.) қолданылатын заттардың ерітінділерін тозаңдағанда пайда болатын химиялық элементтер атомдарының қасиетіне және

толқынның белгілі бір ұзындығының жарығын абсорбциялауға негізделген.

Төмен қысымды газ санатты шамдардың сәулелену қарқындылығы жанғыш газ жалыны арқылы жарықтан өткеннен кейін және оны зерттелетін элементтің атомдарымен абсорбциялау фотоэлектрлік түрде тіркеледі. Жаздық арпаның тамырлары мен өскіндерінің сынамалары муфель пешінде күлденген. Күлденген материал азотты және хлорсутекті қышқылдармен өңделді және су қосылды. Атомдық-абсорбциялық спектрофотометрдегі тәжірибелік және бақылау үлгілерінің атомдық сіңірілуі өлшенді [9, 10].

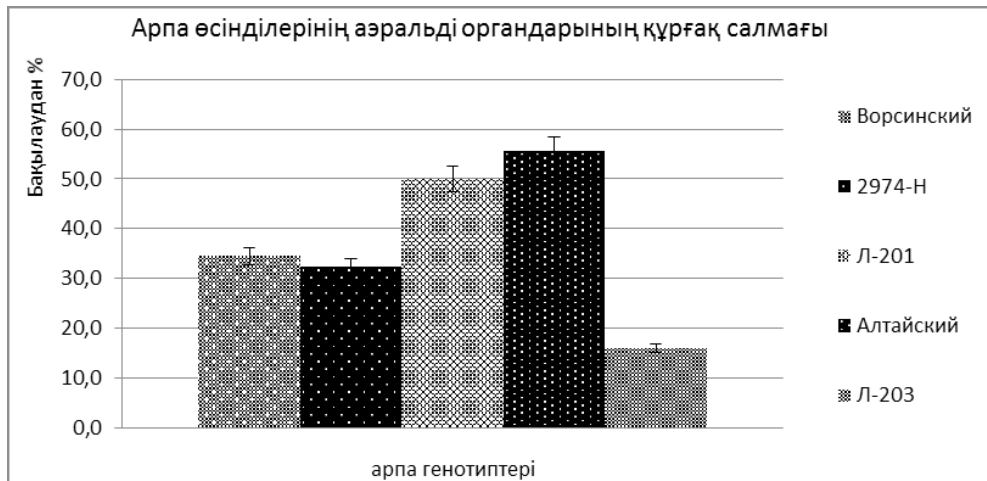
3. Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Біздің алдыңғы зерттеулеріміз кадмий мен мырыштың арпа өскіндерінің өсу параметрлеріне әсер етуін зертханалық жағдайда кадмий мен мырыш иондарының өсімдіктердің өсуін тежейтіндігін көрсетті. Біздің жұмысымыздың келесі кезеңі үлгілік тәжірибе жағдайында жаздық арпа өскіндерінің құрғақ биомассасының жинақталуына кадмий мен мырыштың әсерін зерттеу болды. Нәтижелер бойынша, кадмий иондарының биосинтетикалық үдерістерді басатындығын көрсетті (1, 2-суреттер).

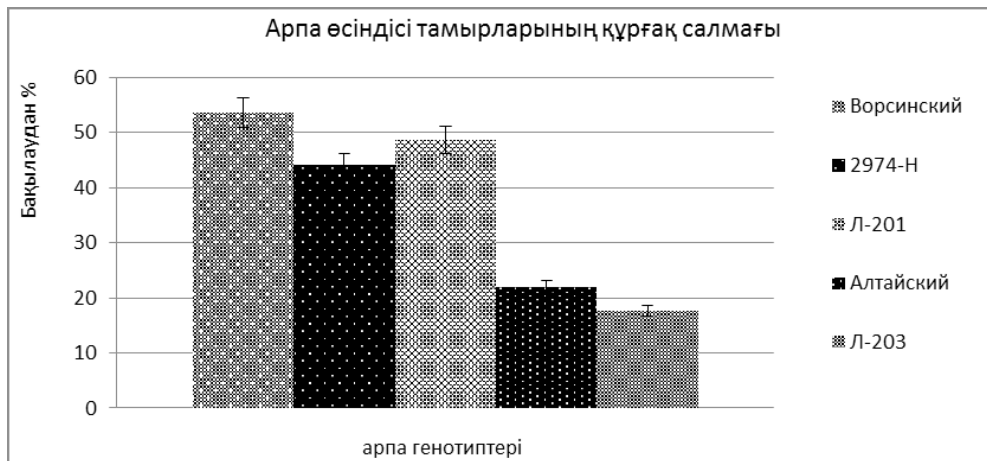
Жаздық арпаның генотиптерін зерттеген кезде, ШҚАШҒЗИ коллекциясынан өскіндердің азальді органдарының құрғақ биомассасының жиналуы бойынша генотиптерді кадмийдің жоғары концентрациясы кезінде былайша орналастыруға болады: Алтайский > Л-201 > Ворсинский > 2974-Н > Л-203 (1-сурет). Кадмийдің әсері кезінде жаздық арпа өскіндерінің жер үсті органдарымен құрғақ заттың ең көп жиналуы Алтайский және Л-201 генотиптерінде болды. Орташа жинақталу деңгейі – Ворсинский және 2974-Н өскіндерінің генотиптерінде, ал ең азы – Л-203 генотипінде.

Кадмий – өсімдіктерге ең улы экологиялық ластағыштардың бірі болып табылады. Ол өсімдікке белсенді сіңіріледі және оңай қозғалатын кумулятивтік әсері бар элемент [11]. Тамыр жайлаған ортада кадмийдің жоғары концентрациясының болуы өсімдіктердің өсуін және дамуын баяулатады [12].

Кадмий иондарының өсімдік тамырларының құрғақ биомассасында жиналуына әсерін зерттеу кезінде ШҚАШҒЗИ коллекциясынан жаздық арпаның әртүрлі генотиптері осы белгісі бойынша генотиптерді келесі түрде орналастыруға болады: Ворсинский > Л-201 > 2974-Н > Алтайский > Л-203 (2-сурет).



1-сурет – Өсіру ортасында кадмий иондарының (40 мг/кг) құрғақ заттың жер үсті органдарының әр түрлі генотиптерінің жиналуына әсері



2-сурет – Өсіру ортасында кадмий иондарының (40 мг/кг) арпаның әртүрлі генотиптерінің тамырларымен құрғақ заттың жиналуына әсері

Кадмийдің әсеріне ең төзімді жаздық арпа генотиптерінің Ворсинский және Л-201 тамыры болды. Ворсинский және Л-201 генотиптерінде тамырлардың құрғақ биомассасының жиналуы өсіру ортасындағы кадмийдің жоғары концентрациясы кезінде қалған генотиптерге қарағанда аз дәрежеде тежеледі. 2974-Н және Алтайский генотиптерінде құрғақ биомассаның жинақталуы орташа деңгейі. Тамырдың құрғақ биомассасының жиналуы бойынша кадмийдің қолайсыз әсеріне неғұрлым тұрақсыз Л-203 арпа генотипі болды (2-сурет).

Құрғақ биомассаны жер үсті органдарымен жинақтау бойынша кадмийге неғұрлым төзімді Алтайский және Л-201 генотиптері, ең аз тұрақты-Л-203.

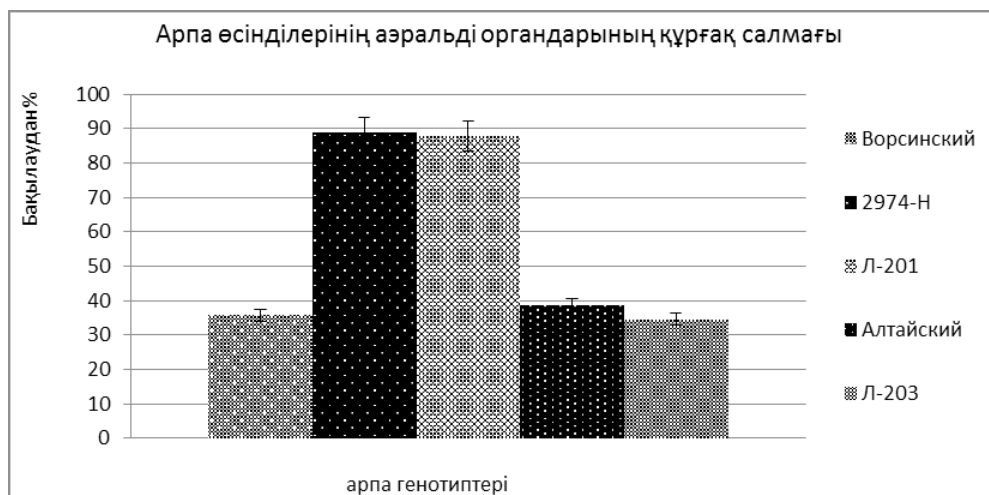
Зертханалық жағдайда арпа өсінділерінің құрғақ биомассасының жиналуына мырыштың әсерін зерттеуде мырыш иондарының биосинтетикалық үдерістерді баяулататынын көрсетті (3-сурет).

Мырыш әсеріне ең төзімді 2974-Н және Л-201 генотиптері болды. Алтайский мен Ворсинский арпасының сорттарында өсірілген ортада кадмийдің жоғары концентрациясы кезінде қалған генотиптерге қарағанда, өскіндердің аэральді органдарының құрғақ биомассасының жиналуы орташа дәрежеде баяулайды. Кадмийдің қолайсыз әсеріне ең тұрақсыз Л-203 жаздық арпаның генотипі болды.

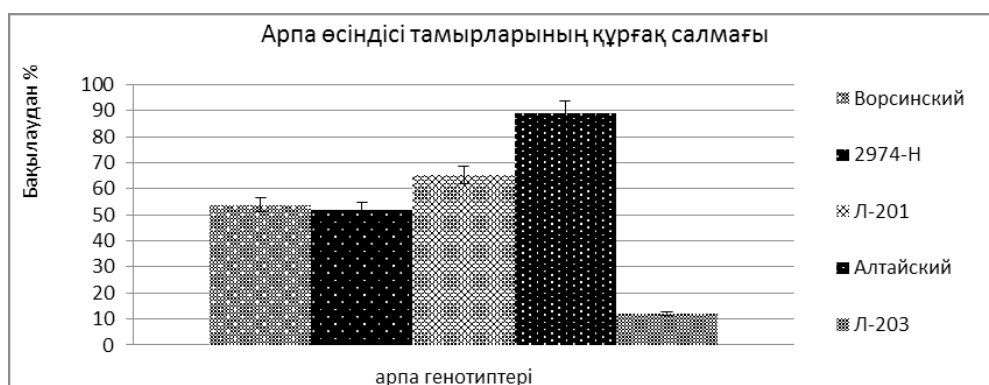
ШҚАШҒЗИ коллекциясынан жаздық арпаның әртүрлі генотиптері тамырларының құрғақ

биомассасының жинақталуына мырыштың әсерін зерттеу кезінде мырыш концентрациясы жоғары болған кезде құрғақ биомасса санының көрсеткіші бойынша арпаның генотиптерін былайша орналастыруға болады: Алтайский

> Л-201 > Ворсинский > 2974-Н > Л-203 (4-сурет). Сондай-ақ мырыштың топырақ құрамына енгізілуі өсімдіктегі Fe, Mn және Cu концентрацияларын төмендетеді және өсімдіктің құрамындағы мырыштың мөлшерін арттырады [13].



3-сурет – Өсіру ортасындағы мырыш иондарының (400 мг/кг) арпаның әртүрлі генотиптерінің аэральді органдарының құрғақ заттың жиналуына әсері



4-сурет – Өсіру ортасындағы мырыш иондарының (400 мг/кг) арпаның әртүрлі генотиптерінің тамырларымен құрғақ заттың жиналуына әсері

Өсімділерде ауыр металдардың жинақталуы, оның ішінде мырыштың да жинақталуы өзекті мәселе. Дегенмен бұл металдар өмірімізде қажет, алайда мөлшерден тыс концентрацияда ол зиян. Сондықтанда металдардың қаншалықты деңгейде зиян екендігін анықтау үшін біз өсімділерге мырыштың әсерін байқау мақсатында зерттеу жүргізу қажет [14]. Осыған орай біз арпаның өсімділерінің арпаның әртүрлі сорттарына мырыштың әсерін зерттеу жүргізгендегі әсерін байқадық. Нәтижесінде,

мырыш әсеріне неғұрлым төзімді тамыр жүйесі, құрғақ биомассаның жиналу көрсеткіші бойынша Алтайский жаздық арпасының сорты болды. Алтайский сортында құрғақ биомассаның жиналуы өсіру ортасындағы мырыштың жоғары концентрациясы кезінде қалған генотиптерге қарағанда аз дәрежеде бәсеңдейді. Мырыш иондарымен өсіру ортасының ластануы жағдайында құрғақ биомассаның жинақталуының орташа деңгейі Л-201, Ворсинский және 2974-Н жаздық арпа генотиптерінің тамырларында байқалады.

Л-203 жаздық арпа генотипі өсімдіктерінің тамырлары мырыштың қолайсыз әсеріне ең тұрақсыз болып шықты.

Зерттеу нәтижелері бойынша, өсу үдерістері мен құрғақ заттың жинақталуы да, Алтайский генотипі тамырының мырыштың жағымсыз әсеріне, Л-203 генотипінің азғана мөлшерде, жер беті органдарындағы 2974-Н және Л-201 генотиптерінің өсуіне мырыштың жағымсыз әсеріне аса тұрақты, Л-203 генотипіне неғұрлым төзімді деген қорытынды жасауға болады.

Зерттеу нәтижелері бойынша, өсу үдерістері мен құрғақ заттың жиналуы бойынша кадмийдің жер үсті органдарының өсуіне жағымсыз әсеріне неғұрлым төзімді Алтайский және Л-201 генотиптері, Л-203 генотипі азырақ, мырыштың тамырлардың өсуіне жағымсыз әсерге неғұрлым төзімді Ворсинский генотипі, ал Л-203 генотипі тұрақсыздау деген қорытынды жасауға болады.

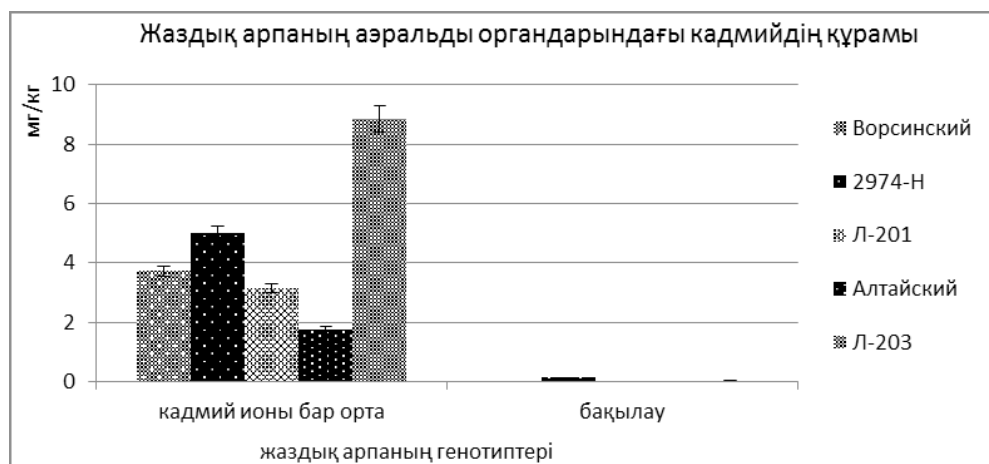
Осылайша, мырыштың әсеріне барынша төзімді 2974-Н және Л-201 генотиптерінің өскіндері, Л-203 генотипі азырақ, Алтайский генотипінің тамырлары тұрақты, Л-203 генотипінің тамырлары азырақ екендігі белгілі болды. Кадмийдің жағымсыз әсеріне Алтайский

және Л-201 генотиптерінің өскіндері барынша тұрақты, Л-203 генотипі азырақ, Ворсинский генотипі барынша тұрақты, Л-203 генотипі азырақ тұрақты болды.

Модельдік тәжірибе жағдайында үлгілердің генотиптік айырмашылықтарына байланысты жер үсті органдары мен жаздық арпа тамырларында Zn, Cd жинақталу және таралу заңдылықтары зерттелді.

Жаздық арпа генотиптері өсімділерінің әртүрлі бөліктеріндегі кадмий мөлшерін зерттеу 40 мг/л ортада кадмий мөлшері кезінде оның ең аз мөлшері жер үсті органдарында Алтайский және Л-201 жаздық арпаның генотиптерін жинақтайтынын көрсетті (5-сурет).

Жаздық арпаның генотиптері өсімділерінің тамырларындағы кадмий мөлшерін зерттеу 40 мг/л ортадағы кадмий дозасында оның ең аз мөлшері жаздық арпаның өскіндерін Ворсинский сортының жинайтынын көрсетті. Тамырлардағы кадмийдің ең көп мөлшері Л-203 жаздық арпа генотипінің өсімдіктері жинайды. Қалған генотиптер олардың арасында аралық орын алады. Сондықтан да кадмийдің ең аз жиналуы жаздық арпа тамырларында Ворсинский сорты байқалады (6-сурет).



5-сурет – Кадмий иондарымен (40 мг/кг) ортаның ластануы жағдайында арпаның түрлі генотиптерінің жер үсті органдарындағы кадмийдің болуы

Нәтижесінде, жер үсті органдарына кадмий транлокациясына барынша төзімділікті Алтайский және Л-201 жаздық арпасының генотиптері көрсетті (6-сурет). Күздік арпаның әр түрлі генотиптері өсімдіктерінің тамырлары мен жер үсті органдарындағы кадмийдің жинақталуын

зерттеу нәтижелері бойынша Ворсинский сортын кадмий әсеріне тамыр төзімділігі жоғары генотип ретінде бөліп көрсетуге болады, ал Алтайский және Л-201 генотиптерін кадмийдің жер үсті органдарына транлокациялануына төзімді генотиптер ретінде бөліп көрсетуге болады.

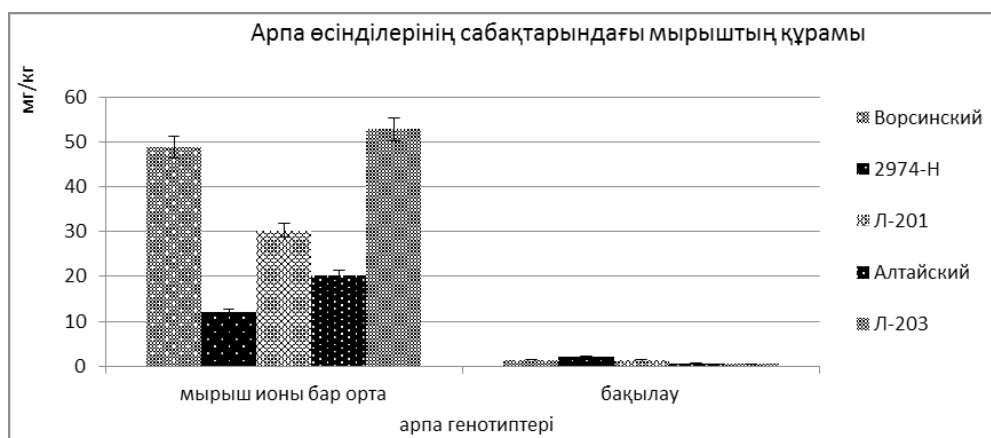


6-сурет – Кадмий иондарымен (40 мг/кг) өсіру ортасының ластануы жағдайында арпаның әртүрлі генотиптерінің тамырларындағы кадмийдің мөлшері

Тамырлар мен жер үсті органдарында кадмийдің жинақталуын, сондай-ақ әртүрлі генотиптердің арпа өскіндерінің өсу параметрлерін зерттеу аса сезімтал және тұрақты генотиптерді анықтауға мүмкіндік берді. Кадмийдің әсеріне неғұрлым төзімді генотиптер Алтайский және Л-201 генотиптері, ал ең сезімтал генотипі Л-203 болып табылады. Жаздық арпаның генотиптері өскіндерінің әртүрлі бөліктеріндегі мырыштың құрамын зерттеу оның өсу ортасында 400 мг/л болғандағы, жер үсті органдарында мырыштың ең аз жиналуы 2974-Н генотип өскіндерінде байқалады. Жер үсті органдарында мырыштың

ең көп мөлшері Ворсинский және Л-203 арпа генотиптерінде байқалады (7-сурет). Орташа, қалған генотиптермен салыстырғанда өсімдік сабақтарындағы мырыш мөлшері Л-201 және Алтайский генотиптерінде байқалады.

Өсіру ортасында 400 мг/л болғандағы өсімдіктердің тамырларында мырыштың жиналуын зерттеу оның ең аз мөлшері Алтайский жаздық арпасының генотиптерінің тамырларында және Л-201 бар екенін көрсетті. Тамырлардағы мырыштың ең көп мөлшері Л-203 және 2974-Н арпа генотиптерінің өсімдіктерінде байқалады (8-сурет).



7-сурет – Мырыш иондарымен (400 мг/кг) өсіру ортасының ластануы жағдайында арпаның әртүрлі генотиптерінің жер үсті органдарындағы мырыштың мөлшері

Зерттеу нәтижелері бойынша, мырыштың 14 күндік арпа өскіндерінің өсу параметрлеріне әсері, сондай-ақ күздік арпаның әртүрлі генотип-

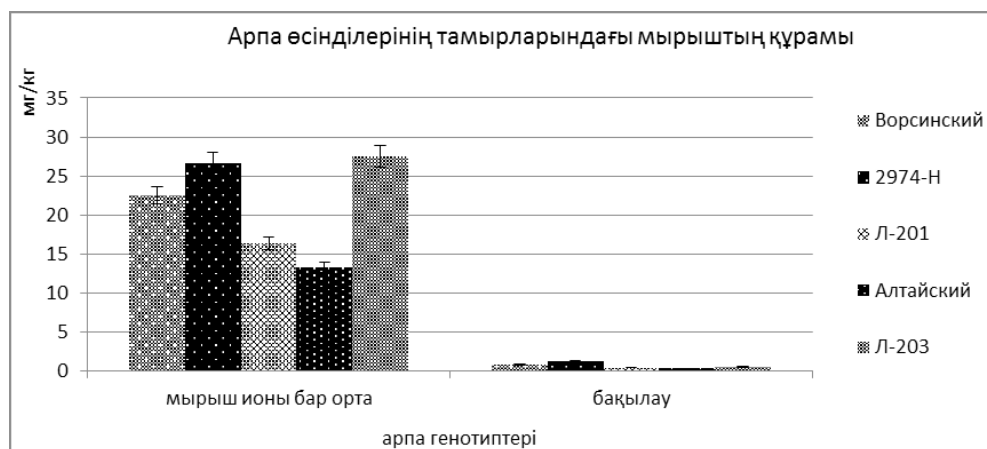
тері өсімдіктерінің тамырлары мен жер үсті органдарында мырыштың жиналуы да мырыштың әсеріне тамыр төзімділігі жоғары генотип ретін-

де Алтайский жаздық арпасының сортын, ал жер үсті органдарына мырыштың транлокациясына барынша төзімділігі бар генотип ретінде 2974-Н жаздық арпаның генотипін бөліп көрсетуге болады.

Қорытынды

Тамырлар мен жер үсті органдарында кадмий мен мырыштың жинақталуын, сондай-ақ өсу параметрлерін және әр түрлі генотиптердің арпа өсімділерінің құрғақ массасының жинақталуын

зерттеу аса сезімтал және тұрақты генотиптерді анықтауға мүмкіндік берді. Кадмийдің әсеріне неғұрлым төзімді генотиптер Алтайский және Л-201 генотиптері, ал ең сезімтал генотипі Л – 203. Мырыштың әсеріне неғұрлым төзімді генотип 2974-Н жаздық арпаның генотипі болып табылады, ал Л-203 жаздық арпаның генотипін өсіру ортасында мырыштың қолайсыз әсеріне аса сезімтал. Екі метал әсер еткен жағдайда жаздық арпаның ең тұрақты сорты Алтайский генотипі және ең сезімтал – Л-203 генотипі болды.



8-сурет – Мырыш иондарымен (400 мг/кг) өсіру ортасының ластануы жағдайында арпаның әртүрлі генотиптерінің тамырларындағы мырыштың мөлшері

Анықталған тұрақты генотиптер ауыл шаруашылығы өндірісі үшін перспективалы нысандарды анықтауда далалық эксперименттерде Шығыс Қазақстан өңірінің ауа райы жағдайында олардың өнімділігі мен өміршеңдігін одан әрі зерттеу үшін ұсынылған.

Алғыс сөз

Химиялық талдау жүргізгені үшін Костюк Т.М.-ге алғыс білдіреміз. Жұмыс «Ластанған топырақта өсірілген экологиялық таза өңделуі

үшін жаздық арпаның ауыр металдарға төзімділігінің генетикалық потенциалын зерттеу» инициативті жоба аясында орындалды, эксперименттердің қаржылануы «Ең үздік оқытушы-2017» ҚР ҒБМ гранты есебінен болды.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақала мазмұнын оқыды және танысты және ешқандай мүдде бойынша қақтығыс жоқ.

Әдебиеттер

- 1 Wood J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment // Science biol. – 1974. – Vol. 183. – P.1049-1059.
- 2 Ishikawaa S., Y. Ishimarub M., Iguraa M., Kuramataa T., Abea T., Senourab Y., Hased T., Araoa N.K. Ion beam irradiation, gene identification, and marker-assisted breeding // PNAS. – 2012. – Vol. 109, No 47. – P. 9166- 9171.
- 3 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, No 4. – P. 2645-2650.
- 4 Молчан И.М. Селекционно-генетические аспекты снижения содержания экотоксикантов в растениеводческой продукции // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 1. – С. 55-66.

- 5 Сапронова Е.А., Смятова М. К вопросу формирования биологических особенностей семенного материала ячменя в условиях Восточного Казахстана // Алтай – золотой бирюзовый тюркский мир: материал международной научно-практической конференции: Изд. ВКГУ им. Аманжолова, – 2013. – Часть 2. – С. 175-182
- 6 Трофимовская А.Я. Ячмень (эволюция, классификация, селекция) – Л.: Колос, 1972. – С. 145–160.
- 7 Борисоник З.Б. Ячмень яровой. Пути повышения урожая ячменя в основных районах его возделывания – М.: Колос, 1974. – С. 250– 255.
- 8 Кирдогло Е.К., Левицкий А.П., Гаркавый О.П. Влияние признака голозерности у ячменя на урожайность и кормовые достоинства зерна // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. – Одесса, 1982. – № 8. – С. 28–34.
- 9 МУК 4.1.991-2000. Методика выполнения измерений массовой доли меди и цинка в пищевых продуктах и продовольственном сырье – Фед. центр.: Минздрав России. – С. 1-42.
- 10 МУК 4.1.986-2000. Методика выполнения измерений массовой доли свинца и кадмия в пищевых продуктах и продовольственном сырье – Фед. центр.: Минздрав России. – С. 1-36.
- 11 Мельничук Ю.П. Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. – Киев: Наук. думка, 1990. – С. 140 – 148.
- 12 Титов А.Ф., Лайдинен Г.Ф., Казнина Н.М. Влияние высоких концентраций кадмия на рост и развитие ячменя и овса на ранних этапах онтогенеза // Труды Карельского научного центра Российской академии наук – 2002. – № 9. – С. 61-65.
- 13 Aref F., Zhu Y.G., Lepp N., Naidu R. The effect of zink and boron interaction on the concentration and total uptake of iron and marganese in corn grain // “Biogeochemistry of trace elements: environmental protection, remediation and human health”. – Tsinghua University Press. – Пекин, 2007. – С. 600-615.
- 14 Kherbani N., Abdi N., Lounici H., 2015 Effect of Cadmium and Zinc on Growing Barley//Journal of Environmental Protection. – 2015. – Vol. 6. – P. 160-172.

References

- 1 Aref F., Zhu Y.G., Lepp N., Naidu R. (2007) The effect of zink and boron interaction on the concentration and total uptake of iron and marganese in corn grain [Biogeochemistry of trace elements: environmental protection, remediation and human health]. Tsinghua University Press. Pekin., vol. 4, pp. 600-615.
- 2 Borisonik Z.B. (1974) Yachmen yarovoy. Puti povyisheniya urozhaya yachmenya v osnovnyih rayonah ego vozdeleyvaniya. [Spring barley. The ways to increase the yield of barley in the main areas of its cultivation]. M: Kolos., vol. 2, pp. 252– 255.
- 3 Ishikawaa S., Y. Ishimarub M., Iguraa M., Kuramataa T., Abea T., Senourab Y., Hased T., Araoa N.K. (2012) Ion-beam irradiation, gene identification and marker-assisted breeding: PNAS., vol. 109, no 47. pp. 9166- 9171.
- 4 Kherbani N., Abdi N., Lounici H., (2015) Effect of Cadmium and Zinc on Growing Barley, Journal of Environmental Protection., vol. 6, pp.160-172.
- 5 Kirdoglo E.K., Levitskiy A.P., Garkavyy O.P. (1982) Vliyanie priznaka golozerosti u yachmenya na urozhaynost i kormovyye dostoinstv a zerna [The effect of barley nakedness in barley on the yield and feed value of grain]. Nauch.-tehn. byul. VSGI. Odessa., vol. 8, pp. 28–34.
- 6 Melnichuk Yu.P. (1990) Vliyanie ionov kadmiya na kletochnoe delenie i rost rasteniy. Kadmiy, ionyi. Vliyanie na rost i razvitie rasteniy [Effect of cadmium ions on cell division and plant growth. Cadmium, iobs. Influence on plant growth and development] Kiev : Nauk. dumka, vol. 5, pp. 140 – 148.
- 7 Molchan I.M. (1996) Seleksionno-geneticheskie aspekty snizheniya soderzhaniya ekotoksikantov v rastenievodcheskoy produktsii. [Selection-genetic aspects of reducing the content on exotoxics of plant products] Selskohozyaystvennaya biologiya, vol. 31, no. 1, pp. 55-66.
- 8 МУК 4.1.986-2000 Metodika vyipolneniya izmereniy massovoy doli svints a i kadmiya v pischevyyih produktah i prodovolstvennom syire. [The methods for measuring the mass fraction of lead and cadmium in elevated products and food raw materials]. Metod.ukaz.4.1.986-00. Fed.centre Minzdrav Russia, pp. 1-42.
- 9 МУК 4.1.991-2000 Metodika vyipolneniya izmereniy massovoy doli medi i tsinka v pischevyyih produktah i prodovolstvennom syire.[The methods for measuring the mass fraction of copper and zinc in food products and food raw materials]. Metod.ukaz.4.1.991-00. Fed.centre Minzdrav Russia, pp. 1-36.
- 10 Sapronova E.A., Smyatova M. (2013) K voprosu formirovaniya biologicheskikh osobennostey semennogo materiala yachmenya v usloviyah Vostochnogo Kazahstana. Altay – zolotoy biryuzovyyiy tyurkskiy mir: material mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. [To the question of the formation on biological features of barley seed in conditions the East Kazakhstan. The Altai-golden turquoise Turkic world: material of the international scientific-practical conference]. Izd. VKGU im. Amanzholova, vol. 2, no. 2, pp. 175-182.
- 11 Titov A.F., Laydinen G.F., Kaznina N.M. (2002) Vliyanie vyisokih kontsentratsiy kadmiya na rost i razvitie yachmenya i ovsa na rannih etapah ontogeneza. [The effect of high concentrations of cadmium on the growth and development of barley and oats in the early stages on ontogenesis]. Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra Rossiskoy akademii nauk. vol. 5, no. 9, pp. 61-65.
- 12 Trofimovskaya A.Ya. (1972) Yachmen (evolyutsiya, klassifikatsiya, selektsiya). [Barley (evolution, classification, selection)]. L.: Kolos, pp. 145–160.
- 13 Wood J.M. (1974) Biological cycles for toxic elements in the environment. Science biol., vol. 183, pp.1049-1059.
- 14 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.

Асқарұлы Қ.¹, Азат С.^{2*}, Су Шинтай³, Жақсылық Н.⁴

¹Қаныш Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: seytkhan.azat@gmail.com

^{2,4}Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Жану проблемаларының институты, Қазақстан, Алматы қ.

³Оңтүстік Қытай Технология университеті, Қытай Халық Республикасы, Гуанжоу қ.

**ТАЗА КРЕМНИЙ ТОТЫҒЫН КҮРІШ ҚАУЫЗЫНЫҢ
КҮЛІНЕН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ**

Күріштің қауызынан (КҚ) кремнийді өндіру – қазіргі зерттеу саласында негізгі орын алып жатқан үрдіс. Көптеген КҚ қалдық ретінде қарастырылып, өртелуде. Бұл қалдықтар тұтанып өртке әкелуі мүмкін және одан бөлінетін түтін мөлшері қоршаған ортаны ластауы ықтимал. КҚ-ның қалдықтарынан шығатын шаң, жақын елдімекенде тұратын адамдарда тыныс алу жолдарының ауруын тудыруы мүмкін. Жану жағдайына, пештің түріне, күріштің алуан түрлігіне, климатқа және басқа да құрамдарға байланысты құрамында ~10-20% кремний тотығы және басқа да органикалық қосылыстары бар, КҚ-ның күлі түзіледі. Көптеген елдерде, соның ішінде, Қазақстанда, әртүрлі өндірістерде кең қолданыста болатын, аморфты кремний тотығын тұтыну көлемінің артуы себебінен КҚ-нан кремний тотығын өндіру технологиясын дамыту танымал болып келеді. Осыған байланысты бұл жұмыста КҚ-нан кремний тотығын алу және оның жалпы сипаттамалары қарастырылады. Келесідей нәтижелер келтірілген: рентгендік дифракция (XRD), инфрақызыл спектроскопия (IR), КҚ-ден алынатын кремнийдің FTIR спектрлері, сондай-ақ термограммалар және SEM бейнесі берілген. SiO₂ тазалығы шамамен 99,5% құрайды. Жалпы алғанда, КҚ кремний негізіндегі материалдарды өндіру үшін арзан шикізат болып табылады.

Түйін сөздер: күріш қауызы, нанобөлшектер, кремний тотығы, тұз қышқылы, аморфты кремний.

Askaruly K.¹, Azat S.^{2*}, Su Xintai³, Zhaksylyk N.⁴

¹K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Kazakhstan, Almaty

^{2,4}Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: seytkhan.azat@gmail.com

²Institute of Combustion Problems, Kazakhstan, Almaty

³South China University of Technology, China, Guangzhou

Preparation of pure silica from rice husk ash and its characteristics

The production of silica from rice husk (RH) is a promising direction of modern research. RH is considered waste and must be disposed of by incineration. This waste can cause a fire, and the amount of smoke that is emitted leads to environmental pollution. The negative impact of RH waste is exacerbated by the fact that RH dust is a source of respiratory tract infection in people living nearby. Analysis of the technology for producing silicon dioxide from RH showed that, depending on the state of combustion, the type of furnace, the variety of rice, climate and other components, RH ash may contain silicon oxide ~ 10-20% and other organic compounds. In many countries, including Kazakhstan, the development of technology for the production of silicon oxide from RS is becoming increasingly popular due to the increased consumption of amorphous silicon oxide, widely used in various industries. In this regard, this paper discusses the issues of obtaining high-purity silicon oxide and the determination of its characteristics. The methods used were: X-ray diffraction (XRD), infrared spectroscopy (IR), FTIR spectra of silicon extracted from RH, as well as thermograms and SEM images. As a result of the research, silicon dioxide SiO₂ was obtained with a purity of about ~ 99.5%. Thus, obtain silicon dioxide indicates the prospects and effectiveness of using RH as a cheap raw material for the production of materials based on silicon.

Key words: rice husk, nanoparticles, silica, hydrochloric acid, amorphous silicon.

Асқарулы К.¹, Азат С.^{2*}, Су Шинтай³, Жаксылық Н.⁴

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

^{2,4}Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: seytkhan.azat@gmail.com

²Институт проблем горения, Казахстан, г. Алматы

³Южно-Китайский технологический университет, Китай, г. Гуанжоу

Получение чистого диоксида кремния из золы рисовой шелухи и определение его характеристик

Производство кремния из рисовой шелухи (РШ) является перспективным направлением современных исследований. РШ считается отходами и подлежит утилизации путем сжигания. Эти отходы могут стать причиной пожара, а количество выделяемого дыма приводит к загрязнению окружающей среды. Негативное воздействие отходов РШ усугубляется тем фактором, что пыль от РШ является источником инфекции дыхательных путей у людей, живущих поблизости. Анализ технологий получения диоксида кремния из РШ показал, что в зависимости от состояния сгорания, типа печи, разновидности риса, климата и других составляющих, зола РШ может содержать оксида кремния ~ 10-20% и других органических соединений. Во многих странах, в том числе и в Казахстане, разработка технологии производства оксида кремния из РШ становится все более популярной в связи с повышенным потреблением аморфного оксида кремния, широко используемого в различных отраслях промышленности. В этой связи в настоящей работе рассматриваются вопросы получения оксида кремния высокой чистоты и определение его характеристик. В работе использовались методы: рентгеновская дифракция (XRD), инфракрасная спектроскопия (IR), FTIR-спектры кремния извлеченного из РШ, а также термограммы и SEM изображение. В результате проведенных исследований был получен диоксид кремния SiO₂ чистотой около ~ 99,5%. Таким образом, получение диоксида кремния свидетельствуют о перспективах и эффективности применения РШ в качестве дешевого сырья для производства материалов на основе кремния.

Ключевые слова: рисовая шелуха, наночастицы, оксид кремния, соляная кислота, аморфный кремний.

Кіріспе

Күріш – дәнді дақылдар мәдениетінде, элем бойынша өсірілуден екінші орын алады. Өндірістің ең көп шоғырланған аймағы Азия мемлекеттері болып саналады, мұнда күріш дақылының элем бойынша 90% өсіріліп, өңделеді [1]. Азия мемлекеттерінен тыс күріш өндіруші алпауыттар ретінде Америка Құрама Штаттары мен Бразилия және Еуропа елдері арасында Италия мемлекеті бірінші орын алады. 2017 жылы элемдік нарықта 758.8 миллион тонна күріш өндірілген [2]. Ал, Қазақстан Республикасының ауылшаруашылық министрлігінің мәліметтері бойынша, негізгі күріш өсіру шаруашылығымен айналысатын облыстарға: Қызылорда облысы (78,4 мың га), Алматы облысы (11,1 мың га) және Оңтүстік Қазақстан Облысы (3 мың га) жатады. Қазақстанда күріш өсіру негізінен Қызылорда облысының аумағында, Сырдария өзенінің төменгі ағысындағы жерлерде дамыған [3]. Осы аймақтың теңіз деңгейінен төмен орналасуы, топырақтың жай-күйі, мелиорациялық және ауылшаруашылық жағдайлары күріш егістіктерін суару үшін арнайы инженерлік

жүйелерді құруға себеп болды және жылдан жылға ұлғайып келеді (1-сурет).

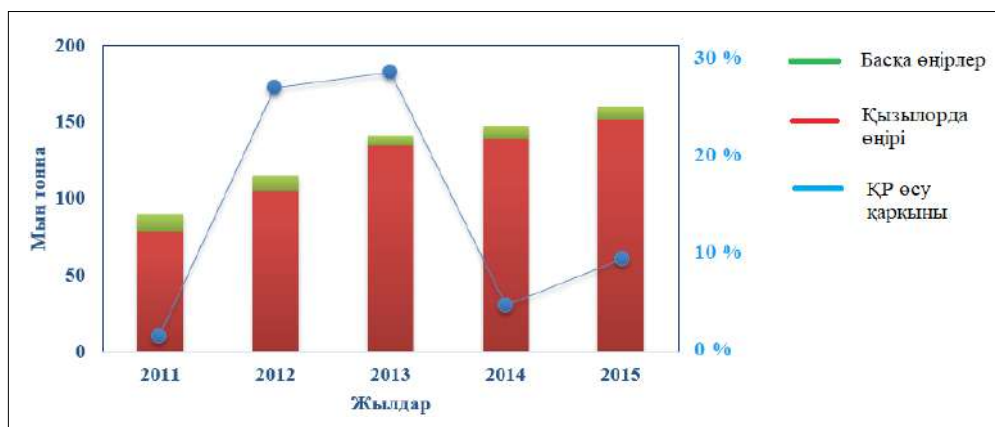
Күріш түрлерінен құрамында талшықты материалдар мен кремний болатын шамамен ~20% КҚ қалады (1 тонна күріштен шамамен 220 кг КҚ өндіруге болады). Алайда, әр компоненттің көлемдік үлесі климатқа және егіннің географиялық орналасуына байланысты әр-түрлі болып келеді [4]. Осылайша, КҚ астық құрамында жоғары пайызға ие болғандықтан, ұнтақ диірмендерде қалдық өнім болып есептеледі және қоршаған органы ластау мәселелерін тудырады [5].

КҚ, күрішті ұнтақтағаннан кейін қалатын негізгі агроөнеркәсіптік қалдық болып табылады [6]. Күріштің өсуі кезінде дамитын табиғи қорғанысты сыртқы қабығы болып табылады. Қорғаныш қабатының ішкі беті балауыздың және табиғи майдың болуына байланысты салыстырмалы түрде біркелкі болып табылады, ал сыртқы беті әртекті болып келеді. Күріш дәні бар қауыздың ішкі бетінде балауыз материалдардың болуы термиттерге және басқа зиянды микроорганизмдерге қарсы күріш дәніне жақсы қорғаныш береді [7]. Екінші

жағынан, бояғыш материалдардың болуы, қауыз бөліктері мен полимерлі матрицалар арасындағы өзара әрекеттесу үшін қол жетімді реактивті аймақтарды жасыруға жауапты болып саналады.

КҚ-дың негізгі құрамдас бөлігі целлюлоза (40-50%), лигнин (25-30%), ылғал (8-15%) және кремний (15-20%) болып табылады [8]. Кремний диоксиді өсімдікке тамыры арқылы

еріген зат түрінде кіреді, мысалы, силикат немесе моносиликат қышқылы ретінде. Содан кейін целлюлозалық кремний мембранасын қалыптастыру үшін, булану және полимерлену арқылы жинақталып, өсімдіктің сыртқы бетіне өтеді. Жалпы кремнезем күріш құрамында бейорганикалық қосылыс түрінде болады. Кремнеземнің бұл бөлігі сілтіде ерімейді және өте жоғары температураға төзе алады [9].



1-сурет – Қазақстандағы күріштің өндірілуі

Үндістан, Пәкістан, Бангладеш, Шри-Ланка, Австралия, Таиланд, Индонезия және АҚШ 1970-1985 жылдары күріш қышқылын қайта өңдеуде пионер болды және бұл үкімет және әр түрлі ұйымдар тарапынан қолдау көрді. Күріштің қауызының, басқа да ауылшаруашылық қалдықтарымен салыстырғанда жоғары сапалы кремнеземдік құрамы (87-97% SiO_2), жоғары кеуектілік, жеңіл және өте жоғары сыртқы беті сияқты бірегей сипаттамалары оны өнеркәсіптік қолдануға арналған бағалы материал ретінде таниды. Көп қырлы материал КҚК бүкіл әлем бойынша зерттеушілерге үлкен қызығушылық тудырып отыр. Зерттеушілер бөлшектердің пішіні мен өлшемін бақылау үшін әртүрлі үлгілерді пайдалана отырып, кремнезем нанобөлшектерін синтездеудің әр түрлі әдістерімен жұмыс істеді. Осы жұмыста SiO_2 -ны күріш қауызынан басқа заттардан таза қылып бөліп алудың жолы және сипаттамалары көрсетіледі.

2. SiO_2 -ны күріш қауызынан бөліп алу

Керекті заттар: КҚ, дистилденген су (ГОСТ 6709-72), гидроксид қышқылы (HCl, кон-

центрленген), натрий гидроксиді (NaOH), сүзгі қағазы.

Зерттеу объектілері ретінде Қазақстан Республикасының әртүрлі өңірлерінен іріктелген күріш (күріш қауызы) таңдалып алынды (2-сурет). Ұзындығы 5-10 мм болатын күріш қауызының үлгілері сумен алдын ала жуылып, ауада кептірілді. Дайындалған үлгілер физикалық-химиялық әдістердің көмегімен өңделді және талданды.

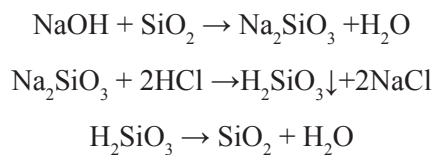
Осы зерттеуде қарапайым, қоспалардан босатылған кремнезем нанобөлшектерін дайындау үшін қышқылмен жуу (тұз қышқылы, лимон қышқылы) және термиялық өңдеу сияқты әр түрлі әдістер пайдаланылды. Қышқылмен алдын ала өңдеу мақсаты – кремнеземдік өнімнің тазалығын арттыру. Бұл металл қоспаларының басым бөлігін елеулі түрде алып тастауға және кремнеземді ақ түсті күл етіп өндіруде тиімді әдіс болып табылады (3-сурет). Қышқылмен шаю, сондай-ақ, кремний тотығы үшін жоғары беттік аудан береді. Сонымен қатар нанобөлшекті ұнтақты өндіру сапасы кальцинация немесе жану температурасына немесе жанудың ұзақтығына байланысты болып келеді.



1. Алматы облысы (Балқаш) 2. Қызылорда облысы (Сырдария)
3. Оңтүстік Қазақстан облысы (Жетісай)

2-сурет – Қазақстанның әртүрлі облыстарынан алынған күріш қауыздары (зерттеу нысандары)

КҚАК негізінен құрамындағы кремнеземді алдын ала өңдеуден кейін натрий гидроксиді ерітіндісінде ерітеді. Натрий силикаты кремний синтезі үшін жартылай дайын шикізат ретінде пайдаланылады. Негізгі өтетін реакциясы:




3-сурет – Шикі КҚ, КҚАК және 2М НСІ ерітіндісімен шаймаланып 600°С температурада жандырылып алынған таза кремний диоксиді

Тұз қышқылының натрий силикатымен реакциясы силанолды ($\text{R}_3\text{Si-OH}$) топтардың қалыптасуына ықпал етеді және конденсациясы кеңейтілген үшөлшемді Si-O-Si желісін қалыптастыруға әкеледі. КҚК шын мәнінде КҚ жоғары температурада жағу процесінің өнімі болып табылады. Басқаша айтқанда, КҚК құрылымы мен

қасиеттері белгілі бір дәрежеде жану температурасына байланысты болуы керек. Сонымен қатар, КҚК-нің жану температурасына тәуелділігін жақсы түсіну КҚК-нің құрылымын, қасиеттерін оңтайландыру және күріш қауызынан кремний өндірудің әртүрлі әдістеріне оңтайлы температура таңдау өте маңызды.

1-кесте – Муфельдік пеште сумен жуылған күріш түйірін тікелей өртеу кезінде ақ күріш қауызы күлін калыптастыруға температураның және уақыт ұзақтығының әсері

Сумен жуылған күріш қауызы	
500 °C, 4 сағат HCl жоқ	
550 °C, 4 сағат HCl жоқ	
600 °C, 4 сағат HCl жоқ	
650 °C, 4 сағат HCl жоқ	
700 °C, 4 сағат HCl жоқ	
750 °C, 4 сағат HCl жоқ	

Жану шарттары химиялық құрамына және өндірілетін күлдің мөлшеріне әсер етеді. Өйткені, жану, судың шығарылуына, көмірқышқыл газын CO_2 бұға айналдыруға, карбонаттардан көмірқышқыл газын шығаруға, металдардың сульфидтерін металл оксидтеріне, металл сульфаттарына және күкірт оксидтеріне және басқа да химиялық реакцияларға айналдыруға себеп болады.

Толығымен кептірілген күріш қауызынан алынған соңғы өнім тұтас ақ түсті. Бұл күріш қауызының жану уақыттарын айқын анықтауға мүмкіндік берді, осылайша толық ақ күлдің алғашқы қалыптасуы күріш қауызының толық жануын білдіреді.

Қазақстанның әртүрлі өңірлерінен алынған күріш қауызы тікелей жағудан алынған ақ күл үлгілері 1-кестеде салыстырылды.

Күлдің түсі жану процесінің температурасы мен ұзақтығына байланысты болады, себебі «қара күл» үлгілері 400-500 °С кезінде

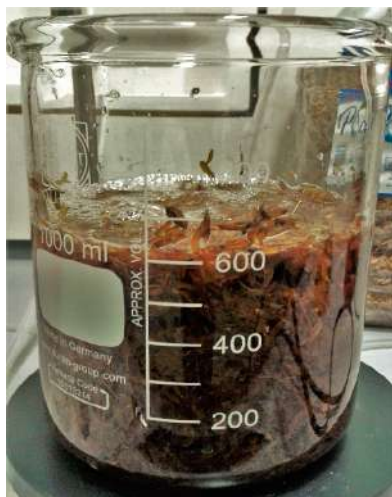
алынған, ал «ақ күл» 550 °С-тан 700 °С дейін (4 сағат ішінде). Жоғары температура кезінде КҚК-нің түсі (750 °С және 800 °С) жоғары жанудың тиімсіздігінен, негізінен сұр күл болады, яғни құрамында көп мөлшерде көміртегі пайда болады.

Шикізаттың жануы кезінде энергияны үнемдеу және үлгінің жоғары кремнийлі құрамын алу, 1-кестеге сәйкес, 600°C температурасы күлдің түсуіне байланысты шикізаттан КҚАК алу үшін оңтайлы температура болып саналады.

Күріш қауызынан тұз қышқылымен өңдеу арқылы SiO_2 алу технологиясы

Алматы облысы, Бақанас ауылынан алынған күріш қауызын тазалап жуып, құрамындағы бөгде заттардан тазарттық, сонымен бірге құрғату шкафына қойып, 90 °С та 2 сағат мөлшерінде кептірдік (құрамындағы суды кетіру үшін).

50 грамм КҚ-ын алып оны 500 мл, 2М тұз қышқылымен араластырып, кептіру шкафына 90 °С температурада, 2 сағат қоямыз.



4-сурет – КҚ-ын 2М тұз қышқылымен өңдеу және КҚ-ын 600 °С температурада муфель пешінде ұстау

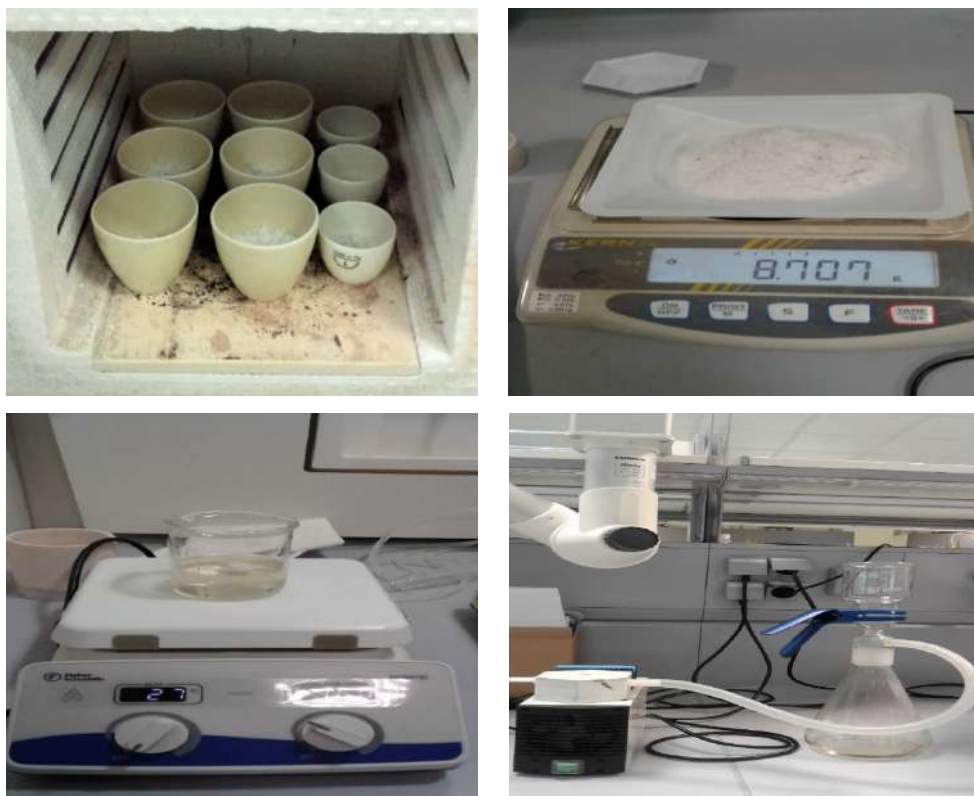
Дайын болған КҚ-ын дистилденген сумен шайып, нейтралды ортаға жеткіземіз. Сосын КҚ-ын алып, муфель пешінде 600 °С температурада, 4 сағат бойы ұстаймыз (4-сурет). Мұндағы басты мақсат, күріш қауызы құрамындағы органикалық қосылыстарды және көміртегін жоғары температурада жағып, таза кремний оксидін алуға қол жеткізу.

600°C температурада 4 сағат бойы ұстағанда, күріш қауызы құрамындағы органикалық құрамдардың бәрі жанып, ең соңында күріш қауызының күлі түзіледі (5-сурет). Күйдіргеннен кейінгі ақ күріш қауызы күлінің массасы 8,707

граммды құрады. Дайын болған күріш қауызы күліне, 100мл, 2М, NaOH ерітіндісін құйып, магнитті араластырғышта, 90 °С температурада 2 сағат бойы араластырамыз.

Осы процесс кезінде, мына реакция өтеді:
 $\text{NaOH} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Дайын болған ерітіндіні, фильтрден өткізіп сүзіп аламыз (5-сурет). Сүзіліп алынған ерітіндіге, қышқыл ерітіндісін құямыз. Сол кезде жоғарыдағыдай реакция өтеді. Түзілген кремний оксидін фильтрден өткіземіз және құрамындағы NaCl жою үшін ыстық сумен шаямыз.



5-сурет – КҚ-ының ақ күлінің пайда болуы және 2М NaOH ерітіндісін қосу және вакуумді фильтрлеу қондырғысы

Дайын болған таза кремний оксидін, кептіру пешіне 105°C температураға, бір түнге қалдырдық. Кепкеннен кейінгі таза кремний оксидін әр түрлі анализдерге бердік.

3. Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Кремний үлгілерін зерттеу үшін үлгілерді 0,02 2θ/мин сканерлеу жылдамдығымен жазатын Рикаку ұнтақ дифрактометрмен тіркелді, бұрыштық 10-нан 90-ға дейін 2-тэта диапазондағы никель сүзгісі бар Cu-Kα сәулеленуін пайдаланып түсірілді.

Алынған кремний ұнтағы рентгендік аморфты күйде, бұл рентгендік фазалық талдаумен расталды. Рентген дифракциясының үлгілері бойынша күріш қауызының кремнийінің аморфты құрылымына тән $2\theta = 24^\circ$ аймағында диффузиялық шыңдар байқалады, ал аморфты кремний диоксиді үшін максималды диффузиялық шыңы $2\theta = 30^\circ$ құрайды.

24.0 2θ/° кезінде барынша қарқындылығы бар кең галогенді (6-сурет) 0,6 нм шамасындағы d аралығымен сәйкес келеді және алынған кремнийдің аморфты құрылымын растайды.

XRD бойынша жүргізілген басқа зерттеулер сондай-ақ, 22°-23° аралығында кең шыңы көрсетті, бұл кремнийдің аморфты құрылымын және кез келген кристалдық құрылымның жоқтығын растайды.

Үлгідегі функционалды топтар, термоактивті шағылыстырумен көмекші құралмен жабдықталған Thermo Scientific FT-IR Nicolet 6700 көмегімен анықталды. 4000-400 см⁻¹ диапазонында 4 см⁻¹ рұқсатымен спектрлер 32 сканерден өткізілді.

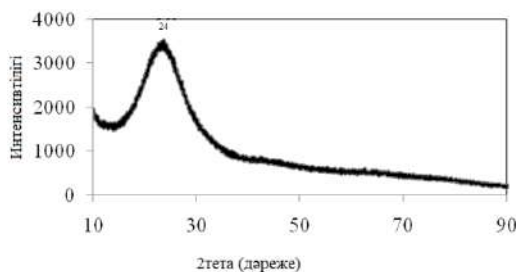
КҚ-ның FT-IR спектрлері 7-суретте көрсетілген. 1058 см⁻¹, 1058 см⁻¹-дегі жоғары сіңіру шыңдары. 1058 см⁻¹ C-OH байланысының және Si-O байланыстарының силоксан (Si-O-Si) топтарындағы тербелістерінің суперпозицияларының нәтижесі ретінде қарастырылды.

2921см⁻¹ көрсеткішін – целлюлоза, гемикеллюлоза және лигнин құрылымдарында CH₃ және CH₂ топтарындағы алифаттық C-H байланыстарының симметриялық және асимметриялық созылу тербелістеріне жатқызылуы мүмкін.

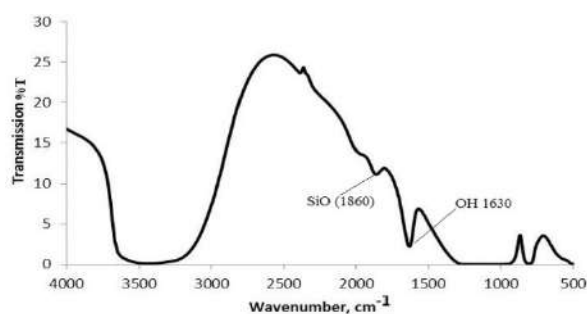
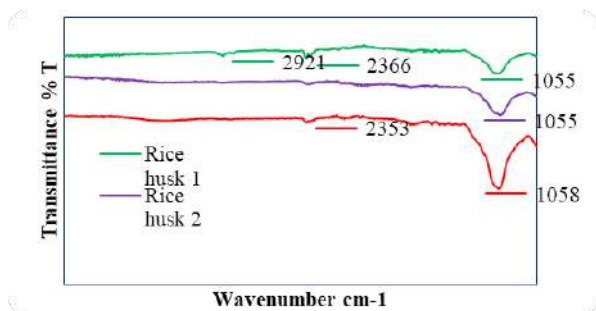
8-суретте тікелей жану алдындағы күріш қауызының SEM кескіндерін көрсетілген. Суреттерден көріп тұрғанымыздай, бастапқы

үлгілер өте тығыз беттер болып табылады. 8-суретте (а) күріштің қауызының сыртқы беттерінің морфологиясын көрсетеді, күріштің қауызының сыртқы беті біркелкі емес және өте

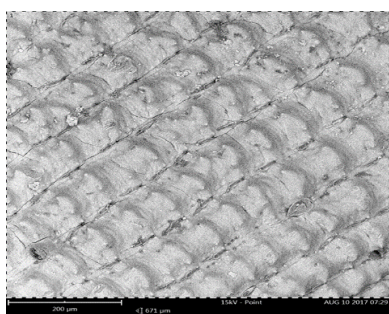
күрделі. 8-суретте (ә) SEM кескінін кремнезем үлгісінің төменде үлкейтуі көрсетілген. Наномасштабты кедір-бұдырлығы кремнеземнің нанобөлшектерінің морфологиясынан келеді.



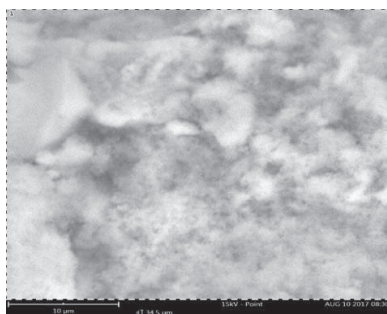
6-сурет – Күріш қауызынан алынған SiO₂-нің рентгендік дифракциясы



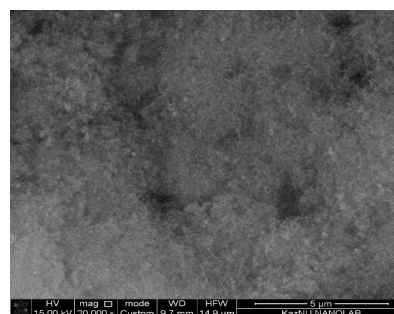
7-сурет – КҚ-ның FT-IR спектрлері (1-Алматы КҚ, 2-Қызылорда КҚ, күріш қауызы, 3-Оңтүстік Қазақстан КҚ) және КҚ-нан алынған кремнийдің FTIR спектрлері



(a)



(ә)



(б)

8-сурет – термиялық өңдеу алдында күріш қауызының SEM кескіндері (а), SEM SiO₂ микрограммасы және (б) КҚ-ның күлінен алынған SiO₂ SEM-микрограммасы

Кремнезем үлгісіндегі SEM кескінінің төмендеуі (8-сурет (б)) – наномасштабты кедір-бұдырлығы, ол массаның ішіндегі шашыраңқы кремнезем нанобөлшектерінің морфологиясынан басталады.

Қорытынды

КҚ нанкремнезем алу әдістері әзірленді және бекітілді. Күріш қауызын алдын ала өңдеу әдістері зерттеліп, күріш түйірлерінің

компоненттерінің құрамы анықталды. Күлдегі негізгі зат – аморфты кремний диоксиді, оның құрамы зерттелген сорттарда 90.1-99.5 % аралығында болады. Алынған деректер зерттелген параметрлердің өсімдік сортына және өңдеуге арналған реагентке тәуелді болатынын көрсетеді. Қазақстанның әртүрлі аймағындағы күріш қауызынан алынатын кремний диоксиді үлгілерінің беттік сипаттамалары зерттелді. Беттің нақты ауданы БЭТ әдісімен анықталады (Алматы облысы – 465 м²/г, Қызылорда облысы – 627 м²/г, Оңтүстік Қазақстан облысы – 150 м²/г). Алынған нано-SiO₂ құрылымы

XRD және SEM талдауларымен расталған. XRD спектрлерінде 24-тэта/градуста максимум қарқындылығы бар кең диффузиялық шыңы алынған кремнийдің аморфты құрылымы мен наномөлшерін көрсетіп отырды. Өндіріс әдісі бойынша және шикізатты қайта өңдеу шарттары бойынша күріш түйірлерінен алынатын кремний диоксиді үлгілерінің морфологиясы мен бетінің сипаттамаларының тәуелділігі белгіленді. Тұтастай алғанда, аморфты кремнезге бай КҚ практикалық қолдану үшін жоғары құнды қосынды кремний негізіндегі материалдарды өндіру үшін арзан шикізат бола алады.

Әдебиеттер

- 1 Azat S. et al. Sustainable production of pure silica from rice husk waste in Kazakhstan //Journal of Cleaner Production. – 2019. – Т. 217. – С. 352-359.
- 2 Chen H. et al. Extraction of lignocellulose and synthesis of porous silica nanoparticles from rice husks: a comprehensive utilization of rice husk biomass //ACS Sustainable Chemistry & Engineering. – 2012. – Т. 1. – №. 2. – С. 254-259.
- 3 Blackie M. Reeves T., Thomas G., and Ramsay G. (eds): Save and Grow in practice: a guide to sustainable cereal production // Maize, rice, wheat; a guide to sustainable production FAO. – 2016. (ISBN: 978-92-5-108,519-6) – P. 110.
- 4 Hwang C. L. and Chandra S. The Use of Rice Husk Ash in Concrete, Waste Materials Used in Concrete Manufacturing, Edited by S. Chandra // Noyes Publications. – 1997. – P. 198.
- 5 Ndazi B. S. et al. Chemical and physical modifications of rice husks for use as composite panels //Composites Part A: applied science and manufacturing. – 2007. – Т. 38. – №. 3. – С. 925-935.
- 6 Nguyen, Hoc Thang & Phong Dang, Thanh & Thi Ha Quyen Pham, Vo & Ngoc Kim Tuyen, Nguyen & Thuy Nhung, Le & Thanh Khe, Dao. (2018). Synthesis of Novel Porous Materials by Geopolymerization Method from Diatomaceous Earth, Rice Husk Ash, and Sodium Silicate Solution // Journal of Scientific and Engineering Research. – 2018. – Vol. 5(4). – P. 205-211.
- 7 Uddin M. K., Rahaman P. F. A study on the potential applications of rice husk derivatives as useful adsorptive material // Inorganic Pollutants in Wastewater: Methods of Analysis, Removal and Treatment. – 2017. – Т. 16. – С. 149-186.
- 8 Вураско А. В. и др. Ресурсосберегающая технология получения целлюлозных материалов при переработке отходов сельскохозяйственных культур // Химия растительного сырья – 2006. – Т. 4. – С. 5-10.
- 9 Ефремова С.В., Джусупова С.А., Сухарников Ю.И., Бунчук Л.В. (2007) Комплексная переработка рисовой шелухи и перспективы использования получаемых материалов // Известия НАН РК. – 2007. – №2. – С. 14-17.

References

- 1 Azat, S., Korobeinyk, A. V., Moustakas, K., & Inglezakis, V. J. (2019). Sustainable production of pure silica from rice husk waste in Kazakhstan. *Journal of Cleaner Production.*, vol. 217, pp. 352-359.
- 2 Blackie M. Reeves T., Thomas G., and Ramsay G.(eds) (2016): Save and Grow in practice: a guide to sustainable cereal production. Maize, rice, wheat; a guide to sustainable production FAO, (ISBN: 978-92-5-108,519-6), pp.110.
- 3 Chen, H., Wang, W., Martin, J. C., Oliphant, A. J., Doerr, P. A., Xu, J. F., ... & Sun, L. (2012). Extraction of lignocellulose and synthesis of porous silica nanoparticles from rice husks: a comprehensive utilization of rice husk biomass. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering.*, vol. 1(2), pp. 254-259.
- 4 Efremova S.V., Dzhusupova S.A., Sukharnikov Yu.I., Bunchuk L.V. (2007) kompleksnaya pererabotka risovoy shelukhi i perspektivy spolzovaniya poluchayemykh materialov. *Izvestiya NAN RK*, №2, S. 14-17.
- 5 Hwang C. L. and Chandra S. (1997) The Use of Rice Husk Ash in Concrete, Waste Materials Used in Concrete Manufacturing, Edited by S. Chandra. Noyes Publications., pp. 198.
- 6 Ndazi, B. S., Karlsson, S., Tesha, J. V., & Nyahumwa, C. W. (2007). Chemical and physical modifications of rice husks for use as composite panels. *Composites Part A: applied science and manufacturing.*, vol. 38(3), pp. 925-935.
- 7 Nguyen, Hoc Thang & Phong Dang, Thanh & Thi Ha Quyen Pham, Vo & Ngoc Kim Tuyen, Nguyen & Thuy Nhung, Le & Thanh Khe, Dao. (2018). Synthesis of Novel Porous Materials by Geopolymerization Method from Diatomaceous Earth, Rice Husk Ash, and Sodium Silicate Solution. *Journal of Scientific and Engineering Research.*, vol, 5(4), pp. 205-211.
- 8 Uddin, M. K., & Rahaman, P. F. (2017). A study on the potential applications of rice husk derivatives as useful adsorptive material. *Inorganic Pollutants in Wastewater: Methods of Analysis, Removal and Treatment.*, vol. 16, pp. 149-186.
- 9 Вураско А. В. и др. (2006) Ресурсосберегающая технология получения целлюлозных материалов при переработке отходов сельскохозяйственных культур //Химия растительного сырья. vol. 4, pp. 5-10.

2-бөлім

**ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ
БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҰРҒЫНДАР 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**

**Malik A.M.^{1*}, Akimbekov N.Sh.², Zhubanova A.A.³,
Abdieva G.Zh.⁴, Digel L.E.⁵, Ualieva P.S.⁶**

¹junior researcher, Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: azhar.malikyzy@gmail.com

²postdoctoral researcher, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³doctor of biological sciences, professor, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

⁴candidate of biological sciences, associate professor,
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

⁵bachelor-student, Aachen University of Applied Sciences, Germany, Jülich

⁶candidate of biological sciences, associate professor,
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

**SCREENING OF BIOSURFACTANT –
PRODUCING MICROORGANISMS**

It is well known that the general creation of biosurfactants is hampered by the lack of economical and universal products. Currently, there is only a very limited supply of commercially available biosurfactants, such as surfactin, sophorolipids and rhamnolipids. A variety of new biosurfactants, respectively producing strains, is a key problem in overcoming economic obstacles to the production of biosurfactants. Therefore, it is necessary to make more efforts to discover new microorganisms producing biosurfactants, applying a wide range of different screening methods, which is the subject of this review. Biosurfactants are surface active agents synthesized by various microorganisms. Recently, biosurfactants have aroused great interest, since these substances are not inferior to chemical analogues. They are characterized by environmental friendliness, biodegradability and high antimicrobial activity. Biosurfactants are used in many industries (pharmaceutical, cosmetic, food, chemical), in agriculture, as well as in environmental sciences. Biosurfactants are components that effectively reduce the surface tension of the medium, and also have a high emulsifying activity. Microorganisms that inhabit in soil contaminated with various substances (oil, coal, etc.) secrete biosurfactants of exotype and endotype nature. The purpose of this study is the selection of microorganisms that synthesize biosurfactants and study their biological properties.

Key words: brown coal, biosurfactants, biosolubilization, bioconversion, antimicrobial activity, surface-active substances (surfactants), emulsifying activity.

Мәлік А.М.¹, Акимбеков Н.Ш.², Жубанова А.А.³,
Абдиева Г.Ж.⁴, Дигель Л.Е.⁵, Уалиева П.С.⁶

¹ғылыми қызметкер, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: azhar.malikyzy@gmail.com

²постдокторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

³биология ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

⁴биология ғылымдарының кандидаты, доцент, әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

⁵бакалавриат студенті, Ахенский Университета Прикладных Наук, Германия, Юлих қ.

⁶биология ғылымдарының кандидаты, доцент, әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Биосурфактанттарды продуцирлейтін микроорганизмдердің скринингі

Жаңа биосурфактанттарды алу негізінде экономикалық тиімді және әмбебап өнімдер жетіспеушілігі жалпыға мәлім. Қазіргі таңда тек коммерциялық қолжетімді биосурфактанттардың ішінде сурфактин, софоролипидтер мен рамнолипидтер үшін шектеулі ұсыныстары ғана бар.

Продуцируемые штаммы негизінде жаңа биосурфактанттардың алуантүрлілігі өндірістік экономикалық кедергілерді тудырады. Сондықтан, биосурфактанттарды продуцирлейтін жаңа микроорганизм штамдарын ашу көп еңбекті қажет етеді. Биосурфактанттар – әртүрлі микроорганизмдермен синтезделетін беттік активті заттар. Соңғы уақытта беттік активті заттардың химиялық аналогтарына қарағанда, биоБАҚ-ты зерттеу үлкен қызығушылықты тудыруда. Негізгі қасиеттеріне экологиялық тазалығы, биоыдырау қабілеттілігі және жоғары антимикробтық белсенділігі жатады. БиоБАҚ-тар көптеген өндірістік (фармацевтика, косметика, тағам, химия) салаларда, ауыл шаруашылығында және экологияда қолданылады. Биосурфактанттар беттік заттардың тартылыс күшін эффективті төмендететін, сонымен қатар жоғары эмульгирлеуші белсенділікке ие өзіндік компоненттермен сипатталады. Әртүрлі заттармен ластанған (мұнай, көмір және т.б.) топырақта тіршілік ететін микроорганизмдер биоБАҚ-тың эндогенді және экзогенді типтерін синтездейді. Зерттеу жұмысының мақсаты – биоБАҚ-ты синтездейтін микроорганизмдерді іріктеп алу және олардың биологиялық қасиеттерін зерттеу.

Түйін сөздер: қоңыр көмір, биосурфактант, биосолюбилизация, биоконверсия, антимикробтық белсенділік, беттік активті қосылыстар (БАҚ), эмульгирлеуші белсенділік.

Мәлік А.М.¹, Акимбеков Н.Ш.², Жубанова А.А.³,
Абдиева Г.Ж.⁴, Дигель Л.Е.⁵, Уалиева П.С.⁶

¹научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: azhar.malikzy@gmail.com

²постдокторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

³доктор биологических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

⁴кандидат биологических наук, доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

⁵студент бакалавриата, Ахенский Университета Прикладных Наук, Германия, г. Юлих

⁶кандидат биологических наук, доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

Скрининг микроорганизмов, продуцирующих биосурфактанты

Общеизвестно, что общему созданию биосурфактантов препятствует недостаток экономических и универсальных продуктов. В настоящее время существует только очень ограниченное предложение коммерчески доступных биосурфактантов, например сурфактина, софоролипидов и рамнолипидов. Разнообразие новых биосурфактантов, соответственно продуцирующих штаммы, является ключевой проблемой в преодолении экономических препятствий на пути производства биосурфактантов. Поэтому необходимо приложить больше усилий для открытия новых микроорганизмов, продуцирующих биосурфактанты, применяя широкий спектр различных методов скрининга, что является предметом данного обзора. Биосурфактанты – поверхностно-активные вещества, синтезируемые различными микроорганизмами. В последнее время исследования биоПАВов вызывают большой интерес, так как эти вещества не уступают химическим аналогам. Для них характерны экологичность, биоразлагаемость и высокая антимикробная активность. БиоПАВы применяются во многих отраслях промышленности (фармацевтической, косметической, пищевой, химической), в сельском хозяйстве и в экологии. Биосурфактанты представляют собой компоненты, которые эффективно снижают поверхностное натяжение среды, а также имеют высокую эмульгирующую активность. Микроорганизмы, обитающие в почве, загрязненной различными веществами (нефть, уголь и т.д.), выделяют биоПАВы экзогенного и эндогенного типа. Целью данного исследования является отбор микроорганизмов, синтезирующих биоПАВы, и изучение их биологических свойств.

Ключевые слова: бурой уголь, биосурфактанты, биосолюбилизация, биоконверсия, антимикробная активность, поверхностно-активные вещества (ПАВ), эмульгирующая активность.

Abbreviations

BioSAS – biosurface active substances.

1. Introduction

Nowadays brown coal gains high attention as an energy source due to the depletion of natural reserves, such as crude oil and natural gas. Over

96% of the world's brown coal is burned to generate electricity and heat. However, this process generates a large number of substances that lead to environmental pollution, mainly carbon oxides, nitrogen and sulfur. Alternative, environmentally friendly technologies is the bioconversion of brown coal [1]. There are three main mechanisms for the bioconversion of coal, including solubilization, depolymerization and utilization. The first of

these consists of the non-enzymatic dissolution of coal to form a black liquid. This process occurs at alkaline pH and is mediated by specific substances secreted by microorganisms, such as alkaline compounds, chelating agents and surfactants. An increase in pH during the solubilization of coal indicates the biosynthesis of alkaline substances. Their contribution to the biosolubilization of brown coal has been documented for strains of *Streptomyces sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* и *Pseudomonas putida* [2], [3]. Freshly mined lignite usually contains about 70% water. Its main components are humic acids with a molecular weight of 50 Da and more. Brown coal is a solid substance due to ionic interactions between negatively charged carboxyl groups and positively charged metal ions, mainly iron, calcium and magnesium. Therefore, the extraction of metal cations with chelating agents or bases increases the solubility of coal [4]. The second process, the depolymerization of coal, is mediated by enzymes and occurs at a pH below 6. Lignin-degrading oxidoreductases (lignin peroxidase, manganese-dependent peroxidase and laccase) and some hydrolases break down the bonds that support the three-dimensional structure of coal and release substances that have lower molecular weights and character fulvic acids [5], [6].

All of these reactions proceed faster when the substrate is oxidized, and therefore, researchers most often use leonardite or lignite, which has been pretreated with oxidizing agents to turn on oxygen atoms. Solutions of nitric acid, hydrogen peroxide and potassium permanganate or ozone are most often used for this purpose. The third way, the use of brown coal, is in its biological decomposition by various bacteria, yeast and filamentous fungi, which use the components of the moving part of lignite as carbon sources [7]. In the past few years, the number of publications on the bioconversion of brown coal has been lower than in the 1990. However, research in this area continued to improve processing methods. One interesting option is the bioconversion of brown coal under moderate conditions into a wide range of organic compounds. Other options include converting it to pure carbon or liquid fuel, which can be used for energy production and biological recovery [8].

Biotechnological transformation of coal structure is an environmentally safe method for the modification of carbon-containing raw materials. The use of such preprocessing minimizes the use of chemicals and the release of hazardous compounds to the environment. The advantage of biotechnological methods of processing coal in comparison with

chemical methods is that they occur at moderate temperatures and atmospheric pressure.

Interest in the bioconversion of coal is growing steadily, due to the negative consequences for the environment arising from the use of fossil coal as an energy source. This problem is particularly relevant for countries with a high level of production and use of coal. The processes of biological conversion of coal, and above all brown, are the subject of numerous studies [9].

The main directions of foreign studies on the bioprocessing of brown coal are aimed at increasing their efficiency and environmental safety, as well as at obtaining demanded chemical products [10]. There are also examples of the use of bio-treated coal as a raw material for the production of various types of products, such as binders for briquetting and granulating brown coal. It is well known that the general creation of biosurfactants is hampered by the lack of economical and universal products. Currently, there is only a very limited supply of commercially available biosurfactants, such as surfactin, sophorolipids and rhamnolipids. A variety of new biosurfactants, respectively producing strains, is a key problem in overcoming economic barriers to the production of biosurfactants. Therefore, it is necessary to make more efforts to discover new microorganisms that produce biosurfactants, using a wide range of different screening methods, which is the subject of this study.

Biosurfactants are surfactants produced by microorganisms. They are biodegradable, non-toxic, and can replace synthetic surfactants. Biosurfactants accelerate the destruction of soil pollutants and plant growth, and also have antimicrobial activity. Since obtaining biosurfactants is a rather expensive process, interest in them is growing due to the possibility of their use in environmental protection, oil, food and pharmaceutical industries instead of synthetic surfactants, since they are less toxic, active in lower concentrations and synthesized by microorganisms from renewable materials. Bacteria that produce surfactants are found in the water, in the soil and on the leaves of plants, but, as a rule, the search for producers synthesizing them in large quantities is carried out in soils contaminated with heavy metals and petroleum products.

Biosurfactants can be divided into low molecular weight molecules that effectively reduce surface and interfacial tension. For example, glycolipids, such as trehalose lipids, sophorolipids and rhamnolipids, or lipopeptides, such as surfactin, gramicidins and polymyxins. As well as high molecular weight molecules, which are more effective at stabilizing

the oil in aqueous emulsions, i.e., they are tightly bound to surfaces. These include amphipathic polysaccharides, proteins, lipoproteins, lipids, or complex mixtures of these biopolymers. Chemically synthesized surfactants are usually classified according to the nature of the polar group – cationic, anionic and nonanionic. Biosurfactants are compounds of different nature – glycolipids, lipoproteins, neutral lipids, phospholipids, fatty acids and polymers, a common feature is the presence of hydrophilic and hydrophobic parts in the composition of molecules. In general, producers of biosurfactants are *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Bacillus spp.* and *Candida spp.*, which use them to emulsify insoluble substrates, improve mobility, adhesion, preserve extracellular carbon and protect against osmotic stress, so their production depends largely on growth conditions [11].

From the point of view of environmental protection, biosurfactants are interesting as substances that facilitate the access of microorganisms and plants to soil pollutant molecules, which accelerates the bioremediation process. The active groups of biosurfactants (hydroxyl, amino groups, carbonyl groups) form complexes with heavy metals. In addition, biosurfactants can interact with hydrocarbons and pesticides. Different biosurfactants differ in the effectiveness of their influence on the bioremediation processes and their specificity to certain substances. For example, biosurfactants of different strains of *P. aeruginosa* interact in different ways with different hydrocarbon pollutants. Some increase the bioavailability of pyrene, others – phenanthrene or fluorene. Even if the biosurfactant is specific to one of the hydrocarbons, other pollutants are also activated in its presence [12].

Antimicrobial activity of biosurfactants

Microbial compounds that exhibit pronounced surface and emulsifying activity are classified as biosurfactants. Biosurfactants include a wide range of chemical structures, such as glycolipids, lipopeptides, polysaccharide-protein complexes, phospholipids, fatty acids and neutral lipids. Therefore, it is reasonable to expect different properties and physiological functions for different groups of biosurfactants. In addition, these molecules can be made specifically for various applications by changing the substrate for growth or growth conditions. Although most biosurfactants are considered secondary metabolites, some of them can play a significant role in the survival of

microorganisms that produce biosurfactants, by facilitating nutrient transport or the interaction of host microorganisms or as biocidal agents [13].

The roles of biosurfactant include an increase in surface area and bioavailability of hydrophobic water-insoluble substrates, the binding of heavy metals, bacterial pathogenesis and the determination of quorum and the formation of biofilms. Most of the work on the application of biosurfactants was focused on their use in the environmental field due to their diversity, environmentally friendly nature, suitability for large-scale production and selectivity. Despite their potential and biological origin, only a few studies have been conducted on applications related to the biomedical field. Some biosurfactants are suitable alternatives to synthetic drugs and antimicrobial agents and can be used as safe and effective therapeutic agents. The use and potential commercial use of biosurfactants in the medical field has increased over the last decade. Their antibacterial, antifungal and antiviral activity makes them appropriate molecules for use in the fight against many diseases and as therapeutic agents. In addition, their role as anti-adhesive agents against several pathogenic microorganisms indicates their applicability as suitable anti-adhesive coating agents for medical introductory materials, resulting in a reduction in a large number of nosocomial infections without the use of synthetic drugs and chemicals. Microbial surfactants have several advantages over chemical surfactants, such as lower toxicity; higher biodegradability and efficacy at extreme temperatures or pH values. Many of the potential applications considered for biosurfactants depend on whether they can be produced economically; however, great efforts have been made to optimize the process, as well as at the engineering and biological levels. The production of biosurfactants from low-cost substrate wastes has been reported, which reduces the cost of their production. In addition, legal aspects, such as stricter regulations on environmental pollution from industrial activities and health standards, will also greatly affect the chances of biodegradable biosurfactants to replace their chemical counterparts [14].

2. Materials and Methods

1.1 Brown coal preparation.

Brown coals of the Oikaragai (OLI) deposit of the Raiymbek district of the Almaty region, 300 km from Almaty, in the border zone with China were taken as feedstock [15]. The density of the organic mass is 1.2-1.5 g / cm³. heat of combustion of the

combustible mass of 22.6-31 MJ / kg. The ash content of coal was 6-16%. For the experiment, ground brown coal with a diameter <2 µm was used.

2.2 Biological material.

The following collectible pure cultures isolated from brown coal and oil were used in this study: RKB 1 (*Acinetobacter pittii*), RKB 2 (*Bacillus* sp.), RKB 5 (*Delfia* sp.), RKB 7 (*Bacillus* sp.), RKB 10 (*Providencia vermicola*), KE 1 (*Bacillus anthracis*), KB 2 (*Bacillus cereus*), JM 3 (unidentified). RKB 1, RKB 2, RKB 5, RKB 7, RKB 10 strains were isolated from coal, while KE 1, KB 2 and JM 3 from oil samples.

2.2. Biosurfactant activity

The strains were cultured in 200 ml flasks containing 100 ml of LB medium (1% (v/v) inoculum) at 30°C and a stirring speed of 150 rpm for 24 hours. Then 5% (w/v) of sterile ground brown coal was added to the nutrient broth of each inoculum, and the cultivation was continued for 7 days at 37°C (150 rpm). The controls contained only LB medium supplemented with coal (without inoculum). Samples of culture broth (5 ml) were collected under sterile conditions every few days and centrifuged at 3500 rpm for 30 min. The absorbance at 450 nm was measured, which is used to determine the degree of biosolubilization [16].

2.4 Determination of emulsifying ability

The emulsifying capacity of the biosurfactant was determined by measuring the emulsification index (E_{24}) [17]. The emulsifying activity was measured by adding 4 ml of a cell-free culture after 72 hours of fermentation to 6 ml of a hydrophobic compound (xylene, *n*-pentane, kerosene and crude oil) in a glass vial with a 10 ml screw cap and shaking vortex for 2 min. After 24 hours of storage, the height of the emulsion layer was measured and E_{24} was calculated.

$$E_{24} = \frac{EZ}{TH} \times 100\%$$

where EZ is the height of the emulsion layer; TH is the total height of the mixture. E_{24} correlates with the concentration of surfactant. Assessing the ability to emulsify is a simple screening method, suitable for the first screening of microorganisms producing biosurfactants. It is used in many screenings, while kerosene may be replaced by other hydrophobic compounds, such as hexadecane. But surface activity and emulsifying ability do not always correlate. Therefore, this method only gives an idea of the presence of biosurfactants [17].

2.5 Antimicrobial activity

Method. A disk diffusion technique was performed.

1) Inoculated isolates (RKB 1, RKB 2, RKB 5, RKB 7, RKB 10, KE 1, KB 2 and JM 3) were centrifuged at 3500 rpm for 30 min, the resulting supernatants were used to determine antimicrobial activity against the pathogen.

3) The suspension of the test organism was inoculated into sterile petri dishes with nutrient agar.

4) Nutrient agar was poured onto sterile empty cups and allowed to harden.

5) When cured, sterile discs were immersed in the supernatant and placed under aseptic conditions on solidified agar.

6) Kept for diffusion at 4°C for 30 min.

7) After diffusion, incubated at 37°C for 24 hours.

After 24 hours of incubation around the discs, growth zones were observed [18].

3. Results and Discussion.

Emulsifying activity of the strains RKB 1, RKB 2, RKB 5, RKB 7, RKB 10, KE 1, KB 2 and JM 3 (E_{24}).

The ability to stabilize an emulsion is an indication that the microorganism produces a biosurfactant [19]. High emulsifying activity is important for the application of biosurfactants [20]. Emulsifying activity was measured by adding 2 ml of cell-free culture after 7-day fermentation in 2 ml of hydrophobic compound (kerosene, gasoline, diesel, olive oil, chloroform and hexane) to a 15-ml screw-cap glass tube and shaken vortex for 2 minutes. After 24 hours of storage, the height of the emulsion layer was measured and the emulsifying index (E_{24}) was calculated (Table 1).

The emulsification rates of the strains RKB 1, RKB 2, RKB 5, RKB 7, RKB 10, KE 1, KB 2 and JM 3 formed between several typical hydrocarbons and the cell-free supernatant of the strains RKB 1, RKB 2, RKB 5, RKB 7, RKB 10, KE 1, KB 2 and JM 3 after 7 days of cultivation at 37 °C, are shown in Table 1.

Biosurfactants are microbial amphiphilic polymers and polyphilic polymers that tend to interact with the interface between two phases in a heterogeneous system, defined as an interface. For all interfacial systems, it is known that organic molecules from the aqueous phase tend to immobilize at the solid interface. There, they eventually form a film, known as a conditioning

film, which changes the properties (wettability and surface energy) of the original surface. By analogy with organic conditioning films, biosurfactants can interact with interfaces and affect adhesion and bacteria separation. [21].

E_{24} correlates with the concentration of surfactant. Assessing the ability to emulsify is a simple screening method, suitable for the first screening of microorganisms producing biosurfactants. It is used in

many screenings, while kerosene may be replaced by other hydrophobic compounds, such as hexadecane. But surface activity and emulsifying ability do not always correlate. Therefore, this method only gives an idea of the presence of biosurfactants.

Biosurfactant RKB5 (E_{24} – 56.7%), RKB 10 (E_{24} – 60.0%) and RKB 2 (E_{24} – 33.3%) had the highest emulsifying activity on chloroform from six types of hydrocarbons (Fig. 1).

Table 1 – Emulsifying activity of strains

Strains	Benzene		Diesel		Kerosene		Olive oil		Chloroform		Hexane	
	EZ	TH	EZ	TH	EZ	TH	EZ	TH	EZ	TH	EZ	TH
RKB 1	3.0	0.2	2.2	0.2	2.5	0.2	3.0	0.4	2.5	0.7	2.0	0.1
RKB 2	4.0	0.3	2.7	0.5	2.5	0.3	2.7	0.5	3.0	1.0	2.5	0.2
RKB 5	2.1	0.1	2.7	0.2	3.0	0.3	3.0	0.8	3.0	1.7	2.3	0.3
RKB 7	2.2	0.2	2.3	0.3	2.3	0.2	2.5	0.5	2.0	0.1	2.0	0.1
RKB 10	3.0	0.2	2.7	0.2	2.5	0.3	2.5	0.7	2.5	1.5	2.0	0.1
КЭ 1	2.0	0.1	2.1	0.1	2.3	0.2	2.5	0.3	2.2	0.2	2.0	0.1
КБ 2	2.0	0.2	3.0	0.2	2.1	0.2	2.3	0.3	2.5	0.3	2.2	0.1
ЖМ 3	2.4	0.2	2.5	0.3	2.8	0.2	2.5	0.7	3.5	2.0	2.0	0.2

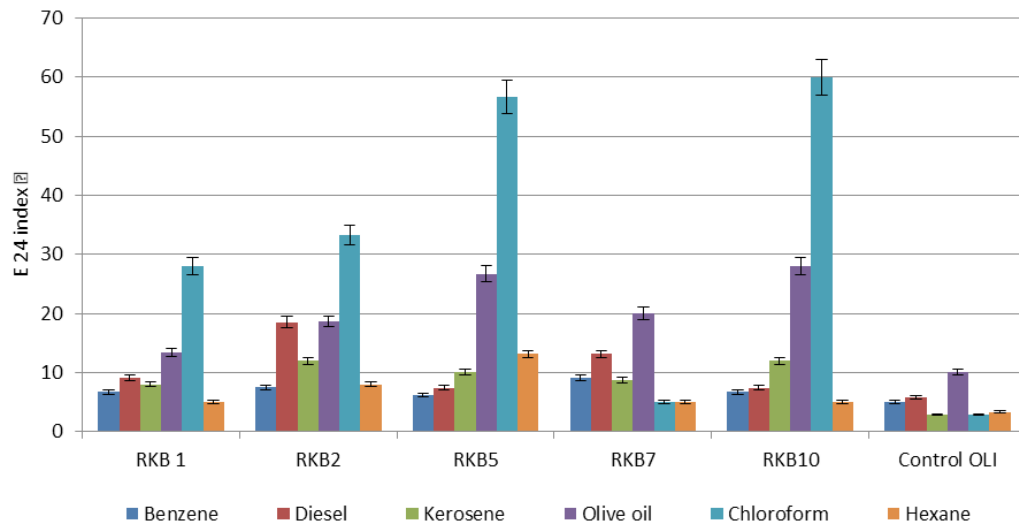


Figure 1 – Emulsifying activity of strains RKB 1, RKB 2, RKB 5, RKB 7, RKB 10

The second high emulsifying activity is olive oil ((RKB5 (E_{24} – 26.7%), RKB 10 (E_{24} – 28.0%) and RKB 2 (E_{24} – 18.6%)), the third high emulsifying activity is diesel, kerosene, gasoline and the lowest emulsifying activity (E_{24} – 5.0%) is on hexane (strain RKB 1). Biosurfactant produced by strain

RKB 2, RKB 5, RKB 10 was more stable than biosurfactant produced by strains RKB 1 and RKB 7.

Biosurfactants KB 2 (E_{24} – 60.0%) and JM 3 (E_{24} – 57.1%) had the highest emulsifying activity on chloroform from six types of hydrocarbons (Fig. 2). Emulsifying activity on olive oil KB 2 (E_{24} – 13.1%),

JM 3 ($E_{24} - 28.0\%$) and KE 1 ($E_{24} - 12.0\%$), on diesel KB 2 ($E_{24} - 6.7\%$), JM 3 ($E_{24} - 12\%$) and KE 1 ($E_{24} - 4.8\%$), on kerosene KB 2 ($E_{24} - 9.5\%$), JM 3 ($E_{24} - 7.1\%$) and KE 1 ($E_{24} - 8.7\%$), on gasoline KB 2 ($E_{24} - 10.0\%$), JM 3 ($E_{24} - 8.3\%$) and KE 1 ($E_{24} - 5.0\%$) and the lowest emulsifying activity ($E_{24} - 5, 0\%$) is on hexane (KE 1 strain).

Biosurfactants produced by RKB 2, RKB 5, RKB 10, KB 2, JM 3 strains were more stable than

biosurfactants produced by RKB 1, RKB 7 and KE 1. The results showed that all hydrocarbons, such as chloroform, olive oil, kerosene and diesel, were fully emulsified by isolated biosurfactant produced by strains RKB 2, RKB 5, RKB 10 and JM 3. This implies that biosurfactants produced by strains RKB 2, RKB 5, RKB 10 and JM 3 can emulsify not only aromatic compounds, and hydrocarbons with short and long chains.

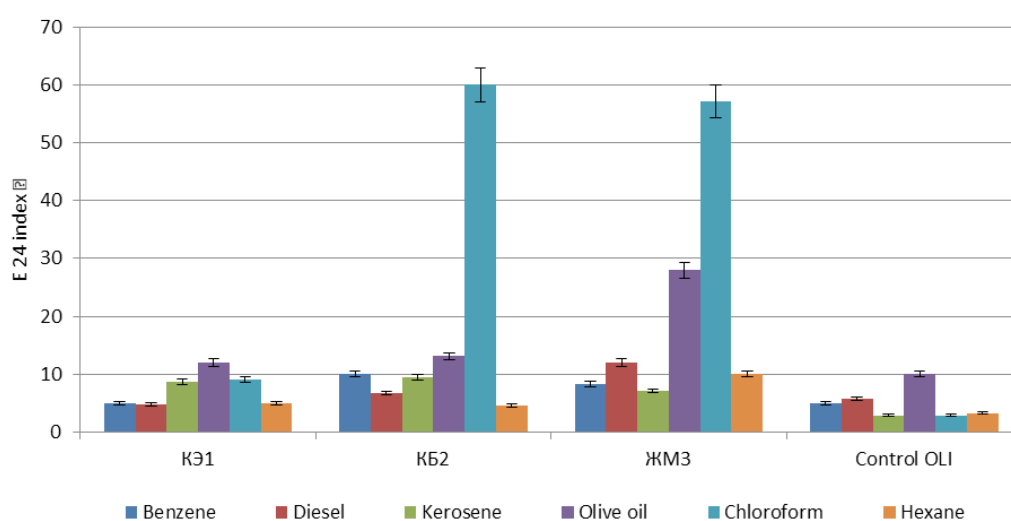


Figure 2 – Emulsifying activity of strains KE 1, KB 2, JM 3

Surfactants are a large group of organic compounds whose characteristics are reduced surface tension, wetting and foaming properties, as well as antimicrobial activity. The differentiated properties of these substances are due to the different chemical structure of the individual compounds. Most natural biosurfactants have a common negative or rarely

positive charge. Gottenbos et al. [22] demonstrated that the positively charged surfaces of the biomaterial have an antimicrobial effect on gram-negative bacteria tested, but not on gram-positive bacteria.

According to the above studies, the antimicrobial properties of the isolated cultures were investigated (Table 2).

Table 2 – Antimicrobial activity, mm

<i>Bacillus subtilis</i>	1 disc, mm	2 disc, mm	3 disc, mm	4 disc, mm
RKB1	4±0,2	3±0,3	3±0,2	1±0,3
RKB2	5±1,0	4±1,5	2±2,0	4±1,0
RKB5	3±1,5	5±1,0	2±1,0	3±2,0
RKB7	3±2,0	3±2,0	3±2,0	2±1,0
RKB10	5±2,0	4±2,0	2±2,5	3±2,5
KE1	5±2,5	5±1,5	3±3,5	4±2,0
KB2	3±2,0	3±2,5	4±2,0	5±1,5
JM3	8±2,0	7±3,0	7±1,5	5±2,5

According to the results of the study, the data showed that the RKB 2, RKB 5, RKB 10 and KE 1, JM 3 strains have high antimicrobial activity than the RKB1, RKB7 and KB 2 strains. And this indicates that positively charged surfaces of the biomaterial have antimicrobial effect on gram-negative bacteria tested. Thus, studies have shown that microorganisms possessing antimicrobial activity and are able to release surfactants can decompose and / or biosolve fossil fuels, such as brown coal and oil.

Conclusion

The characteristic of the emulsifying activity of microorganisms is given. The results of the study showed that all hydrocarbons, such as chloroform, olive oil, kerosene and diesel, were fully emulsified with isolated biosurfactants produced by strains RKB 2, RKB 5, RKB 10 and JM 3. This means that the resulting biosurfactants can emulsify not only aromatic compounds, as well as hydrocarbons with short and long chains. The antimicrobial activity of the isolated strains was studied, where the strains RKB 2, RKB 5, RKB 10, CE 1, and LM 3 showed

high antimicrobial activity. From the selected cultures, 2 strains were selected that are promising for the biosolubilization of low-grade coals in order to be able to use them in the agro- and processing industries.

Conflict of interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and do not have a conflict of interest.

Acknowledgements

The authors are grateful to Azhar Zhubanov for valuable recommendations, by writing an article. We are also grateful to Leonid Digel for providing the biosurfactant mechanism.

Funding

This research work was supported by the National Grant Program of Kazakhstan for 2018-2020. Research project ID: AP05134797

References

- 1 Dai H., Xiek U. Lignite utilization technology. // BeiJing: Coal industry press, – 2008. – Vol. 8. – P. 4-7.
- 2 Yong W., Petersen J.N., Kaufman E.N. Modeling the biological solubilization of coal in a Liquid Fluidized-Bed Reactor // *Appl Biochem Biotechnol.* – 2005. – Vol. 51, No. 52. – P. 437-447.
- 3 Fakoussa R.M, Hofrichter M. Biotechnology and microbiology of coal degradation // *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, – 2009. – Vol. 52. – P. 25–40.
- 4 Gupta A., Birenda K. Biogasification of coal using different sources of microorganisms // *Fuel.* – 2010. – Vol. 79. – P. 103–105.
- 5 Helena M., Kamila P., Anna P. Microbial degradation of low rank coals // *Fuel Process Technol.* – 2012. – Vol. 77/78. – P. 17–23.
- 6 Crawford D.L., Gupta R.K. Characterization of extracellular bacterial enzymes which depolymerize a soluble lignite coal polymer // *Fuel* – 2005. – Vol. 70. – P. 577–580.
- 7 Davison B.H., Nicklaous D.M., Misra A., Lewis S.N., Faison BD. Utilization of microbially solubilized coal // *Appl Biochem Biotechnol.* – 2009. -Vol. 24, No 25. – P. 447–56.
- 8 Xu X.H., Chen C.H., Qi H.Y. Development of coal combustion pollution control for SO₂ and NO_x in China // *Fuel Processing Technol.* – 2000. – Vol. 62, No. 2/3. – P. 153-160.
- 9 Nakagawa H., Namba A., Böhlmann M., Miura K. Hydrothermal dewatering of brown coal and catalytic hydrothermal gasification of the organic compounds dissolving in the water using a novel Ni/carbon catalyst // *Fuel.* – 2004. – Vol. 83, No. 6. – P. 719-725.
- 10 Badis A., Ferradji F.Z., Boucherit A., Fodil D., Boutoumi H. Characterization and biodegradation of soil humic acids and preliminary identification of decolorizing actinomycetes at Mitidja plain soil (Algeria) // *Microbiol Res.* – 2009. – Vol. 3, No. 13. – P. 997-1007.
- 11 Batista S, Mouteer A, Amorim F. et al. Isolation and characterization of bacteria producing biosurfactant / bioemulsifier from oil-contaminated sites. *Bioresource Technol.* 2006; 97 (6): 868–875.
- 12 Chen C, Baker S, Darton R. The use of high-performance analysis method for screening potential biosurfactants from natural sources. *J Microbiological methods.* 2007; 70 : 503–510.
- 13 Gianì C, Wullbrandt D, Rother R. et al. Hoechst Aktiengesellschaft, Frankfurt am Main. *Pseudomonas aeruginosa* and its use in the process of biotechnological preparation of L-rhamnose. USA Patent. 2007; 5 : 658–793.
- 14 Aiad I. A., Badawi A.M., El-Sukkary M.M., El-Sawy A.A., Adawy A.I. 2012, Synthesis and Biocidal Activity of Some Naphthalene-Based Cationic Surfactants. *Journal of Surfactants and Detergents*, vol. 15, issue 2, pp. 223-234.

- 15 Schilling H.D. Long-term perspectives for coal energy needs versus environments protection // Erdol-Erdgas-Kohle.- 2007,- 113, № 9,- P. 346-348.
- 16 Badawi A.M., Mekawi M.A., Mohamed A.S., Mohamed M.Z., Khowdairy MM. 2007, Surface and Biological Activity of Some Novel Cationic Surfactants. *Journal of Surfactants and Detergents*, vol. 10, pp. 243–255.
- 17 Bento F, Camargo F, Okeke B. et al. A variety of biosurfactants producing microorganisms isolated from soils contaminated with diesel fuel. *Microbiol Res.* 2005; 160 (3): 249–255.
- 18 Bodur A., Miller-Mayer R. The use of modified methods of drop formation for the quantitative determination of surfactant and screening of microorganisms that produce biosurfactants. *J Microbiological methods.* 2007; 32 (3): 273–280.
- 19 Lang S., Wagner F. Biosurfactants from marine microorganisms. In: Kosaric N, ed. *Biosurfactants: production, properties, application.* New York: Marcel Dekker. 2003: 391-417.
- 20 Yakimov M., Timmis K., Ray V. and others. Characteristics of a new lipopeptide surfactant produced by a thermotolerant and halotolerant subsurface of *Bacillus licheniformis* BAS50. *Appl Environ Microbiol.* 2005; 61 (5): 1706–1713.
- 21 Persson A., Molin G. Ability to produce biosurfactants from the environment *Pseudomonas* and *Vibrionaceae* growing on carbohydrates. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2007; 26 (5): 439–442.
- 22 Bosch M, Robert M, Mercadé M. et al. Surface-active compounds on microbial cultures. *Surface-active surfactants.* 2008; 25 : 208–211.

References

- 1 Aiad I. A., Badawi A.M., El-Sukkary M.M., El-Sawy A.A., Adawy A.I. (2012), Sintez kationnykh poverhnostno – aktivnykh veshstv na osnove naftalina i biosidnaya aktivnost' [Synthesis and Biocidal Activity of Some Naphthalene-Based Cationic Surfactants]. *Journal of Surfactants and Detergents*, vol. 15, issue 2, pp. 223-234.
- 2 Badawi A.M., Mekawi M.A., Mohamed A.S., Mohamed M.Z., Khowdairy MM. (2007), Poverhnostno i biologicheskaya aktivnost' nekotorykh novykh kationnykh poverhnostno – aktivnykh veshstv [Surface and Biological Activity of Some Novel Cationic Surfactants]. *Journal of Surfactants and Detergents*, vol. 10, pp. 243–255.
- 3 Badis A., Ferradji F.Z., Boucherit A., Fodil D., Boutoumi H. (2009) Haracteristika i biodegradacia pochvennykh guminovykh kislot I predvaritel'naya identifikacia obessvechivaiushih aktinomicetov na pochve ravnini Mitidji (Alzhir) [Characterization and biodegradation of soil humic acids and preliminary identification of decolorizing actinomycetes at Mitidja plain soil (Algeria)] . *Microbiol Res*, vol. 3, no. 13, pp. 997-1007.
- 4 Batista S, Mounteer A, Amorim F. et al. (2006) Vydeleniya i harakteristika bakterii, produciruiushih biosurfactant / bioemulgator iz zagreznennykh neft,iu uchastkov [Isolation and characterization of bacteria producing biosurfactant / bioemulsifier from oil-contaminated sites]. *Bioresource Technol*, vol. 97, no 6, pp. 868–875.
- 5 Bento F, Camargo F, Okeke B. et al. (2005) Raznoobrazie Raznoobrazie biosurfaktantov, producirovannykh mikroorganizmy, vydelennye iz pochv, zagreznennykh dizельным топливом [A variety of biosurfactants producing microorganisms isolated from soils contaminated with diesel fuel]. *Microbiol Res*, vol. 160, no. 3, pp. 249–255.
- 6 Bodur A., Miller-Mayer R. (2007) Ispol'zovaniya modifitsirovannykh metodov kapleobrazovaniya dlya kolichestvennogo opredeleniya surfaktanta i skrininga mikroorganizmov, produciruiushih biosurfaktanty [The use of modified methods of drop formation for the quantitative determination of surfactant and screening of microorganisms that produce biosurfactants]. *J Microbiological methods*, vol. 32, no. 3, pp. 273–280.
- 7 Bosch M, Robert M, Mercadé M. et al. (2008) Poverhnostno – aktivnoe soedineniya na mikrobykh kul'turakh [Surface-active compounds on microbial cultures]. *Surface-active surfactants*, vol. 25, pp. 208–211.
- 8 Chen C, Baker S, Darton R. (2007) Ispol'zovaniya vysokoeffektivnogo metoda analiza dlya skrininga potencial'nykh biosurfaktantov iz prirodnykh istochnikov [The use of high-performance analysis method for screening potential biosurfactants from natural sources]. *J Microbiological methods*, vol. 70, pp. 503–510.
- 9 Crawford D.L., Gupta R.K. (2005) Haracteristica vnekletichnykh bakterial'nykh fermentov, kotorye depolimerizuet rastvorimy ugol'nyy polimer lignite [Characterization of extracellular bacterial enzymes which depolymerize a soluble lignite coal polymer] // *Fuel*, vol. 70, pp. 577–580.
- 10 Dai H., Xiek U. (2008) *Technologiya utilizacii lignite* [Lignite utilization technology]. BeiJing: Coal industry press, vol. 8, pp. 4 – 7.
- 11 Davison B.H., Nicklaous D.M., Misra A., Lewis S.N., Faison BD. (2009) Utilizaciya mikrobnno – solubilizirovannogo uglya [Utilization of microbially solubilized coal]. *Appl Biochem Biotechnol*, vol. 24, no. 25, pp. 447–56.
- 12 Fakoussa R.M, Hofrichter M. (2009) Biotechnologiya i microbiologiya ugol'noi degradacii [Biotechnology and microbiology of coal degradation]. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, vol. 52, pp. 25–40.
- 13 Giani C, Wullbrandt D, Rothert R. et al. (2007) [Hoechst Aktiengesellschaft, Frankfurt am Main. *Pseudomonas aeruginosa* and its use in the process of biotechnological preparation of L-rhamnose]. *USA Patent*, vol. 5, pp. 658–793.
- 14 Gupta A., Birenda K. (2010) Biogazivikaciya uglya s ispol'zovaniem razlichnykh istochnikov mikroorganizmov [Biogasification of coal using different sources of microorganisms]. *Fuel*, vol. 79, pp. 103–105.
- 15 Helena M., Kamila P., Anna P. (2012) Mikrobnaya degradaciya nizkosortnykh uglei [Microbial degradation of low rank coals]. *Fuel Process Technol*, vol. 77/78, pp. 17–23.
- 16 Lang S., Wagner F. (2003) Biosurfaktanty iz morskih mikroorganizmov [Biosurfactants from marine microorganisms]. In: Kosaric N, ed. *Biosurfactants: production, properties, application.* New York: Marcel Dekker, pp. 391-417.

17 Nakagawa H., Namba A., Böhlmann M., Miura K. (2004) Gidrometal'noe obezvozhivanie burgoo uglya i kataliticheskaya gidrotermal'naya gazifikaciya rastvorenyh v vode organicheskikh soedinenii s ispol'zovaniem anovel Ni/uglerodnogo katalizatora [Hydrothermal dewatering of brown coal and catalytic hydrothermal gasification of the organic compounds dissolving in the water using novel Ni/carbon catalyst]. *Fuel*, vol. 83, no. 6, pp. 719-725.

18 Persson A., Molin G. (2007) Sposobnost' producirivat' biosurfactanty iz sredy *Pseudomonas* i *Vibrionaceae*, rastushih na uglevidah [Ability to produce biosurfactants from the environment *Pseudomonas* and *Vibrionaceae* growing on carbohydrates]. *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 26, no. 5, pp. 439-442.

19 Schilling H.D (2007) Dolgosrochnye perspektivi ugol'noi energetiki nuzhdaiutsia v zashite okruzhaiushi sredy [Long-term perspectives for coal energy needs versus environments protection]. *Erdol-Erdgas-Kohle*, vol. 113, no. 9, pp. 346-348.

20 Xu X.H., Chen C.H., Qi H.Y. (2000) Razvitie kontrolya za zagrezeniyam ot sjiganii uglya dlya SO₂ i NO_x v Kitae [Development of coal combustion pollution control for SO₂ and NO_x in China] *Fuel Processing Technol*, vol. 62, no. 2/3, pp. 153-160.

21 Yakimov M., Timmis K., Ray V. and others. (2005) Haracteristica novogo lipidnogo poverhnostno – aktivnyh veshstva, produciruemogo termotoleratnoi i galotolerantnoi poverhnostiu *Bacillus licheniformis* BAS50 [Characteristics of a new lipopeptide surfactant produced by a thermotolerant and halotolerant subsurface of *Bacillus licheniformis* BAS50]. *Appl Environ Microbiol*, vol. 61, no. 5, pp. 1706-1713.

22 Yong W., Petersen J.N., Kaufman E.N. (2005) Nodelirovaniya biologicheskoi soluibilizacii uglya v reaktore s psevdoozhizhennym sloem [Modeling the biological solubilization of coal in a Liquid Fluidized-Bed Reactor]. *Appl Biochem Biotechnol*, vol. 51, no. 52, pp. 437-447.

**Rysbekov K.¹, Usen K.², Akhtaeva N.³,
Osmonali B.³, Nurmakhanova A.³, Mukanova G.³**

¹K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Botany and Phytointroduction, Kazakhstan, Almaty, e-mail: ussen.kapar@mail.ru

³al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: nursulu.akhtaeva@kaznu.kz

**EXAMINATION AND CURRENT STATE OF VEGETATION
OF TECHNOLOGICALLY DISTURBED LANDS OF SSGPO**

For the biological stage of reclamation of disturbed lands, the study of plant communities, the identification of dominant species and potential phytomeliorants of the local flora that are resistant to a complex of unique environmental conditions of technogenic formations are of paramount importance. The study of the comparative characteristics of natural and artificial vegetation overgrown with man-made man-made vegetation in the relationship of exploration of the subsoil by the open method, regime of disturbed land allotment, landscape, soil conditions and vegetation cover is a very important task.

The purpose of our research is to study the processes of natural overgrowing of dumps, the analysis of the results of previously carried out works on reclamation.

The study of the composition and structure of vegetation industrial dumps and adjacent areas was carried out using traditional methods of field geobotanical research.

We have analyzed the previous studies on the composition and structure of the vegetation of the Sokolov-Sarbay mining and processing production association (SSGPO), according to literary sources, local flora has been identified. By means of own research, an assessment of the current state of vegetation has been carried out, potential phytomeliorants have been identified for the subsequent biological stage of reclamation of disturbed lands located in similar natural and climatic zones of the republic.

The vegetation of a flat plateau-shaped dump mainly consists of formed by self-overgrown communities. Communities of steppe cereals and motley grass dominate. On the periphery of the dump, meadow cereals and motley grasses dominate along dug trenches. It consists mainly of herbaceous perennials, but the role of annuals and one–two-year-olds is also quite large. The phytocenoses are dominated by steppe species, from the ecological groups of plants – xerophytes. The participation of weed plants is small. At the end of 60 years after the formation of the dump, we can conclude that the natural zonal vegetation is almost restored – zonal steppe grass and forbs dominate in the vegetation cover, with the exception of artificially formed negative relief elements, where mosaic patterns are observed due to changes in the environmental conditions of the habitat.

Key words: vegetation, phytomeliorants, dominants, disturbed lands, dumps.

**Рысбеков К.¹, Усен К.², Ахтаева Н.З.³,
Осмонали Б.³, Нурмаханова А.³, Мұқанова Г.³**

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: ussen.kapar@mail.ru

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: nursulu.akhtaeva@kaznu.kz

**ССКББ-ның техногенді бұзылған жерлерінің өсімдіктер жабынының
қазіргі жағдайы және зерттелу деңгейі**

Бұзылған жерлердің рекультивациясының биологиялық кезеңін жүргізу үшін өсімдіктер қауымдастықтарының зерттеу, флораның доминатты түрлерін және потенциалды фитомелиоранттарын анықтау, техногенді түзілістердің өзіндік экологиялық жағдайларына төзімділігінде бірінші сатылы маңыздылығы бар. Ашық әдіспен жер қойнауын барлау, жер телімдерін бөлу, ландшафт, топырақ жағдайлары мен өсімдік жамылғыларының режимін

байланыстыру кезінде адам жасаған өсімдіктермен табиғи және жасанды өсімдіктердің салыстырмалы сипаттамаларын зерттеу өте маңызды.

Зерттеудің мақсаты – үйінділердің табиғи өсіп қалыптасу үдерістерін зерттеу, рекультивациялау бойынша жүргізілген жұмыстардың нәтижелерін талдау.

Өсімдіктердің өнеркәсіптік үйінділердегі және іргелес аумақтардағы құрамын және құрылымын зерттеу далалық геоботаникалық зерттеулердің дәстүрлі әдістерін қолдана отырып жүргізілді.

Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігінің территориясының өсімдіктер құрылымы мен құрамына жүргізілген жұмыстар бойынша алдын ала қарастырылған әдебиеттер арқылы анализ жасалынды. Өзіміздің зерттеу жұмыстарымызды жүргізу арқылы өсімдік жамылғысының қазіргі таңдағы жағдайы бағаланды, республиканың осындай табиғи-климаттық жағдайда орналасқан бұзылған жерлерінің рекультивациясының биологиялық кезеңінде пайдалануға болатын фитомелиоранттар анықталды.

Тегіс плато-тәрізді үйінділердің өсімдік жабыны көбінесе өзінен қалыптасқан қауымдастықтардан тұрады. Далалық астық тұқымдастары мен әртүрлі шөптер қауымдастықтары басым. Үйінділердің шетіндегі шөгінділердің үстінде шалғынды астық тұқымдастар мен әртүрлі шөптер басым өседі. Олардың құрамын негізінен көпжылдық шөптесін өсімдіктер құрайды, бірақ бір- және екі жылдық өсімдіктердің рөлі де өте үлкен. Фитоценоздар құрамында далалық түрлер басым, өсімдіктердің экологиялық тобы – ксерофиттер. Арам шөптердің қатысуы аз. 60 жыл аралығында қалыптасқан үйінділердің табиғи аймақтық өсімдіктер жабыны қалпына келді деп ұйғаруға болады, жасанды түрде қалыптасқан теріс рельефті элементтерден басқа, өсімдіктер жабынында аймақтық дала шөптері мен әртүрлі шөпті өсімдіктер басым болып келеді, оларда қоршаған орта жағдайларының өзгеруіне байланысты мозаикалық үлгілер байқалады.

Түйін сөздер: өсімдіктер жабыны, фитомелиоранттар, доминанттар, бұзылған жерлер, үйінділер.

Рысбеков К.¹, Усен К.², Ахтаева Н.З.³,
Осмонали Б.³, Нурмаханова А.³, Мұқанова Г.³

¹Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

²Институт ботаники и фитоинтродукции МОН РК, Казахстан, г. Алматы, e-mail: ussen.kapar@mail.ru

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: nursulu.akhtaeva@kaznu.kz

Изученность и современное состояние растительности техногенно нарушенных земель ССПО

Для проведения биологического этапа рекультивации нарушенных земель первостепенное значение имеет изучение растительных сообществ, выявление доминантных видов и потенциальных фитомелиорантов местной флоры, устойчивых к комплексу своеобразных экологических условий техногенных образований. Изучение сравнительной характеристики естественного и искусственного зарастания растительностью техногенных отвалов во взаимосвязи освоения недр открытым способом, режима нарушения площадей земельного отвала, ландшафта, состояния почвы и растительного покрова представляет весьма важную задачу.

Целью наших исследований является изучение процессов естественного зарастания отвалов, анализ результатов проведенных работ по рекультивации.

Изучение состава и структуры растительности промышленных отвалов и прилегающих территорий проводилось с использованием традиционных методов полевых геоботанических исследований.

Нами сделан анализ ранее проведенных работ по изучению состава и структуры растительности территории Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения (ССПО), по литературным источникам выявлен состав местной флоры. Путем проведения полевых исследований проведена оценка современного состояния растительности, выявлены потенциальные фитомелиоранты для последующего проведения биологического этапа рекультивации нарушенных земель, расположенных в подобных природно-климатических зонах республики.

Растительность плоского платообразного отвала в основном состоит из сформировавшихся путем самозарастания сообществ. Доминируют сообщества степных злаков и разнотравья. По периферии отвала по прорытым канавам доминируют луговые злаки и разнотравье. В ее состав входят преимущественно травянистые многолетники, но также довольно велика роль однолетних и одно- двулетних. В составе фитоценозов преобладают степные виды, из экологических групп двустенных – ксерофиты. Участие сорных растений невелико. По истечению

60 лет после образования отвала можно заключить, что естественная зональная растительность почти восстановлена – в растительном покрове преобладают зональные степные злаки и разнотравье, исключение составляют искусственно образованные отрицательные элементы рельефа, где наблюдается мозаичность ввиду изменения экологических условий местообитания.

Ключевые слова: растительность, фитомелиоранты, доминанты, нарушенные земли, отвалы.

Introduction

By Enterprises engaged in the extraction of coal, ferrous metals, and phosphorites located in Kostanay, Karagandy, Aktobe, East Kazakhstan, Pavlodar, Zhambyl, West Kazakhstan and Atyrau regions, have been accumulated significant dumps of mining and processing industry waste. Soil pollution at coal mining sites is patchy, which is explained by an imbalance of plant nutrients, the degree of anthropogenic pressure at the time of extraction, applied by agricultural technologies, the lack of continuous monitoring, and irregular reclamation work.

Most of the areas of disturbed lands of Kazakhstan are in the category of lands of industry, transport, communications, for the needs of space activities, defense, national security and other non-agricultural purposes.

In regional terms, the largest amount of disturbed land is in three regions, in Mangystau – 78.6 thousand hectares and worked out in 3.6 thousand hectares, in Karagandy – 45.3 thousand hectares and 10.6 thousand hectares, respectively, and Kostanay – 37.8 thousand hectares and 13.7 thousand hectares respectively.

In total, there are 346 enterprises and organizations in the republic that have disturbed lands on their territory. Only in 2017, 1.8 thousand hectares were disturbed in the republic, 0.6 thousand hectares of disturbed land were reclaimed and 1.2 thousand hectares of disturbed lands were recultivated. The largest area of disturbed land was reclaimed in Aktobe region 1.0 thousand hectares.

With the issues of reclamation of lands disturbed by industry in different climatic zones the scientists began to deal from the second half of the last century. Conducted the study of the agrochemical and water properties of man-made illusions of dumps, the natural overgrowing of uneven dumps, the creation of experimental plots, on which tested woody and herbaceous plants, has been developed agrotechnical measures to care for them [1-14].

The issues of natural and artificial restoration of vegetation in the conditions of open-cast mining were investigated in a complex at various levels of landscapes [11-14]. The study of the comparative

characteristics of the natural and artificial vegetation of man-made dump vegetation in the relationship of open-pit mining, the regime of violation of land allotment, landscape, soil conditions and vegetation cover is a very important task.

When carrying out the tasks of the project “Optimization of reclamation works in the open development of mineral deposits” by scientists of the Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev revealed that as the concentration of heavy metals in the soil increases, the contribution of melanin-containing micromycetes to the total microbial biomass increases and the proportion of light-colored hyphomycetes decreases. It has been established that under the influence of heavy metals in the structure of the fungal communities of the background zone, dominant positions (up to 85%) are occupied by dark-colored anamorphic fungi from the genera *Alternaria*, *Cladosporium* [15].

By us, in the framework of the project “Improving the management of technical and biological stages of reclamation of disturbed lands in open mining”, analyzed vegetation and conducted field research in the Sokolov-Sarbay mining and processing production association (SSGPO).

SSGPO is located in the northern part of the Turgai Trough, on the territory of the Turgai Plain. A characteristic feature of the relief of the Turgai Plain is a multitude of large and small lake basins, steppe saucers and depressions with aspen-birch pegs, less often elongated, very significant in size, but shallow depressions, which are traces of ancient troughs. Large, partially drying up lakes are confined to these depressions. Uvals alternating with lake depressions have very gentle slopes and flat outlines.

Dumps differ from the adjacent areas by the nature of the relief, the properties of the component soil, the moisture regime, and the content of mineral substances available to the plants. Substrate moistening at the dumps occurs mainly due to precipitation, and the moisture distribution is caused by the mechanical and mineralogical composition of the composing soils [16, 17].

The relief and exposure of dumps lead to a redistribution of moisture in the dumps, thereby affecting the process of overgrowing. Particularly

adverse conditions develop on the slopes of the southern exposure. If the humidity of tertiary soils (flasks) on the northern slopes is 40%, then on the slopes of the southern exposures it decreases to 10%, the northern slopes of the dumps have a more powerful snow cover (up to 54 cm on average, and in some places more than 120 cm). The slopes of the southern exposure as a result of exposure to winds of the southern and south-western direction in winter period are almost bare and in January the snow layer at the foot is only 19-20 cm.

At present SSGPO does not have funds for carrying out recultivation in large volumes. Therefore, it is of interest to study as the processes of natural overgrowing of waste dumps, as well as the analysis of the results of previously carried out remediation works.

Materials and Methods

The object of research is the vegetation of disturbed lands of the SSGPO territory located in Kostanay region.

The study of the composition and structure of vegetation of industrial dumps and adjacent territories was carried out using traditional methods of field geobotanical research [18-20], including: geobotanical description of the main plant communities; landscape and environmental profiling.

Vegetation cover consists of phytocenoses. In the composition and structure of the phytocenosis, internal patterns of plant interactions with each other and with the habitat are manifested. For each plant community is established a full floristic composition, determined the phases of the phenological development of certain species, morphometric parameters (height, habitus), life forms (trees, grass, bushes, etc.).

Description of vegetation is made on special forms, including the following sections:

a) *Name of the community.*

b) *Relief:* is noted a micro-relief, which may be of phytogenic, zoogenic origin.

c) *Moistening conditions:* atmospheric, groundwater, flowing, stagnant, the presence of runoff on the slopes.

d) *Projective soil cover by plants* is defined as the percentage of the area occupied by the projections of the aerial parts of all plants of the phytocenosis as a whole. It is expressed by the projective coverage in percent. The projective cover varies greatly in seasons and years, it is an indicator clearly reflecting changes in the environment.

e) *Aspect* – physiognomic characteristic of the community, reflecting the visually recorded features of the phytocenosis structure: the color of the main background species and the brightest colorful spots of flowering plants.

f) *Species composition of the community:* For each species are being noted the stratification, abundance, vital condition, placement, phenophase and true projective cover. A complete list of plants forming the phytocenosis is being compiled.

g) *Stratification (vertical structure):* determined by the height of the plants with the release of substages.

h) *Phenophase:* information on the phenological phases of plant development is important for characterizing the seasonal rhythm of the phytocenosis as a whole. The following main stages of seasonal development or phenological phases are distinguished: vegetation, budding, flowering, fruiting, vegetation after fruiting, dying out, and a state of rest.

i) *Surface condition:* is estimated clutter, ticking, burrows of earth shrew, stoniness, debris, etc.

j) *The influence of anthropogenic factors.*

The coordinates of the points of description of plant communities were determined by ground-based laser scanning.

Results and Discussion

Analysis of the results of experimental work on the reclamation of dumps showed that on a favorable substrate (quaternary loams, Neogene sands and sandy loams), the creation of phytocenoses cultures is possible by sowing herbaceous plants and planting trees and shrubs without additional agrotechnical measures. On an unfavorable substrate (flask and Chegan clay), the creation of plant phytocenoses is possible only if the surface of the substrate is covered with a soil fertile layer, and in some cases subject to the application of mineral fertilizers. It is noted that for the reclamation of dumps of iron ore quarries most environmentally plastic such phytomeliorants as: white birch (*Betula pendula* Roth), mixture of legumes: sainfoin (*Onobrychis*), clover (*Trifolium*), alfalfa (*Medicago*), melilot (*Melilotus*) and several others. Grass mixtures of cereals are also plastic: bonfire (*Bromus*), wheatgrass (*Elytrigia*), timothy (*Phleum*).

The current state of the vegetation of the project area was carried out in 2018. The quarry, the Southeast dump of the Sarbay field and the territories adjacent to them were visited.

Various species of trees and shrubs grow on the sides of the quarry: hanging birch (*Betula pendula* Roth), American maple (*Acer negundo* L.), Ash willow (*Salix cinerea* L.), Shrub Caragana (*Caragana frutex* (L.) K. Koch), double-twisted currant (*Ribes diacantha* Pall.), Wild rose prickly (*Rosa spinosissima* L.), *filipendula* (*Spiraea crenata* L.), Cotoneaster (*Cotoneaster melanocarpata* Lodd., G. Lodd. & W. Lodd.), Elaeagnus (*Elaeagnus*), Sea Buckthorn (*Hippophae*), some of which were planted earlier in the process of agrotechnical measures (Figure 1a – Quarry and adjacent territory).

The dominant type of vegetation cover is sod-cereal steppes on ordinary chernozem. Dominate turf cereals – feather grass: reddish (*Stipa rubens* P. Smirn.) and Zalessky (*S. Zalesskyi* Wilensky), Welsh fescue (*Festuca valesiaca*

Gaudin). *Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy) is a significant contributor to the grass, mixed with *Helictotrichon* (*Helictotrichon desertorum* (Less.) Nevski) and motley grass (Figure 1b – Quarry and adjacent territory).

On the territories adjacent to the quarry, mainly motley grass-sod-cereal with wormwood community are prevalent. Alfalfa yellow, yarrow, yarrow tansy, mouse pea, swinging paniculum, Tartar breastwoman, immortelle, astragalus and others take part in the composition of the grass stand. The basis of the herbage is turf cereals – reddish feather grass and fescue. On low relief elements, on more wetted habitats are developed the Austrian wormwood-motley grass-coarse stalk cereal with shrubs of community (Figure 2 – Plains lowland vegetation).



a) General view of the quarry



b) Dominant vegetation

Figure 1 – Quarry and adjacent territory

The dominants of the herbage communities are coarse stalk cereals – southern reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.), wood small-reed (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth); motley grass consists of the above-mentioned steppe grasses. From polynyas, in addition to Austrian, in places there are also wormwood tarragon (*Artemisia dracuncululus* L.). From grasses in the flora of the project area are represented economically valuable and other species.

Among them are fodder plants: tuberiferous rank (*Lathyrus tuberosus* L.), crescent-shaped alfalfa (*Medicago falcata* L.), lupine-shaped clover

(*Trifolium lupinaster* L.), tufted vetch (*Vicia cracca* L.), comb grass (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.), meadow foxtail (*Alopecurus prétensis*), *Bromus inermis* (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), ground reed grass (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), creeping wheatgrass (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) cloves, spurge, *Galatella*, Jacob's ladder (Figure 3 – Some potential phytomeliorants from local flora).

The following medicinal plants are found: Ural licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.), large plantain (*Plantago major* L.), Marshall Thyme (*Thymus marschallianus* Willd.), Ziziphora

(*Ziziphora clinopodioides* Lam.), sweet clover (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), tansy (*Tanacetum vulgare* L.), dwarf everlast (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), yarrow (*Achillea millefolium* L.), Tartar saltfish (*Galatella tatarica* (Less.) Novopokr.), Swinging paniculata (*Gipsophylla*

paniculata L.), etc. There are poisonous plants that include: Cockerel (*Xanthium strumarium* L.), multi-flowered buttercup (*Ranunculus polyanthemus* L.), simple basil (*Thalictrum simplex* L.), black henbane (*Hyoscyamus niger* L.), bittersweet (*Solanum dulcamara* L.).



Coarse stalk cereal community



Single bush of Elaeagnus

Figure 2 – Plains lowland vegetation

The study of the vegetation of the Southeast dump, which is the very first dump of the deposit (1957) and the territory adjacent to it, was carried out by a detailed route method. The description of vegetation was carried out according to the traditional method of geobotanical research. In the course of the study, the most typical communities in different stages of succession were distinguished. A total of 11 plant communities were identified and described.

The vegetation of the adjacent territory is distinguished by a high projective cover (90-100%), with a slight predominance of cereal over the motley grass and some participation of Austrian wormwood. In the composition of the herbage cereal-motley grass with wormwood communities dominate – hedgehog team (*Dactylis glomerata* L.), creeping couch grass (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv.), Meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.), numerous species of motley grass are subdominant – Alfalfa (*Medicago*), Silverweed (*Potentilla*), true and tenacious bedstraw (*Galium verum* L., *G. aparine* L.), iris (*Iris*), heartwood (*Cardaria*), colza (*Barbarea*), yarrow (*Achillea*

millefolium L.), Convolvulus (*Convolvulus*), hard carnation (*Dianthus rigidus* M. Bieb.), Roots of tubers (*Lathyrus tuberosus* L.), Crescent-shaped alfalfa (*Medicago falcata* L.), Lupine-shaped clover (*Trifolium lupinaster* L.), tufted vetch (*Vicia cracca* L.), and others.

Characterized by the development of shrubs in the lowlands and depressions. The development of thickets of sucker indicates salinity and semi-hydromorphism of soils in the vicinity of the lake formed by urban runoff (Figure 4 – Vegetation of the adjacent territory).

On slopes of the eastern and southeastern exposition of the dump were formed wheatgrass-motley grass-cereal and wheatgrass-bluegrass-motley grass communities. The vegetation of the communities is composed of wheatgrass (*Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv.), Bluegrass (*Poa bulbosa* L.), steppe motley grass and cereals. In some places on more humid slopes, reed dominates in the composition of the stand, isolated shrubs are encountered (Figures 5 – Vegetation of dump; 6– Single bushes found on the dump).



Figure 3 – Some potential phytomeliorants from local flora

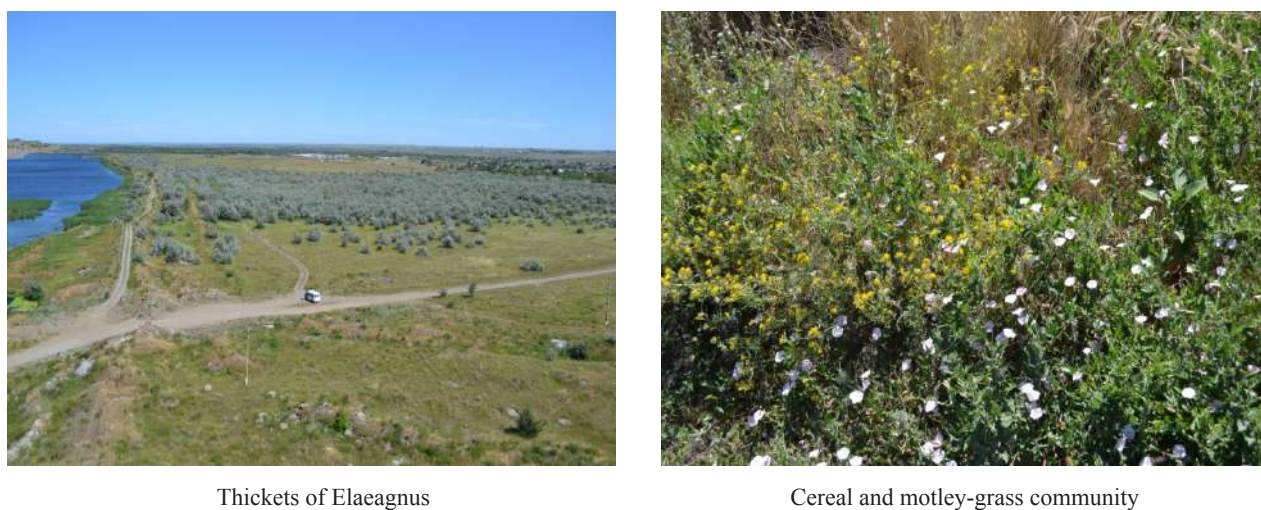


Figure 4 – Vegetation of the adjacent territory



a) Reed



b) Cereal



c) Wheat grass

Dump slope communities



d) Sod-cereal-motley-grass



e) Coarse stalk cereal



f) motley-grass-turf-grass

Upper lined part of the dump

Figure 5 – Vegetation of dump



a) Sea buckthorn bush



b) Bush of Eleaagnus



c) Poplar bush

Figure 6 – Single bushes found on the dump

The vegetation of a flat plateau-shaped dump mainly consists of formed by self-overgrown communities. Communities of steppe cereals and motley grass dominate. On the periphery of the dump, meadow cereals and motley grasses dominate along dug trenches. There are single bushes of poplar, sea buckthorn, silverberry and other steppe shrubs.

Conclusion

According to the results of our research and taking into account the literature data, the flora of dumps of the iron ore industry is represented by 208 species of vascular plants belonging to 33 families and 118 genera. It consists mainly of herbaceous

perennials, but the role of annuals and one- to two-year-olds is also quite large. The phytocenoses are dominated by steppe species, from the ecological groups of plants – xerophytes. The participation of weed plants is small.

At the end of 60 years after the formation of the dump, we can conclude that the natural zonal vegetation is almost restored – zonal steppe grass and forbs dominate in the vegetation cover, with the exception of artificially formed negative relief elements, where mosaic patterns are observed due to changes in the environmental conditions of the habitat.

The article was prepared under the project of Grant Financing of the MES RK 2018/APO5131591

References

- 1 Байтулин И.О., Жеронкина Т.А., Сагындыкова Н.М., Какимов Ж.Т. Биологическая рекультивация отвалов цветной металлургии в Казахстане // Восстановление техногенных ландшафтов. Тезисы докладов областной научно-практической конференции. – Караганда, 1984. – С. 10-11.
- 2 Zenkov, I.V. Zhukova, V.V., Vokin, V.N., Kiryushina, E.V., Anishchenko, Y.A., Veretenova, T.A., Sycheva, E.M. The results of the study of the impact of stacking technologies of coal mine cuts on the environmental state of forest reclamation // Ecology and Industry of Russia. – 2019. – Vol. 23, Is. 2. – P. 42-47.
- 3 Makhmudova G., Matsui, K. The remediation policy after mining works in the Kyrgyz Republic // Resources Policy. – 2019. – Vol. 61. – P.304-310.
- 4 Quintela-Sabaris, C., Masfaraud, J.-F., Séré, G., Sumail, S., van der Ent, A., Repin, R., Sugau, J., Nilus, R., Echevarria, G., Leguédou, S. Effects of reclamation effort on the recovery of ecosystem functions of a tropical degraded serpentinite dump site // Journal of Geochemical Exploration. – 2019. – Vol. 200. – P.139-151.
- 5 Wang, J., Sun, L., Wang, Z., Yu, K., Huang, X., Shan, J., Oiu, L., Lu, B. Research on the landscape pattern of tidal flat reclamation area in Jiangsu coastal zone based on GF-1 satellite imagery // 2018 7th International Conference on Agro-Geoinformatics. – 2018.
- 6 Tremblay, P.-Y., Thiffault, E., Pinno, B.D. Effects of land reclamation practices on the productivity of young trembling aspen and white spruce on a reclaimed oil sands mining site in northern Alberta // New Forests. – 2019.
- 7 Adeli, A., Brooks, J.P., Read, J.J., McGrew, R., Jenkins, J.N. Post-reclamation Age Effects on Soil Physical Properties and Microbial Activity Under Forest and Pasture Ecosystems // COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS. – 2017. – Vol. 50. – P. 20-34.
- 8 Dhar, A., Comeau, P.G., Karst, J., Pinno, B.D., Chang, S.X., Naeth, A.M., Vassov, R., Bampfyld, C. Plant community development following reclamation of oil sands mine sites in the boreal forest: a review // ENVIRONMENTAL REVIEWS. – 2017. – Vol. 26. – P. 286-298.
- 9 Small, C.C., Degenhardt, D. Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review // ECOLOGICAL ENGINEERING. – 2018. – Vol. 118. – P.43-51.
- 10 Cude, S.M., Ankeny, M.D., Norton, J.B., Kellners, T.J., Strom, C.F. // Capillary barriers improve reclamation in drastically disturbed semiarid shrubland // ARID LAND RESEARCH AND MANAGEMENT. – 2017. – T. 32. – P. 259-276.
- 11 Какимов Ж.Т. Корневая система тополя лавролистного 3 года жизни на отвалах. // Восстановление техногенных ландшафтов. Тезисы докладов областной научно-практической конференции. – Караганда, 1984. – С.18-19.
- 12 Какимов Ж.Т. Фитомелиорация отвалов рудника открытых работ Зырянского свинцового комбината: Автореферат дисс. на соискание уч. ст. канд. биол. наук. – Алматы, 1993. – С. 75-77.
- 13 Конысбаева Д.Т. «Формирование растительного покрова на отвалах предприятий железорудной промышленности в Северном Казахстане»: Автореферат дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук. – 2003. – С. 125.
- 14 Куприянов А.Н., Ситникова А.С. Биологическая рекультивация породных отвалов угольной промышленности в Центральном Казахстане – В кн.: Молодые ученые – науке Казахстана. – Караганда, 1980. – С. 130-131.
- 15 Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Оптимизация рекультивационных работ при открытой разработке месторождений полезных ископаемых» 0213/ ГФ2. – Алматы, 2013. – С. 80.
- 16 Димитровский К. Вопросы инфильтрационной способности почв в области СББ и Крушных гор // Симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий. – Лейпциг, 1970. – С. 99.
- 17 Борисова И.В., Исаченко Т.И., Рачковская Е.И. Основные ботанико-географические закономерности растительного покрова Северного Казахстана (с обзорной геоботанической картой) // Изв. ВТО. – 1957. – Т. 89.- №4. – С. 308-321.

18 Полевая геоботаника. – М.-Л.: Наука, 1959-1976. – в 5 томах. – Т. 1. – 498 с. – Т. 2. – 500 с. – Т. 3. – 530 с. – Т. 4. – 336 с. – Т. 5. – 320 с.

19 Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. – М.-Л., 1964. – Т. 3. – С. 209-237.

20 Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. – М.-Л., 1964. – Т.3. – С.39-60.

References

1 Adeli, A., Brooks, J.P., Read, J.J., McGrew, R., Jenkins, J.N. Post-reclamation Age Effects on Soil Physical Properties and Microbial Activity Under Forest and Pasture Ecosystems. *Communications in soil science and plant analysis*, vol. 50, pp. 20-34.

2 Baytulín I.O., Zheronkina T.A., Sagyndykova N.M., Kakimov Zh.T. (1984) *Biologicheskaya rekultivatsiya otvalov tsvetnoy metallurgii v Kazakhstane* [Biological reclamation of dumps of non-ferrous metallurgy in Kazakhstan]. *Vosstanovleniye tekhnogennykh landshaftov. Tezisy dokladov oblastnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Karaganda. pp. 10-11.

3 Borisova I.V., Isachenko T.I., Rachkovskaya E.I. (1957) *Osnovnyye botaniko-geograficheskiye zakonomernosti rastitel'nogo pokrova Severnogo Kazakhstana (s obzornoy geobotanicheskoy kartoy)*. The main botanical and geographical patterns of vegetation cover in Northern Kazakhstan (with an overview geobotanical map), T. 89. №4, pp. 308-321.

4 Cude, S.M., Ankeny, M.D., Norton, J.B., Kellners, T.J., Strom, C.F. // *Capillary barriers improve reclamation in drastically disturbed semiarid shrubland*. *Arid land research and management*, vol. 32, Issue: 3, pp.259-276.

5 Dimitrovskiy K. (1970) *Voprosy infiltratsionnoy sposobnosti pochv v oblasti SBB i Krushnykh gor* [Issues of soil infiltration capacity in the SBB area and the Ore Mountains]. *Simpozium po voprosam rekultivatsii narushennykh promyshlennostyu territoriy*. Leyptsig, pp. 99.

6 Dhar, A., Comeau, P.G., Karst, J., Pinno, B.D., Chang, S.X., Naeth, A.M., Vassov, R., Bampfylde, C. *Plant community development following reclamation of oil sands mine sites in the boreal forest: a review*. *Environmental reviews*, vol. 26, Issue: 3, pp.286-298.

7 Kakimov Zh.T. (1984) *Kornevaya sistema topolya lavrolistnogo 3 goda zhizni na otvalakh* [The root system of poplar monolithic 3 years of life on dumps]. *Vosstanovleniye tekhnogennykh landshaftov. Tezisy dokladov oblastnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Karaganda, pp. 18-19.

8 Kakimov Zh.T. (1993) *Fitomelioratsiya otvalov rudnika otkrytykh rabot Zyryanovskogo svintsovogo kombinata* [Phytomelioration of the open pit mine of the Zyryanovsky Lead Plant]. *Avtoreferat diss. na soiskaniye uch. st. kand. biol. nauk*. Almaty, pp. 75-77.

9 Konysbayeva D.T. (2003) *Avtoref. diss. Na soiskaniye uch. stepeni kand. biol. nauk "Formirovaniye rastitel'nogo pokrova na otvalakh predpriyatiy zhelezorudnoy promyshlennosti v Severnom Kazakhstane"* Formation of vegetation on the dumps of enterprises of iron ore industry in northern Kazakhstan. pp. 125.

10 Korchagin A.A. (1964) *Vidovoy (floristicheskiy) sostav rastitelnykh soobshchestv i metody ego izucheniya* [Species (floristic) composition of plant communities and methods of its study]. *Polevaya geobotanika*, T.3, M.-L., pp. 39-60.

11 Kupriyanov A.N., Sitnikova A.S. (1980b) *Biologicheskaya rekultivatsiya porodnykh otvalov ugolnoy promyshlennosti v Tsentralnom Kazakhstane* [Biological reclamation of waste dumps of the coal industry in Central Kazakhstan]. *Molodyye uchenyye – nauke Kazakhstana*. Karaganda, pp. 130-131.

12 Makhmudova G., Matsui, K. *The remediation policy after mining works in the Kyrgyz Republic*. *Resources Policy*, vol. 61, June 2019, pp.304-310.

13 *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote po teme (2013): «Optimizatsiya rekultivatsionnykh rabot pri otkrytoy razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh» Optimization of reclamation works in the open development of mineral deposits, 0213/GF2*. Almaty, pp 80.

14 *Polevaya geobotanika, 1959, M.-L., Nauka, 1959-1976. v 5 tomakh*. T. 1. 498 p., T. 2. 500 p., T. 3. 530 p., T. 4. 336 p., T. 5, 320 p.

15 Ponyatovskaya V.M. (1964) *Uchet obiliya i osobennosti razmeshcheniya vidov v estestvennykh rastitelnykh soobshchestvakh* [Accounting for the abundance and characteristics of placement of species in natural plant communities]. *Polevaya geobotanika*, T. 3. M., pp. 209-237.

16 Quintela-Sabarís, C., Masfaraud, J.-F., Séré, G., Sumail, S., van der Ent, A., Repin, R., Sugau, J., Nilus, R., Echevarria, G., Le-guédou, S. *Effects of reclamation effort on the recovery of ecosystem functions of a tropical degraded serpentinite dump site*. *Journal of Geochemical Exploration* Volume , 200, 2019, pp.139-151.

17 Small, C.C., Degenhardt, D. *Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation*. *Ecological engineering*, vol. 118, pp.43-51.

18 Tremblay, P. Y., Thiffault, E., Pinno, B.D. *Effects of land reclamation practices on the productivity of young trembling aspen and white spruce on a reclaimed oil sands mining site in northern Alberta*. *New Forests*, 2019.

19 Wang, J., Sun, L., Wang, Z., Yu, K., Huang, X., Shan, J., Oiu, L., Lu, B. *Research on the landscape pattern of tidal flat reclamation area in Jiangsu coastal zone based on GF-1 satellite imagery*. 2018 7th International Conference on Agro-Geoinformatics, September 2018,

20 Zenkov, I.V., Zhukova, V.V., Vokin, V.N., Kiryushina, E.V., Anishchenko, Y.A., Veretenova, T.A., Sycheva, E.M. *The results of the study of the impact of stacking technologies of coal mine cuts on the environmental state of forest reclamation*. *Ecology and Industry of Russia*, vol. 23, Issue 2, 2019, pp. 42-47.

**Заядан Б.К.¹, Маторин Д.Н.², Акмуханова Н.Р.¹,
Садвакасова А.К.¹, Болатхан К.¹, Бауенова М.Ө.¹,
Каренеева Ж.¹, Төреханова М.М.¹**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: asem182010@gmail.com

²М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей, Мәскеу қ.

***CHLAMYDOMONAS REINHARDTII* ЖАСЫЛ МИКРОБАЛДЫРЫНЫҢ ПИГМЕНТТІ МУТАНТТАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ФОТОСИНТЕЗ АППАРАТТАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ЗЕРТТЕУ**

Индукцияланған мутагенез әдісімен *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard CC-124y-1, CC-124y-2 және CC-124p-2 жасыл микробалдырларының пигментті мутанттары алынды. Олардың морфологиялық қасиеттері және фотосинтез аппараттың белсенділігі зерттелді. Хлорофилл b және каротиноидтардың мөлшерінің азайғаны көрсетілді. Индукциялық қысық флуоресценцияны талдау ФС2-де электронды тасымалдануының азаюын, Qв-тотықсызданбайтын орталықтар үлесінің ұлғаюын және флуоресценцияны фотохимиялық емес өшуінің ұлғаюын көрсетті. ФС1 – P700 пигментінің тотығу реакциясына мутациялардың тікелей әсерінің болмауы және баяу флуоресценцияның азаюы анықталды. УК әсері кезінде мутагендік әсердің пайда болуын ерте анықтау үшін жылдам және баяу флуоресценция индукциялық қысықтардың параметрлерін пайдалану ұсынылады. Алынған пигментті мутанттар биомониторингтік зерттеулерде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: *Chlamydomonas reinhardtii*, хлорофилл a флуоресценциясы, баяулатылған флуоресценция, JIP-тест, фотосинтез.

Zayadan B.K.¹, Matorin D.N.², Akmukhanova N.R.¹, Sadvakasova A.K.¹,
Bolatkhan K.¹, Bauyenova M.O.¹, Kareneeva Zh.¹, Torekhanova M.M.¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: asem182010@gmail.com

²Lomonosov Moscow State University, Russia, Moscow

Pigment mutants of the green microalga *Chlamydomonas reinhardtii*: morphological properties and photosynthetic performance

Pigment mutants CC-124y-1, CC-124y-2, and CC-124p-2 of the green microalga *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard were obtained by means of UV-induced mutagenesis. Morphological properties and photosynthetic activity of these mutants were examined. The mutants displayed a lowered content of chlorophyll b and carotenoids. Analysis of fluorescence induction curves revealed the decreased rates of electron transport in photosystem II (PSII), the increase in the fraction of QB-nonreducing centers, and the enhancement of nonphotochemical fluorescence quenching. The mutations had no direct impact on oxidation of pigment P700 in PSI and on the decline of delayed fluorescence. The parameters of induction curves of prompt and delayed fluorescence are proposed for use in early diagnostics of UV-induced mutagenesis. The pigment mutants obtained can be applied in biomonitoring studies.

Key words: *Chlamydomonas reinhardtii*, chlorophyll a fluorescence, delayed fluorescence, JIP test, photosynthesis.

Заядан Б.К.¹, Маторин Д.Н.², Акмуханова Н.Р.¹, Садвакасова А.К.¹,
Болатхан К.¹, Бауенова М.О.¹, Каренеева Ж.¹, Тореханова М.М.¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: asem182010@gmail.com

²Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Россия, г. Москва

Пигментные мутанты зеленой микроводоросли *Chlamydomonas reinhardtii*: изучение их морфологических свойств и состояния фотосинтетического аппарата

Методом индуцированного мутагенеза получены пигментные мутанты зеленой микроводоросли *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard CC-124y-1, CC-124y-2 и CC-124p-2. Изучены их морфологические свойства и активность фотосинтетического аппарата. Показано уменьшение содержания хлорофилла б и каротиноидов. Анализ индукционных кривых флуоресценции показал уменьшение электронного транспорта в ФС2, увеличение доли Qв-невосстанавливающих центров и увеличение нефотохимического тушения флуоресценции. Обнаружено отсутствие прямого действия мутаций на реакции окисления пигмента ФС1 – P700 и уменьшение замедленной флуоресценции. Предлагается использовать параметры индукционных кривых быстрой и замедленной флуоресценции для раннего обнаружения появления мутагенного эффекта при действии УФ. Полученные пигментные мутанты могут быть применены в биомониторинговых исследованиях.

Ключевые слова: *Chlamydomonas reinhardtii*, флуоресценция хлорофилла а, замедленная флуоресценция, JIP-тест, фотосинтез.

Кіріспе

Биомониторинг саласының заманауи бағыты биотестілеуде әртүрлі тест-объектілерді қолдану болып табылады. Су ортасының токсинділігін бағалауда қолданылатын биотестілеудің экспресс-әдістері ағзаларға ортаның токсинділік деңгейін сипаттауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, антропогенді жүктеме әсерінен генетикалық материалдың тұрақтылығын бағалау негізінде қоршаған ортада мутагенді факторларды анықтауға және оларды уақытылы анықтау тірі ағзаларға кері әсерді төмендету шараларын қолдануға жағдай туғызады [1].

Заманауи генетикалық мониторингтің әдістемелік негізі қоршаған орта факторларының әсерінен туындайтын генетикалық аппараттың әртүрлі бұзылуын анықтауға мүмкіндік беретін тез және тиімді тест-жүйелерді құрастыру болып табылады. Сондықтан, қоршаған орта факторларының әсерінен генетикалық зардаптарды болжауда болашағы мол жаңа тест-объектілерді іздеу және олардың эколого-биологиялық ерекшеліктерін зерттеу өзекті мәселе болып саналады. Әртүрлі факторлардың (оның ішінде мутагенді) популяцияға және олардың фотосинтез белсенділігіне әсерін зерттеуде микробалдырлар ыңғайлы модельді объект болып саналады [2]. Бір клеткалы жасыл балдыр хламидомонада (*Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard) генетикада модельді объект ретінде

жиі қолданылады. Олардың бастапқы және мутантты штамдарына мутагенді заттардың зардаптарын зерттеу факторлардың биологиялық әсері жайлы білімімізді кеңейту үшін ғана емес, сонымен қатар, қоршаған орта объектілерін генетикалық мониторинг жүргізуде тест-жүйелерді құрастыру үшін де маңызды. Су ортасын биотестілеуде пигментті мутанттарды қолданудың құндылығы ластанған судың тек токсинділігін ғана емес және оның мутагенділік потенциалын анықтауға мүмкіндік береді.

Берілген жұмыстың мақсаты *Chlamydomonas reinhardtii* мутантты штамдарын алу және олардың морфологиялық сипаттамасы зерттеу және мутациялық үрдістің бастапқы сатысында микробалдырлардың фотосинтез аппараттарының жағдайын бағалау үшін спектральды және флуоресцентті әдістерді қолдану мүмкіндігін зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Мутантты жасыл микробалдыр хламидомонаданы (*Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard) алу үшін толқын ұзынды 254 нм (40 эрг/мм²) ультракүлгін сәулелендіру қолданылады. Мутацияны индукциялауға өсімі бескүндік *Chl. Reinhardtii* клеткаларын 7 мл суда суспензиялайды. Суспензияны залалсызданған Петри табақшаларына құйып, кейін УК-жарықпен сәулелендіреді де, L2-min ортасы бар Пе-

три табақшаларына ауыстырады. Фотореактивация үдерісіне жол бермеу үшін Петри табақшаларын 24 сағатқа қараңғыға қалдырады [3]. Кейін егілген Петри табақшаларын жарыққа ($120 \text{ мкЕ/м}^2\text{с}$) қойып, 10-14 тәуліктен кейін нәтижелері есептеледі. Кварцты галогенді лампалар көмегімен алынған жасанды жарықта селекцияның онға дейін бірізді циклдары жүргізіледі. Хламидомонаданы генетикалық зерттеу үшін макроколония және микроколония әдістері қолданылады [4].

Хлорофилдің жылдам флуоресценциясы (БФ) мен баяу флуоресценциясының (ЗФ) индукциялық қисығын, сонымен қатар P700 тотығу-тотықсыздану айналымын Multi-function Plant Efficiency Analyser (M-PEA-2, Hansatech Instruments, Норфолк, Ұлыбритания) құралы көмегімен жүргізілді. Барлық үш көрсеткіш бір уақытта тіркеледі [5-7]. Жылдам және баяу флуоресценцияны тіркеу ЗФ тіркеу үшін жеткілікті қолданыстағы қызыл жарық (интенсивность $1300 \text{ мкЕ/м}^2\text{с}$, максимум в спектре излучения 627 нм) және ұзақтығы аз қараңғы интервалмен кезектесу арқылы жүргізілді. Флуоресценцияның индукциялық кинетикасын максималды мерзімді тұнықтылықпен 0.01 мс өлшенді. 820 нм толқын ұзындығында сіңіру өзгерістері ФС1 реакциялық орталығының P700 редокс-жағдайын бейнелейді. Модуляциялаушы жарық қарқындылығының мәні $820 \pm 25 \text{ нм}$ толқын ұзындығы шыңында $1000 \text{ мкЕ/м}^2\text{с}$ таңдалды. Алынған шағылысу мәліметтері салыстырмалы $t=0.7 \text{ мс}$ (далее MR0) шағылысу мәніне мөлшерленді [6]. Бір өлшеудің жалпы ұзақтығы 60 с құрады. ЗФ динамикасы қолданыстағы жарық импульстары арасындағы интервалдағы $0.1-0.9 \text{ мс}$ шкаласында сәуле тарату қарқындылығы өзгерісін көрсетеді. M-PEA-2 құралында өлшеу хаттамасы мен сипаттамасы алдыңғы мақалаларда толық сипатталған [6, 8, 9].

Өлшеу алдында балдыр үлгілерін мембрана сүзгілерінде концентрациялайды және 10 мин аралығында ылғал жағдайда қараңғыда ұстайды. Көрсеткіштерді тіркеуде үлгілерді дайындаудың бұл жағдайы бақылау ретінде саналады. M-PEA-2 анализаторы өсімдік жапырақтарын өлшеу жүргізуге оңтайланғанын атап өту қажет. Сүзгіде тұнбаланғаннан кейін балдырлардың иммобилизацияланған клеткаларының жоғары тығыздығына байланысты зерттелген көрсеткіштер жазбаларындағы шуға белгі қатынасы жапырақтармен салыстырғанда төмен болған жоқ. Сүзгідегі клеткалардың орташа хлорофил

құрамы шамамен 400 мг/м^2 құрады, ол жоғары сатыдағы өсімдік жапырақтарының құрамына ұқсас ($\sim 500 \text{ мг/м}^2$) [10]. Aqua-Pen-C AP-C 100 ("Photon Systems Instruments", Брно, Чехия) флуориметр көмегімен кюветаларда *Scenedesmus quadricauda* суспензиясының флуоресценциясын бақылау өлшемі сүзгіде үлгілерді қанықтыру рәсімін қолдану клетканың физиологиялық жағдайына әсер етпейтінін көрсетті [9].

Фотосинтездің алғашқы үрдістері сипаттамасын ОЖР кинетикалық қисық көрсеткіштері негізінде сандық талдау үшін ЖР-тест қолданылды [5, 6, 11]. ЖР-тест флуоресценция индукциясының кинетикалық қисығының келесі көрсеткіштерінен тұрады: (а): 20 мкс (FO), 2 мс (FJ), 30 мс (FI), 6 с (F6s) флуоресценция қарқындылығы, сонымен қатар FP (FM), флуоресценцияның максималды қарқындылығы және M0 (ОЖР кинетикалық қисығының ауданы, FM деңгейінен төмен).

Бұл өлшенетін шамаларды келесі көрсеткіштерді есептеуде қолданады [5,6]:

$FV=FM-FO$ – Максимальды ауыспалы флуоресценциясы;

FV/FM – ашық ФС2 реакциялық орталықтағы алғашқы фотохимиялық реакцияның максималды квантты шығысы: $FV/FM = \phi P_0 = TRO/ABS$;

VJ – O-J фазаның салыстырмалы ауыспалы флуоресценциясы: $VJ=(FJ - FO)/FV$. ФС2 QB–тотықсызданбаған орталықтарының үлесін көрсетеді.

VI – J-I фазаның салыстырмалы ауыспалы флуоресценциясы, хинон пулдарының тотықсызданғанын сипаттайды, ФС1 қабілетін және оның акцепторларының тотығуын көрсетеді: $PQH_2: VI=(FI - FO)/FV$;

ϕE_0 – QA-тан электрон тасымалдаудың квантты тиімділігі ($t=0$ да): $\phi E_0=ETO/ABS=(TRO/ABS)*(ETO/TRO)=1-(FO/FM)*(1-VJ)$;

ϕD_0 – энергия шашырауының квантты тиімділігі: $\phi D_0 = 1 - \phi P_0 = (FO/FM)$;

ABS/RC – бір белсенді реакциялық орталықтан сіңірілетін энергия ағыны, антенналардың салыстырмалы өлшемін сипаттайды: $ABS/RC=(TRO/RC)/(TRO/ABS)=M0/VJ(1/\phi P_0)=(M0/VJ)/[(FM-FO)/FM]$;

PIABS – өнімділік индексі – ФС2 функционалды белсенділігінің көрсеткіші, сіңірілген энергияға қарайтын: $PIABS=[1-(FO/FM)]/(M0/VJ)*[(FM-FO)/FO]*[(1-VJ)/VJ]$;

PItotal – өнімділіктің жалпы индексі – ФС2, ФС1 функционалды белсенділік және электрондар тасымалдау тізбегі арасындағы көрсеткіші: $PI_{total}=PIABS*\delta R_0/(1-\delta R_0)$;

qE – флуоресценцияны рН – индукцияланған фотохимиялық емес өшіруге қабілеттілік:
 $qE = (FM - F6s)/FV$

qPQ – флуоресценцияны хинон пулдарының өшіру қабілеті: $qPQ = (FM - FI)/FV$ үлгілерде жарықтың сіңіру спектрін екі толқынды Hitachi 557 спектрофотометрде (Hitachi, Токио, Жапония) жүргізілді. Балдырларда флуоресценция спектрін өлшеу опциялы TCSPC (time correlated single photon counting) спектрофлуориметрде Fluorolog®-3 (Horiba Jobin Yvon S.A.S., Лонжюмо, Франция) жүргізілді. Флуоресценцияны 685 нм толқын ұзындығында 390-700 нм диапазонда импульсты светодиодпен қоздыру арқылы өлшеу жүргізілді. Барлық өлшеулер бес қайталануда жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

УК-индукцияланған мутагенез және мутантты клондарды іріктеу

Кез келген типті мутацияны алу үшін салыстырмалы жоғары өміршеңдікке ие мутанттардың жоғары шығысы белгіленетін мутагеннің мөлшерін іріктеу қажет. Бұл өз кезегінде қолданылатын мутагеннің әртүрлі мөлшерінің летальды және мутагенді әсерін зерттеуді талап етті.

УК-сәулелерінің *Chl. reinhardtii* CC-124 жабайы штамм клеткасының тіршілік етуіне әсерін зерттеу барысында УК-сәулелері клетка тіршілігіне жоғары тежеу әсерін көрсетті. 1 мин сәулелендіруден кейін 31% клетка өміршеңдігін сақтап қалды. Бірақ, өсіп шыққан колониялар бақылау тобымен салыстырғанда аз ерекшеленді және колониялардың өлшемі орташа, жасыл түсті болды.

2 мин аралығында сәулелендіру тірі қалған клетка санын 10,5% дейін төмендетті. Өсіп шыққан колониялар өлшемі бойынша да, түсі бойынша да (ірі, орташа және өте ұсақ, жасыл, ашық-жасыл, қаныққан жасыл түсті) біртекті емес.

3-минутты сәулелендіруден кейін өсіп шыққан клетка саны 4-5% құрады. Микробалдырлар колонияларының өлшемі әртүрлі, негізінен қара-жасыл түсті болды. 5-минутты сәулелендіруден кейін микробалдырлардың колониялары өспеді. Сәулелендірудің жоғары мөлшерінде клеткалардың төмен өміршеңдігі бойынша УК-сәулелердің жоғары зақымдаушы әсерін жорамалдауға болады. Алынған мәліметтер бойынша, 254 нм толқын ұзындығында және 40 эрг/мм² қарқындылығында УК-сәулемен

ұзақ әсер ету хламидоманада клеткаларына летальды әсер етті. Зерттеу барысында *Chl. reinhardtii* CC-124 штамын УК-сәулемен 1-3 минут аралығында сәулелендіру клеткалардың өміршеңдігін азайтатыны және анық фенотиптік көріністермен мутацияның туындауына оптимальды жағдай түзетіні анықталды. Мутанттарды сәулелендіруден кейін бірден емес, клеткаларды тәуліктік қараңғы репарациядан кейін анықтау жүргізілді. Себебі, бұл жағдайда ДНҚ репликациясының қателігі нәтижесінде әртүрлі текті мутацияның туындау жиілігі жоғарылайды.

Әртүрлі дақылдау жағдайында үлгілерді іріктеу нәтижесінде (генотипті тексерместен) колония өлшемі мен түсі бойынша өзгерістермен сипатталатын субклондар алынды. Алынған субклондарды 6 топқа бөлдік. Бақылау топ жасыл түсті, орташа өлшемді колониялардан тұрды.

Фотоавтотрофты дақылдау жағдайында:

1 топ: жасыл түсті, ірі көлемді субклондар (A) – 18%;

2 топ: жасыл түсті, микроскопиялық көлемді субклондар (B) – 32%;

3 топ: ашық-жасыл түсті, орташа көлемді субклондар (C) – 33%;

4 топ: сары түсті, орташа көлемді субклондар (D) – 17%.

Гетеротрофты дақылдау жағдайында:

5 топ: ашық-жасыл түсті, орташа көлемді субклондар (E) – 68%;

6 топ: сары түсті, орташа көлемді субклондар (F) – 32%.

Бақылау топ – жасыл түсті, орташа өлшемді колония.

Мутацияның максимальды жиілігі УК-сәулемен 2 минут сәулелендіруден кейін белгіленетіні анықталды (1-кесте).

Әртүрлі мутантты субклондардың фотоавтотрофты дақылдау жағдайында шығысын талдау ашық-жасыл түсті, орташа көлемді субклондардың (33% дейін) жоғары пайыз құрайтынын көрсетті. Гетеротрофты жағдайда ашық-жасыл түсті, орташа көлемді субклондар басым болды, жалпы субклондардың – 68% құрады. Сонымен, толқын ұзындығы 254 нм және қуаттылығы 40 эрг/мм² УК-сәулемен 1-3 минут аралығында *Chl. reinhardtii* штамының 130 мың клеткасына әсер етуде, 12056 субклондар тіршілігін сақтап қалды. Осы колониялардан ары қарай зерттеу жүргізу үшін 12 мутантты субклондар іріктелініп алынды. Оларды әрі қарай он жүйелі айналымға дейін іріктеу жүргізілді. *Chl. Reinhardtii* мутантты субклондарды селекция бойынша барлық тәжірибелерде

L2-min қоректік ортасы пайдаланылады. Алынған фенотиптік белгілерін бірнеше рет егу аралығында сақтап өсуге қабілеттілігін қайта қалпына келтіру негізінде субклондарды іріктеу жүргізілді. Көпретті селекция әдісімен 12 колониядан индукцияланған мутагенез нәтижесінде пайда болған белгілерін сақтап қалған 3 колония 3-5 топтан іріктелді. Фотоавтотрофты жағдайда алынған клон ашық-жасыл түсті пигментті мутант ретінде таңдалып, СС-124у-1 атауымен белгіленді. Гетеротрофты жағдайда алынған клондарда пигментті мутанттар қатарына жатқызылды және сары, ашық-жасыл түсті болып сипатталды. Олар сәйкесінше СС-124у-2 және СС-124р-2 атаумен белгіленді. Барлық

штамдар дақылдық-морфологиялық сипаттамалары бойынша жақын және көлемі мен түсі бойынша колониялар шамалы ерекшеленеді. СС-124у-1 және СС-124р-2 штамдарының клеткаларының көлемі 2-3,5 мкм және қатты қоректік орта бетінде ашық-жасыл түсті колония түзеді, ал СС-124у-2 штамм клеткаларының көлемі 3-3,5 мкм, қатты қоректік орта бетінде сары колония түзеп өседі. Барлық штамдардың клеткаларының алдыңғы бөлігінде орналасқан, ұзындығы бірдей екі талшықтары бар. Барлық хлорофилл хроматофорда жинақталған. Клеткалар 22-30 °С температурада, L2-min сұйық және ағарлы қоректік ортасында, фотоавтотрофты жағдайда жақсы өседі.

1-кесте – СС-124 *Chlamydomonas reinhardtii* жабайы типті клеткасының әртүрлі сәулелендіру мөлшерінде мутация туындау жиілігі

Сәулелендіру уақыты (мин)	Колониялардың жалпы саны	Клетка өміршеңдігі (%)	Қалыпты колония саны	Мутантты колония саны	Іріктелген колония атаулары
0	90 000	92-100	86000	-	-
1	39060	31	31248	7812	A
					B
2	13230	10,5	8997	4233	C
					D
					E
					F
3	5670	4.5	3629	2041	E
					F
5	-	-	-	-	E
					F

Ескерту:

A – жасыл түсті, ірі көлемді субклондар;

B – жасыл түсті, микроскопиялық көлемді субклондар; фотоавтотрофты жағдайда алынған

C – ашық-жасыл түсті, орташа көлемді субклондар;

D – сары түсті, орташа көлемді субклондар.

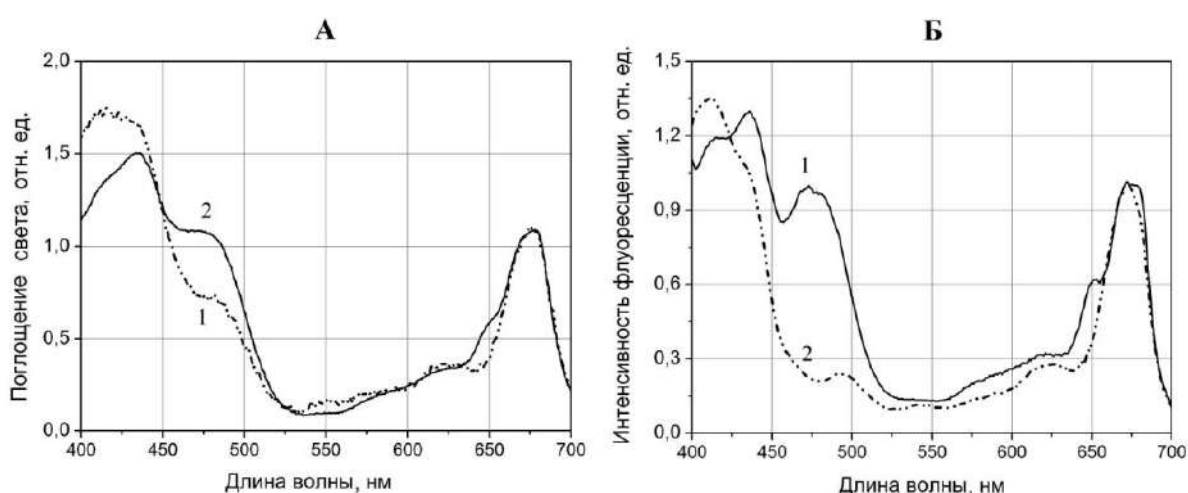
E – ашық-жасыл түсті, орташа көлемді субклондар;

F – сары түсті, орташа көлемді субклондар гетеротрофты жағдайда алынған.

СС-124у-1 пигментті мутанттың фотосинтездік белсенділігін зерттеу

СС-124у-2 және СС-124 штамдары спектральды және флуоресцентті көрсеткіштері бойынша жақын болды. 1-суретте жабайы және мутантты *Chl. reinhardtii* СС-124у-1 штамдарының жарықты сіңіру спектрлері көрсетілген. Спектрлер 680 нм толқын ұзындығында *a* хлорофиллин макси-

мум сіңірудің қызыл түсіне тұрақтандырылған. СС-124у-1 мутантты штамы жабайы типпен салыстырғанда 650 нм ауданында жарық сіңіруінің айтарлықтай төмендегенін байқауға болады. Ол *b* хлорофиллінің *a* хлорофилімен салыстырғанда бірнеше есе төмендегенін көрсетеді. Бұл флуоресценцияның қозу спектрлерін өлшеуде алынған мәліметтермен дәлелденді (1б-сурет).



1-сурет – Жабайы типті *Chlamydomonas reinhardtii* СС-124 (1) және мутантты штамм СС-124у-1 (2) сіңіру спектрлері (А) және флуоресценцияның қозуы (Б) (спектрлер хлорофилл а 680 нм қызыл максимум сіңіруге тұрақтандырылған)

СС-124у-1 мутанттыштамның жарықты сіңіру спектрлерінде каротиноид ауданында (470-480 нм) төмендеу бақыланды (1а-сурет). Мутантты штамдардағы каротиноид ауданындағы өзгерістер флуоресценцияның қозу спектрінде анық көрініс тапты (1б-сурет), бұл өз кезегінде СС-124у-1 мутантты штамның каротиноид құрамының айтарлықтай төмендегенін дәлелдейді. Балдырларда каротиноидтардың флуоресценцияланбайтыны белгілі, бірақ қозу энергиясын флуоресценцияның негізгі көзі болып табылатын *a* хлорофилліне тиімді тасымалдайды. Флуоресценция қозу спектрінде флуоресценция амплитудаларының 480-500 нм аралығында сіңіру спектрімен салыстырғанда СС-124у-1 мутантты штамында айтарлықтай төмендеуі флуоресценцияны жіберетін *a* хлорофилімен каротиноид байланысының әлсізденуіне байланысты.

Фотосинтез аппаратының белсенділігін бағалауда флуоресцентті әдіс клетка метаболизмінің бастапқы бұзылуы жайлы негізінен мембранды деңгейде толық ақпарат береді [6, 7]. Сонымен қатар, бұл әдістер нысана жағдайы жайлы ақпаратты нақты уақыт тәртібінде алуға мүмкіндік туғызады. Балдырлардың фотосинтез мембраналарында орналасқан хлорофилл флуоресценция квантын шығару нәтижесінде клетканың фотосинтездік белсенділігінің табиғи индикаторы қызметін атқарады. Флуоресценция қарқындылығын қаныққан фотосинтез жарығында (FM) және фотосинтез аппарат жағдайын өзгертуді туындатпайтын (FO) жағдай қатынасын өлшеу ФС2 үдерісінің максимальды тиімділігін

анықтауға мүмкіндік береді, ол (FM-FO)/FM=FV/FM тең. FV/FM көрсеткіші пайдалы әсер коэффициентіне ұқсас фотосинтездің өлшемсіз энергетикалық сипаттамасын көрсетеді. *Chl. reinhardtii* зерттеу нәтижелері жабайы типте FV/FM (ФР0) алғашқы фотохимияның максимальды квантты шығысының жоғары деңгейде (0.728) болатынын көрсетті (2-кесте). Керісінше, СС-124у-1 мутантты штама FV/FM көрсеткіші төмен болды. Соңғы кезде жоғары сатыдағы өсімдіктер мен балдыр дақылдарының фотосинтез аппаратының жұмысын бағалауда қарқынды жарықпен қозуда жоғары уақыт рұқсатында (10 мкс -ден) флуоресценцияның индукциялық қисығын өлшеу әдістері қолдана бастады [5, 6]. Жоғары рұқсатпен флуоресценцияның индукциялық қисығын өлшеу бірнеше секундты алады және РАМ немесе РЕА типті құралдарда жүргізіледі. М-РЕА-2 құралында флуоресценция тіркеумен қатар, Р700 (пигмент РЦФС1) сіңіру өзгерістерін өлшеуге мүмкіндік туындады. Сонымен, құрал ФС2 және ФС1 жеке реакцияларын бір уақытта бақылауға мүмкіндік береді [5-7]. Және баяу флуоресценцияның индукциялық өзгерістерін тіркейді.

Мутант клеткаларында фотосинтез белсенділігінің өзгерістерін дәлірек бағалау үшін жылдам және баяу флуоресценциясының индукциялық көрсеткіштерін және Р700 редокс-жағдайын М-РЕА-2 құралында өлшеу жүргізілді. Жарықты қосқаннан кейін флуоресценция индукциясының кинетикалық қисығы, О деңгейімен мөлшерленген, 2 су-

ретте көрсетілген. Жабайы типтің бақылау клеткаларының флуоресценциялық қисығы бойынша алынған мәліметтер әдеби көздерге сәйкес келеді [5, 11]. Әдетте, флуоресценция индукциясы кинетикасының жоғары қарқынды жарыққа жауабында О-Ж-І-Р ауысулар ретінде белгілі бірнеше кезең бақыланады [5]. Бастапқы О деңгей барлық QA тотыққан

«ашық» РЦ ФС2 (FO) хлорофилл флуоресценция қарқындылығына сәйкес келеді. О-Ж фазасы QA жарық индукцияланған тотықсыздануға негізделген, ал келесі фазалар QB және хинон пулының акцепторларының тотықсыздануы нәтижесінде қайта тотығуының төмендеуіне негізделген тотықсызданған QA жиналуын бейнелейді.

2-кесте – *Chlamydomonas reinhardtii* жабайы типі СС-124 және мутантты штамм СС-124у-1 флуоресценциясының индукциялық қисық кинетикасының JIP-тест көрсеткіштері

	СС-124	СС-124у-1	Көрсеткіш сипаттамасы
ϕP_0 , (FV/FM)	0.728±0.017	0.365±0.002	Қараңғы адаптациядан кейінгі алғашқы фотохимияның максимальды квантты шығысы
ϕE_0	0.353±0.004	0.219±0.001	Электрон тасымалдаудың квантты тиімділігі ары қарай QA
ϕD_0	0.272±0.005	0.635±0.01	Антенна кешенімен энергияның шашырау тиімділігі (t=0)
ABS/RC	1.485±0.014	2.865±0.046	Хлорофиллдердің жалпы пулының реакциялық орталықтарының концентрациясы ретінде айқындалатын тиімділік көрсеткіші
PIABS	1.695±0.023	0.302±0.004	Өнімділік индексі – сіңірілетін энергияға қарайтын ФС2 функционалды белсенділігінің көрсеткіші
PItotal	1.505±0.01	0.666±0.005	Өнімділіктің жалпы индексі – ФС2, ФС1 және олардың арасындағы электрон тасымалдау тізбегінің функционалды белсенділігінің көрсеткіші
qE	0.177±0.004	0.343±0.005	Флуоресценцияның рН-индукцияланған фотохимиялық емес өшу қабілеті
qPQ	0.228±0.002	0.413±0.003	Хинон пулының флуоресценцияны өшіру қабілеті

Мутантты СС-124у-1 штамының флуоресценциясының индукциялық қисығы бойынша алынған мәліметтер жабайы типтен ерекшеленеді (2а-сурет). Мутантты штамда FM негізінде ауыспалы флуоресценцияның FV (FV = FM–F0) төмендеуі бақыланды. Ол фотохимиялық емес өшірудің жоғарылауымен байланысты [6]. О-Ж-І-Р кинетикалық қисық көрсеткіштері негізінде фотосинтездің алғашқы үдеріс сипаттамаларын сандық талдау жүргізу үшін «JIP-тест» көрсеткіштері қолданылды (2-кесте).

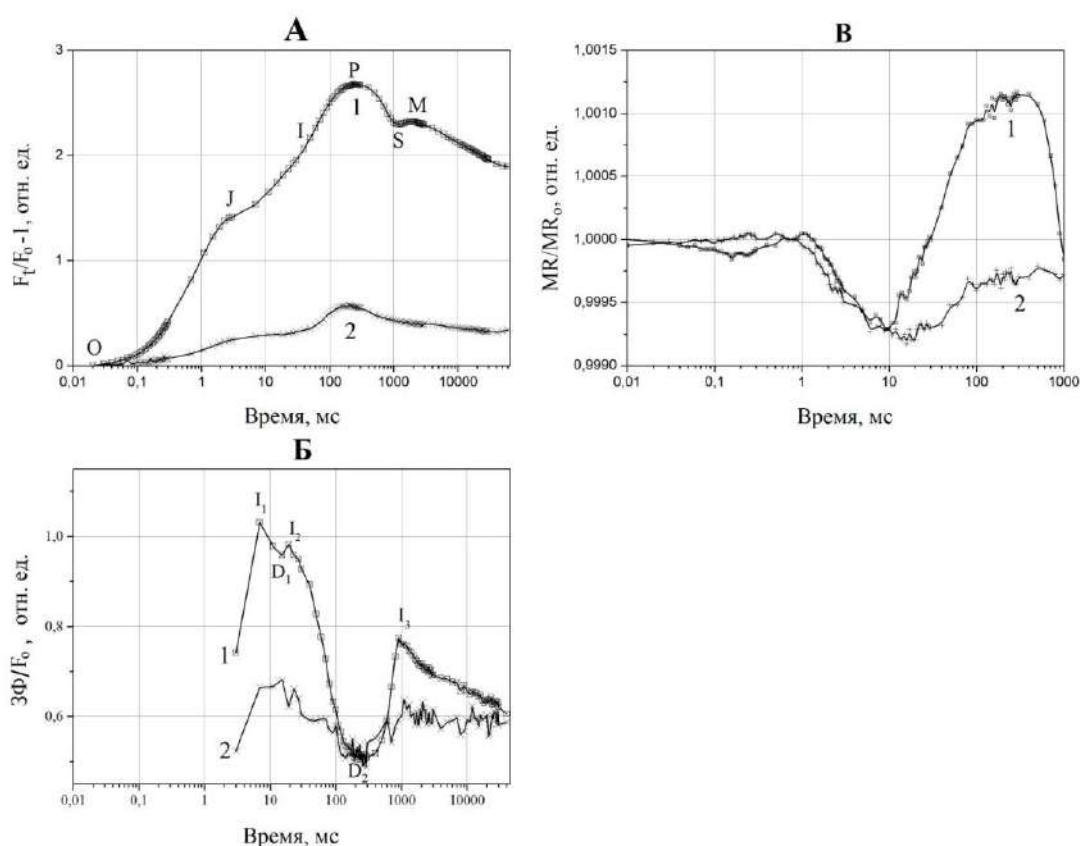
Мутантты СС-124у-1 клеткасының ABS/RC көрсеткіштері жоғарылаған (2,865), ол жабайы типпен (1,485) салыстырғанда белсенді РЦ ФС2 бөліктерінің төмендегенін дәлелдейді. Мутантты штамда QB-қалпына келмейтін бөлшектерінің Мутантты штамдағы ФС2QB- (VJ көрсеткіші) қалпына келмейтін бөлшектерінің үлесі ұлғайды, сондай-ақ QA – электрондарды көшірудің максималды кванттық шығысын көрсететін ϕE_0 параметрінің көрсеткіші төмендеді (2-кесте).

С-124 жабайы түрі ең жоғары кванттық шығуды көрсетті, ал мутант үшін төмен кванттық тиімділік тән болды. Сондай-ақ, мутанттың с-124 у-1 VI у көрсеткіштерінің төмендеуі байқалды,

ол электронның ФС2-ден «жылдам» пластохинондар пулына көшуінің қиындықтарымен байланыстырады (2-кесте) [6]. Бұл көбінесе ФС2 белсенділігінің, атап айтқанда мутанттың FV/FM және VJ көрсеткіштерінің төмендеуімен байланысты.

PIABS көрсеткіші сіңірілетін энергияға (ABS) қарайтын ФС2 функционалдық белсенділігінің көрсеткіші болып табылады. Бұл көрсеткіш клетканың жабайы түрінде жоғары көрсеткіштерге ие, ал мутантты штамдағы PIABS көрсеткішінің төмен көрсеткіштері ФС2 функционалдық белсенділігінің төмендігін көрсетеді, негізінен, белсенді РЦ аз санымен және QB-қалпына келтірмейтін орталықтар үлесінің ұлғаюынан туындаған ФС2 кванттық шығысының төмендігінен болуы мүмкін.

PIABS сияқты PItotal (жиынтық өнімділік индексі) параметрі ФС2 функциялық белсенділігін ғана емес, ФС1 де, сондай-ақ олардың арасындағы электрондарды тасымалдау тізбегінің белсенділігін ескереді. Осылайша, PItotal өте сезімтал көрсеткіш болып табылады және барлық фотосинтетикалық аппараттың өнімділігін неғұрлым кең бағалау үшін қолданылуы мүмкін.



2-сурет – Жабайы типті *Chlamydomonas reinhardtii* (CC-124) (1) және мутантты штамм CC-124y-1 (2) клеткаларының жылдам флуоресценция (А), баяу флуоресценция (Б) және 820 нм толқын ұзындығында сiңiру өзгерiстерi (В). Баяу флуоресценция (3Ф/ F₀) F₀ мөлшерленген. Қолданыстағы қызыл жарық қарқындылығы 1300 мкЕ/(м² с). Барлық көрсеткіштерді бір уақытта өлшеу М-РЕА-2 құралында жүргізілді

РЦ-да жарықтық жинағыш кешеннен қозу энергиясын беру тиімділігінің азаюы пайдаланылмайтын жарықтық энергияның таралуының ұлғаюымен қатар жүруі тиіс. Шынында да, мутанты CC-124y-1 штамда энергия таралуының кванттық тиімділігі (φDo) жоғары деңгейде болды (2-кесте). Бұл максималды (qE=(FM-F6s)/FV) жеткеннен кейін флуоресценцияның төмендеуі бойынша есептелген QE ΔpH-тәуелді нефотохимиялық сөндірудің ұлғаюымен корреляцияланады. Сонымен қатар, с-124 у1 мутанттың хинонды пулы IP фазасында (qPQ) флуоресценцияны сөндіру қабілеті жоғары болды.

Бір мезгілде 820 нм кезінде модуляцияланған кинетикалық қисықты өлшеу қараңғыға бейімделген объектіде P700 РЦ ФС1 (P700+ t ≈ 30 мс жинақтау максимумымен) фотоиндукцияланған тотығуы байқалғанын көрсетті (2в-сурет). QA тотықсыздануын көрсететін флуоресценция сигналдары және P700 тотықсыздану үдерістері платоға шамамен синхронды түрде шықты.

P700 және QA тотықсызданған формаларының параллель жиналуы ФС1 акцепторлық бөлігінен электрондар ағысының болмауына байланысты, ферредоксин-НАДФ-редуктаза (ФНР) қараңғыда инкубациямен белсендірілген жағдайда фотожүйелер арасындағы ЭТЦ барлық аймақтарындағы тасымалдаушылардың тотықсыздануын көрсетеді. Ұзақ жарықтандыруда (t ≈ 1-10 с) P700 тотығуының екінші толқынын байқады, оны ФНР және Кальвин циклінің ферменттерін белсендендіру кезінде ФС1-ден электрондардың кетісімен түсіндіруге болады.

CC-124y-1 мутанты P700 жарықты қосқан кезде тотығу қабілетін сақтап қалды (2в-сурет). Алайда, оның соңғы тиімділіктің төмендеуіне байланысты ФС2-ден P700 тотықсыздану жылдамдығының төмендеуі байқалды. Бұл жылдам флуоресценцияның индукциялық қисықтарын талдау мәліметтерімен сәйкес келеді.

Миллисекундтық 3Ф рекомбинацияның екінші реакциясы нәтижесінде пайда болады және

энергия рекомбинация реакциясының активтендіру энергиясын төмендететін тиракоидты мембранадағы протондардың электрохимиялық градиентінің көлеміне байланысты. Сондықтан ЗФ жасушаның мембранасы протон градиентінің өзгеруін қадағалауға мүмкіндік беретін әдістердің бірі болып табылады. (II) миллисекунд диапазонындағы ЗФ қисығында максимум жылдам флуоресценцияның индукциялық қисығында J-I өсу фазасымен сәйкес келеді (2а-сурет).

II және I2 шыңдарының пайда болуы белгілі бір редокс-күйдің жинақталуымен (Z+PQA – QB-және миллисекунд Z+QA – QB2-компонент субмиллисекундтың әртүрлі дәрежеде арақатынасы), зарядтың кері рекомбинациясы мен ЗФ кванттарының шығарылуына (яғни жарық беретін – күй), сондай-ақ мембранада пайда болатын электр потенциалы есебінен ЗФ күшейтілуімен (δ) байланысты. Үшінші ЗФ I3 үшінші шыңы-секундтық диапазонда протондардың (ΔpH) трансмембранды градиентінің (ΔpH) фотоиндуцирленген түзілуімен байланыстырады, ол да РЦ ФС2-да сәулелендіру өтпелерінің (ЗФ) жылдамдығының константасын арттырады. Бұл заңдылықтар көптеген жұмыстарда қарастырылған [5-7].

СС-124у-1 мутантты штаммында 10-50мс (ЗФ II және I2 шыңдары) және 1с (ЗФ I3 шыңдары) (2б-сурет), бұл циклдық емес тасымалдаудың едәуір азаюымен және тиісінше фотосинтетикалық мембраналардың энергиялануының азаюымен байланысты болуы мүмкін. Сондықтан, тез және баяу флуоресценцияның индукциясын, сондай-ақ М-РЕА-2-ге Р700 өзгерістерін бір мезгілде тіркеу мутанттарда тилакоидті мембранадағы протондардың электрохимиялық градиентінің кинетикасы мен ФС1 қосуымен фотожүйелер арасында тотықсызданған тасымалдаушылардың жинақталуының жекелеген реакцияларын бақылауға мүмкіндік берді.

Қорытынды

УК сәулелері ДНҚ-ның бірегей бөліктерін зақымдай отырып, жасушаларға оңай еніп, сол арқылы әртүрлі мутациялық өзгерістерді туындатады [12]. Осыған байланысты УК сәулеленуі индуцирленген мутагенезді зерттеуде қолданылады. УК – сәулелері жасушаларға әсер еткен кезде пигменттердің синтездеуін тежеуі және клеткалардың өсуін төмендетуі мүмкін деректер әдебиетте көп кездеседі [12, 13]. Оған морфологиясы бойынша бақылау тобынан ерекшеленетін мутантты субклондар дәлел бола алады.

Пигменттер құрамы фотосинтез жүйесінің дамуы мен белсенділігін ғана емес, сонымен қатар басқа да ферментативті реакциялардың ағымы, яғни өсімдік ағзасының өнімділігін, өміршеңдігін және тұрақтылығын сипаттайтыны белгілі [14]. УК-сәулелерінің әсерінен өсімдіктердің пигменттік жүйелерінің жұмысы бұзылады, пигменттердің құрамы мен саны өзгереді. Өсімдік жасушаларының сәулеленуі нәтижесінде хлорофилл синтезі бәсеңдейді де, оның фотодеструкциясы жүреді [14, 15]. Кез келген табиғаттағы мутагендерге а хлорофилл синтезі сезімтал болады [16]. Сонымен қатар, УК сәулелерінің b хлорофилліне әсері әлсіз болып саналады. УК – сәулелерінің әсері хлорофилл b/хлорофилл а хлорофилл/каротиноидтар қатынас көрсеткішін төмендетеді [17].

М-РЕА-2 көмегімен жүргізілген зерттеулер ФС2 реакциясының және Р700 тотығу реакциясының өзгеру ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Индукциялық қисық флуоресценцияны талдау ФС2-де электрондық тасымалдаудың азаюын, негізінен белсенді РЦ үлесінің төмендеуімен, Fv/Fm қатынасымен және QB-тотықсызданбайтын орталықтар үлесінің ұлғаюымен, сондай-ақ ΔpH -тәуелді фотохимиялық емес өшудің ұлғаюымен байланысты анықталады. Сонымен қатар, мутантты жасушалардың фотосинтездік мембраналарын қуаттандыру үдерістерінің азаюы анықталды.

Бұл жұмыста индукциялық қисықтардың тез және баяу флуоресценциясының өзгеруі мутагеннен кейін микробалдырлар жасушаларының алғашқы тез тіркелетін көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Бұл көрсеткіштер зерттелетін объектілердің жағдайын бағалау үшін өте тиімді пайдаланылуы мүмкін. Алынған нәтижелер бойынша ФС2 және ФС1 бастапқы үдерістерді реттеу механизмдерін түсіну үшін ғана емес, табиғи және жасанды су айдындарында судың қасиеттерін биотестілеуде флуоресценцияның әр түрлі көрсеткіштерін пайдалану үшін де маңызды. Сонымен бірге, b хлорофиллсіз *C.reinhardtii c-124 у-1* бөлінген пигментті мутант штамм ластанған су экожүйелерінің экологиялық жағдайын бағалау үшін болашағы мол объект. Зерттелетін ортаның мутабельділігін анықтау мақсатында қолданылатын генетикалық критерий – пигментті құрам – осы мутантты штамды қоршаған ортаның генетикалық мониторингінде пайдалану үшін баға жетпес ерекшелігі болып табылады. Ұсынылған тест-объектіні пайдалану қоршаған ортаның жағдайына интегралды баға береді және мутагендік ластанулардың салдарлары туралы болжамның дәлдігін арттырады.

Әдебиеттер

- 1 Zayadan, B.K., Matorin, D.N., *Biomonitoring vodnykh ekosistem na osnove mikrovdoroslei // Biomonitoring of Aquatic Ecosystems Based on Microalgae*, Moscow: Al'teks, 2015.
- 2 Sarapul'tseva, E., Geras'kin, S., and Tsatsenko, L.V. *Biologicheskii kontrol' okruzhayushchei sredy. Geneticheskii monitoring // Biological Control of Environment. Genetic Monitoring*, Moscow: Akademiya, 2010.
- 3 Zaydan, B.K., Sadvakasova, A.K., Saleh, M.M., and Gaballah, M.M., Generation of pigment mutants of *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124 and investigation of the mutants for evaluating the mutability of the waste water ecosystems // *Intl. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* – 2013. – Vol. 2. -P. 64–73.
- 4 Zayadan, B.K., Sadvakasova, A.K., Saleh, M.M., and Gaballah, M.M., Generation and characterization of pigment mutants of *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124 // *Afr. J. Biotechnol.* – 2014. – Vol. 13. – P. 274–279.
- 5 Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Qiang, S., and Goltsev, V., Simultaneous in vivo recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant *Haberlea rhodopensis* // *Biochim. Biophys. Acta.* – 2010. – Vol. 1797. -P. 1313–1326.
- 6 Gol'tsev, V.N., Kaladzhi, M.H., Kuzmanova, M.A., and Allakhverdiev, S.I., *Peremennaya i zamedlennaya fluorestsentsiya khlorofilla a – teoreticheskie osnovy i prakticheskoe prilozhenie v issledovanii rastenii // The Variable and Delayed Fluorescence of Chlorophyll a – Theoretic Basics and Practical Application in Plant Research*. Moscow: Inst. Comput. Issled., 2014.
- 7 Matorin, D.N. and Rubin, A.B., *Fluorestsentsii khlorofilla vysshikh rastenii i vodoroslei // Chlorophyll Fluorescence in Higher Plants and Microalgae*, Moscow: Inst. Comput. Issled, 2012.
- 8 Bulychev, A.A., Osipov, V.A., Matorin, D.N., and Vredenberg, W.J., Effects of far-red light on fluorescence induction in infiltrated pea leaves under diminished pH and $\Delta\phi$ components of the proton motive force // *J. Bioenerg. Biomembr.* – 2013. Vol. 45. – P. 37–45.
- 9 Lenbaum, V.V., Bulychev, A.A., and Matorin, D.N., Effects of far red light on the induction changes of prompt and delayed fluorescence and the redox state of P700 in *Scenedesmus quadricauda* Russ. // *J. Plant Physiol.* – 2015. – Vol. 62. – P. 210–218.
- 10 Matorin, D.N., Todorenko, D.A., Seifullina, N.Kh., Zayadan, B.K., and Rubin, A.B., Effect of silver nanoparticles on the parameters of chlorophyll fluorescence and P700 reaction in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* // *Microbiology.* – 2013. – Vol. 82. – P. 809–814.
- 11 Lazar, D. and Schansker, G., Models of chlorophyll a fluorescence transients, in *Photosynthesis in Silico*, Laisk, A., Nedbal, L., and Govindjee, Eds. // Dordrecht: Springer-Verlag. – 2009. – P. 85–123.
- 12 Xue, L., Zhang, Y., Zhang, T., An, L., and Wang, X., Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on alga and cyanobacteria // *Crit. Rev. Microbiol.* – 2005. – Vol. 31. – P. 79–89.
- 13 Zayadan, B.K., Purton, S., Sadvakasova, A.K., Userbaeva, A.A., and Bolatkhan, K., Isolation, mutagenesis, and optimization of cultivation conditions of microalgal strains for biodiesel production // *Russ. J. Plant Physiol.* – 2014. – Vol. 61. – P. 124–130.
- 14 Rastogi, R.P., Sinha, R.P., Moh, S.H., Lee, T.K., Kottuparambil, S., Kim, Y.J., Rhee, J.S., Choi, E.M., Brown, M.T., Hader, D.P., and Taejun, H., Ultraviolet radiation and cyanobacteria // *J. Photochem. Photobiol.* – 2014. – Vol. 141. – P. 154–169.
- 15 Moon, Y., Kim, S., and Chung, Y., Sensing and responding to UV-A in cyanobacteria // *Int. J. Mol. Sci.* – 2012. – Vol. 13. – P. 16 303–16 332.
- 16 Han, C., Liu, Q., and Yang, Y., Short-term effects of experimental warming and enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthesis and antioxidant defense of *Picea asperata* seedlings // *Plant Growth Regul.* – 2009. – Vol. 58. – P. 153–162.
- 17 Voronova, E.N., Konyukhov, I.V., Kazimirko, Yu.V., Pogosyan, S.I., and Rubin, A.B., Changes in the condition of photosynthetic apparatus of a diatom alga *Thalassiosira weissflogii* during photoadaptation and photodamage // *Russ. J. Plant Physiol.* – 2009. – Vol. 56. – P. 753–760.

References

- 1 Bulychev, A.A., Osipov, V.A., Matorin, D.N., and Vredenberg, W.J. (2013) Effects of far-red light on fluorescence induction in infiltrated pea leaves under diminished Δ pH and $\Delta\phi$ components of the proton motive force, *J. Bioenerg. Biomembr.*, vol. 45, pp. 37–45.
- 2 Gol'tsev, V.N., Kaladzhi, M.H., Kuzmanova, M.A., and Allakhverdiev, S.I. (2014) *Peremennaya i zamedlennaya fluorestsentsiya khlorofilla a – teoreticheskie osnovy i prakticheskoe prilozhenie v issledovanii rastenii* (The Variable and Delayed Fluorescence of Chlorophyll a – Theoretic Basics and Practical Application in Plant Research), Moscow: Inst. Comput. Issled.
- 3 Han, C., Liu, Q., and Yang, Y. (2009) Short-term effects of experimental warming and enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthesis and antioxidant defense of *Picea asperata* seedlings, *Plant Growth Regul.*, vol. 58, pp. 153–162.
- 4 Lazar, D. and Schansker, G. (2009) Models of chlorophyll a fluorescence transients, in *Photosynthesis in Silico*, Dordrecht: Springer-Verlag, pp. 85–123.
- 5 Lenbaum, V.V., Bulychev, A.A., and Matorin, D.N. (2015) Effects of far red light on the induction changes of prompt and delayed fluorescence and the redox state of P700 in *Scenedesmus quadricauda*, *Russ. J. Plant Physiol.*, vol. 62, pp. 210–218.
- 6 Matorin, D.N. and Rubin, A.B. (2012), *Fluorestsentsii khlorofilla vysshikh rastenii i vodoroslei* (Chlorophyll Fluorescence in Higher Plants and Microalgae), Moscow: Inst. Comput. Issled.
- 7 Matorin, D.N., Todorenko, D.A., Seifullina, N.Kh., Zayadan, B.K., and Rubin, A.B., (2013) Effect of silver nanoparticles on the parameters of chlorophyll fluorescence and P700 reaction in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*, *Microbiology*, vol. 82, pp. 809–814.

- 8 Moon, Y., Kim, S., and Chung, Y. (2012) Sensing and responding to UV-A in cyanobacteria, *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 13, pp. 16 303–16 332.
- 9 Rastogi, R.P., Sinha, R.P., Moh, S.H., Lee, T.K., Kottuparambil, S., Kim, Y.J., Rhee, J.S., Choi, E.M., Brown, M.T., Hader, D.P., and Taejun, H., (2014) Ultraviolet radiation and cyanobacteria, *J. Photochem. Photobiol. B*, vol. 141, pp. 154–169.
- 10 Sarapul'tseva, E., Geras'kin, S., and Tsatsenko, L.V. (2010) *Biologicheskii kontrol' okruzhayushechi sredy. Geneticheskii monitoring. Biological Control of Environment. Genetic Monitoring.* Moscow: Akademiya.
- 11 Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Qiang, S., and Goltsev, V. (2010) Simultaneous in vivo recording of prompt and delayed fluorescence and 820-nm reflection changes during drying and after rehydration of the resurrection plant *Haberlea rhodopensis*, *Biochim. Biophys. Acta*, vol. 1797, pp. 1313–1326.
- 12 Voronova, E.N., Konyukhov, I.V., Kazimirko, Yu.V., Pogosyan, S.I., and Rubin, A.B. (2009) Changes in the condition of photosynthetic apparatus of a diatom alga *Thalassiosira weissflogii* during photoadaptation and photodamage, *Russ. J. Plant Physiol.*, vol. 56, pp. 753–760.
- 13 Xue, L., Zhang, Y., Zhang, T., An, L., and Wang, X. (2005) Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on algae and cyanobacteria, *Crit. Rev. Microbiol.*, vol. 31, pp. 79–89.
- 14 Zayadan, B.K. and Matorin, D.N. (2015) *Biomonitoring vodnykh ekosistem na osnove mikrovodoroslei. Biomonitoring of Aquatic Ecosystems Based on Microalgae*, Moscow: Al'teks.
- 15 Zaydan, B.K., Sadvakasova, A.K., Saleh, M.M., and Gaballah, M.M. (2013) Generation of pigment mutants of *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124 and investigation of the mutants for evaluating the mutability of the waste water ecosystems, *Intl. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 2, pp. 64–73.
- 16 Zayadan, B.K., Sadvakasova, A.K., Saleh, M.M., and Gaballah, M.M. (2014) Generation and characterization of pigment mutants of *Chlamydomonas reinhardtii* CC-124, *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 13, pp. 274–279.
- 17 Zayadan, B.K., Purton, S., Sadvakasova, A.K., Userbaeva, A.A., and Bolatkhan, K. (2014) Isolation, mutagenesis, and optimization of cultivation conditions of microalgal strains for biodiesel production, *Russ. J. Plant Physiol.*, vol. 61, pp. 124–130.

**Кенжетаяев Г.Ж.¹, Пермяков В.Н.², Серикбаева А.К.¹,
Сырлыбекқызы С.¹, Койбакова С.Е.¹**

¹Университет Есенова, Казахстан, г. Актау, e-mail: symbat.koibakova@yu.edu.kz

²Тюменский индустриальный университет, Россия, г. Тюмень

**ОЦЕНКА СУММАРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МЫСА ПЕСЧАНОГО**

Осенью 2018 года в прибрежной зоне Прикаспийского региона, а именно в районе расположения мыса Песчаного были выполнены научные полевые исследования состояния почв. Исследовано 7 пробных площадок (ПП). Изучено более 30 почвенных проб, отобранных с глубин 0-5 и 5-20 см. Спектрофотометром лабораторным HACH DR-2400 (США) определяли валовое содержание тяжелых металлов (ТМ). Для анализа показателя суммарного загрязнения почв (СПЗ) или Z_c с применением разных подходов, использованы значения содержания химических элементов на фоновой площадке ПП-Фон. В качестве фона была использована почва Каракия-Каракольского заказника. При расчете Z_c учитывалась только величина $K_c > 1$. Возможно в этой связи для ПП-3 (сад) получен наименьший суммарный показатель загрязнения почв, в том числе и с отрицательными значениями $Z_{c(n)}$. По результатам расчетов, только на ПП-2, показатель СПЗ с учетом разной токсичности тяжелых металлов $Z_{CT} = 16,5$ уровень загрязнения умеренно-опасный, на остальных пробных площадках – в пределах допустимого уровня. Статистическая обработка результатов работы в среде программы Statistica 10 показала, что критерий Краскела-Уоллиса статистически значим для элементов Cr, Cd, Cu и Co.

Ключевые слова: Каспий, Мыс Песчаный, почва, тяжелые металлы, суммарное загрязнение.

Kenzhetayev G.Zh.¹, Permyakov V.N.², Serikbayeva A.K.¹,
Syrlybekkyzy S.¹, Koibakova S.E.¹

¹Yessenov University, Kazakhstan, Aktau, e-mail: symbat.koibakova@yu.edu.kz

²Tyumen Industrial University, Russia, Tyumen

**Assessment of total soil contamination with heavy metals
in the coastal area of the cape peschany**

In the autumn of 2018, in the coastal zone of the Caspian region, namely, in the area of Cape Peschany, scientific field studies of the state of the soil were carried out. 7 test sites (TS) were investigated. Studied more than 30 soil samples taken from depths of 0-5 and 5-20 cm spectrophotometer laboratory HACH DR-2400 (USA) determined the total contents of heavy metals (HM). For analyz ephase three total soil pollution (TSP) or TS, using different approaches, the used value of the content of chemical elements in the background area TS-the background. The soil of the Karakia-Karakol reserve was used as a background. Only the value of $K_c > 1$ was taken into account in the calculation of Z_c . Perhaps in this regard, for TS-3 (garden), the lowest total soil pollution index was obtained, including negative values of $Z_{c(n)}$. The results of the calculations, only on TS-2, $Z_{CT} = 16.5$ level of contamination moderate threat on the remaining TS and within the acceptable level. Statistical processing of the results in the program Statistica 10 showed that the criterion of Kruskal-Wallis is statistically significant for the elements of Cr, Cd, Cu and Co.

Key words: Caspian Sea, Cape Peschany, soil, heavy metals, total pollution.

Кенжетаяев Г.Ж.¹, Пермяков В.Н.², Серикбаева А.К.¹,
Сырлыбекқызы С.¹, Койбакова С.Е.¹

¹Есенов Университеті, Қазақстан, Ақтау қ., e-mail: symbat.koibakova@yu.edu.kz

²Тюмень индустриалды университеті, Ресей, Тюмень қ.

Құмды мыс жағалау аймағында топырақтың ауыр металдармен жиынтық ластануын бағалау

2018 жылдың күзінде Каспий аймағының жағалау аймағында, атап айтқанда, Құмды мыс ауданында топырақтың жай-күйіне ғылыми зерттеулер жүргізілді. 7 сынақ алаңы (СА) зерттелді. Зертханалық НАСН DR-2400 (АҚШ) спектрофотометрімен ауыр металдардың жалпы құрамы (ауыр металдар) анықталды. Топырақтың жалпы ластану көрсеткішін (ТЖЛ) немесе Z_c көрсеткішін талдау үшін әртүрлі әдістерді қолданып, СА фондық алаңында химиялық элементтердің құрамының мәндері қолданылды. Қарақия-Қаракөл қорығының топырағы фон ретінде пайдаланылды. Z_c есептеу кезінде $K_c > 1$ шамасы ғана есепке алынды. Осыған байланысты СА-3 (бақ) үшін топырақтың ластануының ең аз жиынтық көрсеткіші алынды, оның ішінде $Z_{c(n)}$ теріс мәндері бар. Есептеу нәтижелері бойынша тек СА-2, $Z_{CT} = 16,5$ ластану деңгейі орташа-қауіпті, қалған СА-да рұқсат етілген деңгей шегінде. Statistica 10 бағдарламасының ортасында жұмыс нәтижелерін статистикалық өңдеу Краскел-Уоллис критерийі C_r , C_d , C_u және C_o элементтері үшін статистикалық мәнді екенін көрсетті.

Түйін сөздер: Каспий, құмды Мыс, топырақ, ауыр металдар, жиынтық ластану.

Сокращения и обозначения

ТМ – тяжелые металлы, СПЗ – суммарное загрязнение почв, ПП – пробная площадка.

1. Введение

В Мангистауской области 12 августа 2018 года президенту Республики Казахстан Назарбаеву Н.А. был презентован мультимодальный транспортный хаб – паромный комплекс в порту Курык, расположенный на мысе Песчаный. Расположение порта в естественной бухте полностью подходит для транспортировки широкого спектра различных грузов.

Порт включен в сеть международных транспортных коридоров. Транскаспийский маршрут через порт Курык, открывает выход в Европу, через Турцию и Средиземное море. К порту подведены железнодорожные и автомобильные пути. Пропускная способность – 7 миллионов тонн в год [1].

На территории мыса Песчаного неоднородность почвенного покрова обусловлена характером рельефа и почвообразующих пород, а также различными условиями биоклиматического формирования почв.

По почвенно-географическим характеристикам описываемый участок расположен в пустынной зоне и подразделяется на две подзоны. Это средние пустыни с преобладанием бурых почв и южные пустыни (серо-бурые почвы).

Наличие подземных вод в этом районе дает возможность выращивания различных ово-

щей, бахчевых культур и фруктовых деревьев [2].

На мысе Песчаном 170 гектаров земель Каракиянского района отданы крестьянским хозяйствам. Освоено порядка 90 га этих земель, на которых в настоящее время выращивают как фрукты, так и различные овощи [3].

В районе мыса Песчаного, где построен паромный комплекс и развивается инфраструктура, а также интенсивно ведутся работы по освоению земель под посевы, необходима оценка антропогенного воздействия на природные ландшафты [4]. В этой связи, необходимо уделить внимание исследованию и оценке степени загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) в связи с малой изученностью мыса Песчаного.

Целью работы является оценка состояния почв различных объектов на мысе Песчаном, а также анализ суммарного загрязнения почв ТМ.

2. Материалы и методы исследования

Исследуемая прибрежная зона мыса Песчаный в течение всего четвертичного периода развивалась благодаря абразии, причем регрессивные береговые линии, находящиеся в настоящее время на дне моря, здесь представлены абразивными формами. Здесь преобладают процессы физического выветривания, способствующие поступлению грубого щебнистого материала в береговую зону. Аллювиальный приток полностью отсутствует. Наносы почти исключительно состоят из биогенных и хемогенных компонентов (ракушек и долит) [5]. Большое значение

имеет также отсутствие приноса терригенного материала реками. Отмечается широкое развитие абразионных форм (карбонатно-глинистый состав пород). Территория прилегает к двухъярусному Южно-Мангышлакскому плато, нарушенному глубокими бессточными впадинами – Карагие (- 132 м), Ашисор (- 33,5 м). Плато сложено ракушечно-оолитовыми миоценовыми и плеоценовыми известняками [6-8].

Рассматриваемый участок представляет собой низкую абразивно-аккумулятивную равнину с береговыми валами высотой до 10 метров.

К центру равнины приурочена впадина Ашисор, при этом его ровное глинистое днище отделено от залива Александра Бековича-Черкасского цепью береговых валов, сложенных согнутыми песками.

При обследовании прибрежной зоны мыса Песчаного использован маршрутный метод с закладкой 7 пробных площадок, в том числе ПП-Фон.

2.1. Паромный комплекс Курык. Пробная площадка ПП-1 заложена в северной части, в 150 метрах от ограждения паромного комплекса и в 500 метрах от моря. Экосистема – плато с преобладанием серополынных сообществ, щебенисто-песчаных почвах. Почвенный покров – пески приморские засоленные, с низкими запасами органического вещества. Пески по механическому составу слоистые. Строение профиля почв представляет многочисленные включения ракушечника (до 85%). Проектное покрытие 25%. Состояние почв средне нарушенное. Значимость растительности средне значимая. Краткое описание верхних горизонтов почвы ПП-1:

1. 0-5 см – серовато-бурый, сухой, местами рыхлый песчаный, бесструктурный с мелкими корнями серо-полынных сообществ;

2. 5-20 см – светло-бурый, сухой, слабо уплотненный песчаный, в основном бесструктурный с малым количеством корней растений.

2.2 Сад. ПП-2 заложена на расстоянии 50 м, от ограждения яблоневого сада, крестьянского хозяйства «Жанбырши», на удалении 8118 метров, от ПП-1, в направлении на запад от паромного комплекса «Курык». На мысе Песчаном ранее имелось 9 эксплуатационных скважин, пройденных до глубины 15 метров, в песках хвалынской террасы и понтических известняках. Чрезмерный отбор подземных вод привел к повышению их минерализации до 2 г/дм³, в результате этого водопровод заброшен. В настоящее время для полива используются подземные воды того же возраста со скважин глубиной около 50

метров. Воды более минерализованы и содержание солей 3-4 г/дм³. Отличительной чертой этих вод является высокое содержание нитратов и нитритов (до 144 г/дм³). Вместе с этим источником питьевого водоснабжения при невысокой потребности могут служить подземные воды четвертичных отложений на рассматриваемом мысе Песчаном, где ранее пробуренными скважинами вскрывались линзы пресных вод. Для полива используются подземные воды из трех оставшихся скважин, подающиеся по старой ветке водопровода. Вода для полива овощей и фруктовых деревьев в достаточном объеме может подаваться по этому заброшенному водопроводу после его восстановления. На отдельных участках, в местах, занятых крестьянскими хозяйствами, подземные воды после опреснения и очищения также могут быть пригодны для питьевых целей.

Экосистема – плато с преобладанием эфемероидно-злаково-полынных сообществ на бурых пустынных нормальных засоленных почвах. Проектное покрытие 76%. Состояние почв средне нарушенное, наблюдается механическое нарушение почвенного покрова. Растительность значимая, включает комплексы с преобладанием полыни белоземельной, в качестве ценнейшего кормового растения для пустынных регионов области. Краткое описание верхних горизонтов почвы ПП-2:

1. 0-5 см – серый, сухой, местами рыхлый песчаный, бесструктурный с мелкими корнями эфемероидно-злаково-полынных сообществ;

2. 5-20 см – буровато-серый, сухой, слабо уплотненный песчаный, в основном бесструктурный со средним количеством корней растений.

2.3 Мыс Песчаный. ПП-3 заложены на расстоянии 3870 метров от ПП-2, на удалении 2000 метров от моря в пределах распространения солончаков приморских остаточных. Район относится к экосистемам морских песчано-ракушечных пляжей. Почва – солончак приморский с обилием ракушек на поверхности, прослойками ракушек в профиле, ржавыми пятнами и уплотнением в средней части профиля. Проектное покрытие 60-65%. Состояние почв средней нарушенности и в основном механическое. Значимость растительности высоко значимая. К этой категории отнесены все сообщества с участием в их составе саксаулов, и так как они приурочены к песчаным массивам, то очевидна их роль для стабилизации ландшафта.

Это проявляется в закреплении субстрата, предотвращении ветровой эрозии, дефляции

песков. Саксаульники входят в ценный лесной фонд Казахстана. Сообщества этой категории имеют важное значение в сохранении оригинального флористического разнообразия, особенно псаммофитных растений, не имеющих в других местообитаниях.

Состояние почв нарушенное. В основном в результате перевыпаса скота, а также от проезда автотранспорта. Краткое описание верхних горизонтов почвы ПП-2:

1. 0-5 см – светло-серый, сырой, супесчаный, со множеством корней, мелкие обломки ракушек, слабоуплотненный, переход цвета заметен;

2. 5-20 см – сырой, желтовато-серый, супесчаный, местами с ржавыми пятнами, с уплотнением на глубине 8-13 см, много ракушек, соли.

2.4 *Маяк на мысе Песчаном*. ПП-4 заложена на расстоянии 50 метров от ограждения маяка в южной части и в 2870 метрах от ПП-3. Почвенный покров этой площадки представлен песками приморскими засоленными.

Пески слоистые, с многочисленными включениями ракушечника – до 95-100%, это обусловлено тем, что на расстоянии порядка 1000 метров расположен карьер распиловки известняка-ракушечника. Проектное покрытие – 25%. Состояние почв нарушенное в средней степени, в основном автотранспортом. Значимость растительности средняя. Краткое описание верхних горизонтов почвы ПП-4:

1. 0-5 см – светлый, сухой, супесчаный, с большим количеством мелких обломков ракушечника, бесструктурный, с мелкими корнями растений;

2. 5-20 см – серый, сухой, рыхлый, песчаный, бесструктурный.

2.5 *Крестьянское хозяйство «Венера»*. Выращивает овощи (огурцы, помидоры и баклажаны) как в открытом грунте, так и в теплицах.

ПП-5 заложена на расстоянии 70 метров от ограждения посевов, в северном направлении от ПП-2 (Сад) и расположена на удалении 4700 метров от ПП-4 (Маяк). Для полива используются подземные со скважин глубиной около 50 метров. Воды более минерализованы и содержание солей 3-4 г/дм³, которые разбавляются питьевой водой производимой ТОО МАЭК Казатомпром. Местоположение ПП-5 относится к плато с преобладанием эфемероидно-злаково-полынных сообществ на бурых пустынных нормальных засоленных почвах. Проектное покрытие 70%. Растительность значимая. Преобладают сообщества полыни белоземельной. Краткое описание верхних горизонтов почвы ПП-2:

1. 0-5 см – светло-серый, сухой, рыхлый, песчаный, бесструктурный с мелкими корнями растений;

2. 5-20 см – серый, сухой, рыхлый, песчаный, бесструктурный.

2.6 *Впадина Ашисор (-33,5 м)*. Представляет собой соляное озеро окруженное соровой полосой шириной 3-5 км. Солевая залежь представлена пластом галита мощностью 0,7-1,5 м, ниже которого залегает пласт астраханита. Площадь соли в озере около 20 км². Пробная площадка ПП-6 заложена на соровой полосе впадины Ашисор, в восточной части, в северной части ПП-1 (паромный комплекс Курык), в 7886 метрах от ПП-5.

Почвы – солончаки соровые по подчинковому равнинам слабо затронуты процессом почвообразования. Близкое залегание грунтовых вод и их высокая минерализация обеспечивают постоянное поступление солей в профиль описываемых почв. Высокая величина испарения в летний период при малом количестве атмосферных осадков обуславливает процесс кристаллизации солей в верхних горизонтах. На поверхности почв образуется сплошная солевая корка толщиной до нескольких сантиметров. По профилю солончаков соровых часто выделяются прослойки водорастворимых солей и гипса. Степень использования земель слабая. По восточной и северной частям впадины проходит граница Каракия-Каракольского заказника. Нарушенность почвенного покрова средняя. Краткое описание верхних горизонтов почвы ПП-2:

1. 0-5 см – светло-серый, сырой, слабо уплотнен, на поверхности корка с большим содержанием солей, гипса и обломков ракушек;

2. 5-20 см – мокрый, очень сильно засоленные грунты суглинистого и глинистого гранулометрического состава.

Все почвы по типу химизма засоления практически все изучаемые почвы хлоридно-сульфатные по анионам, и кальциево-натриевые по катионам.

Встречаются также почвы с сульфатно-хлоридным, хлоридным и содовыми типами химизма засоления.

Для исследования почвенных образцов были использованы следующие методы: цвет – по шкале А. Манселла, гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому, гумус (окисление почвы дихроматом калия) – по И.В. Тюрину, азот общий – по Й. Кьельдалю, фосфор валовый – для карбонатных почв – по Б.Г. Мачигину. Натрий обменный по Гедройцу. Магний обменный и

кальций обменный – по Друйно-Гале. Общепринятыми методами определяли объемную массу, плотность твердой фазы, гидrolитическую кислотность, сумму поглощенных оснований. Определение количества гумуса в почве выполняли по И.В. Тюрину в модификации Б.А. Никитина [3].

Определение pH. Водная вытяжка образцов почвы проводилась стандартным потенциометрическим методом с использованием pH-метра MP 220 (MetterToledo, Швейцария). Стандартная ошибка $\pm 0,1$.

Физико-химические свойства изученных почв приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства почв пробных площадок

Физико-химические характеристики почв на пробных площадках	Пробные площадки					
	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4	ПП-5	ПП-6
Гумус (%)	0,29-0,51	0,43-1,07	0,21-0,49	0,31-0,53	0,31-0,57	0,23-0,47
Азот общий (%)	0,08-0,13	0,09-0,16	0,03-0,15	0,05-0,14	0,07-0,12	0,02-0,12
Фосфор (валовый) мг/кг	697-871	958-1059	589-937	611-871	601-793	458-744
Карбонаты (%)	1,6-9,17	2,31-7,38	2,9-9,25	2,3-9,31	1,4-8,18	1,2-7,79
Емкость обмена, мг-экв/100 г. почвы	7,33-21,6	8,15-22,5	6,59-20,7	5,93-21,3	7,21-21,5	7,3-18,3
Обменный кальций, мг-экв/100 г. почвы	13,4-35,7	12,7-29,5	12,8-33,6	13,6-31,9	13,1-33,2	14,1-29,8
Обменный магний, мг-экв/100 г. почвы	65,7-85,3	66,3-87,2	59,2-84,9	61,4-83,3	66,1-82,5	63,8-86,9
Обменный натрий, мг-экв/100 г. почвы	1,85-6,37	2,09-5,71	2,01-5,97	1,81-6,14	1,79-6,03	2,03-6,41
Сумма солей	0,08-6,23	0,06-5,71	0,09-6,11	0,07-5,79	0,07-6,41	0,09-6,81
pH	6,9-7,35	6,85-7,13	7,1-7,36	7,0-7,33	6,6-7,29	7,2-7,41

Пробы почв были отобраны пробоотборником, методом конверта, с глубин 0-5 и 5-20 см. Было изучено более 30 проб, которые отбирались на пробных площадках, указанных выше, различных участках мыса Песчаный.

Выполнялся отбор смешанной пробы. Смешанный образец пробы состоял из 5 проб почвы, при этом они были взяты «конвертом» из 5 точек. Далее был отобран средний образец весов 300-400 гр.

В лаборатории РГУ «Департамент экологии по Мангистауской области», пробы были подготовлены к анализу спектрофотометром лабораторным НАСН DR-2400 (США) по методике [9, 10], аттестованной РГП «КазИнМетр». Определяли валовое содержание тяжелых металлов Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Cr⁶⁺, Co и мышьяка As в пробах почв пробных площадок ПП.

Статистическая обработка результатов выполнена в среде аналитического программного интерфейса Statistica 10. Выбор метода анализа с помощью статистики критерия Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis ANOVA) определяли малым объемом выборок исследований с разными законами распределения [11-15].

Критерий Краскела-Уоллиса используется в исследованиях для сравнения трех или более вы-

борок и основан на рангах а не на средних значениях.

Методы геоинформационных систем (ГИС). Программы семейства ГИС (Google Maps, SAS-Planet) были использованы для создания карты-схемы района исследований. Редактирование карты-схемы выполняли при помощи графических программ CorelDraw 11 и Paint (Windows XP).

В целях оценки степени загрязнения почв на основе результатов анализов выполнялся расчет коэффициента концентрации K_C выявленных элементов. Коэффициент концентрации K_C химического вещества рассчитывается по следующей формуле:

$$K_C = \frac{C_i}{C_{фон}} \quad (1)$$

где C_i – фактическое содержание вещества в почве, мг/кг; $C_{фон}$ – зональный фоновый показатель вещества, мг/кг.

При расчете коэффициента концентрации K_C использованы зональные фоновые значения (данные по почве в районе природного заказника).

В целях получения объективной оценки состояния почв показатель суммарного показателя

загрязнения был рассчитан по нескольким формулам.

1. Наиболее известным индикатором, в котором используются фоновые значения концентрации веществ, и который обладает гигиенически обоснованной шкалой опасности загрязнения почв, является «суммарный показатель загрязнения почв» СПЗ или Z_c . Показатель Ю.Е. Саета (СПЗ) или Z_c , в котором не учитываются значения $K_c < 1$, рассчитывается по формуле 2 [4]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n (K_c) - (n - 1) \quad (2)$$

где K_c – коэффициент концентрации i -го химического вещества; n – количество определяемых веществ с концентрацией K_c больше единицы.

В результатах расчетов уровень загрязнения почв низкий, при величине Z_c менее 16, средний (умеренно-опасный) при (16-32), высокий (опасный) при (32-128) и чрезвычайно опасный – если Z_c более 128.

Необходимо отметить, что в этом показателе не учтена различная степень токсичности веществ, что приводит к некорректности результатов.

2. Показатель СПЗ с учетом разной токсичности тяжелых металлов $Z_{(cm)}$ [4, 9] рассчитывается по формуле 3.

$$Z_{CT} = \sum (K_{Ci} \times K_{Ti}) - (n - 1) \quad (3)$$

где K_{Ti} – коэффициент токсичности i -ого элемента.

В той связи, чтобы для СПЗ оставалась актуальной шкала критических суммарных показателей Ю.Е. Саета, для элементов второго класса опасности использовать $K_T = 1,0$, третьего класса опасности $K_T = 0,5$, первого класса опасности

$K_T = 1,5$. Изучаемые в работе тяжелые металлы относятся к первому (высокоопасному) классу опасности Pb, Cd, Zn и Cr и ко второму умеренно опасному, медь Cu и никель Ni [16-18].

3. В настоящее время для оценки состояния почв широко применяется показатель суммарного загрязнения [19-25], учитывающий средние геометрические коэффициенты концентрации тяжелых элементов $Z_{CT(r)}$, который рассчитывается по формуле 4.

$$Z_{CT(r)} = n \times (K_{C1} \times K_{C2} \times K_{Cn})^{\frac{1}{n}} - (n - 1) \quad (4)$$

4. Приведем формулу комплексного показателя суммарного загрязнения почв, который учитывает среднее геометрическое значение коэффициента K_c , а также и токсичность тяжелых металлов $Z_{CT(r)}$ [8]:

$$Z_{CT(r)} = n \times [(K_{C1} \times K_{T1}) \times (K_{C2} \times K_{T2}) \times \dots \times (K_{Cn} \times K_{Tn})]^{1/n} - (n - 1) \quad (5)$$

3. Результаты исследования и их обсуждение

Полевые исследования выполнены на 7 ПП, в том числе и ПП-Фон. Для расчетов показателя Z_c были использованы фоновые значения по данным почвы в районе мыса Песчаный, на границе Каракия-Каракольского государственного природного заказника (таблица 2).

Площадь составляет 137,5 тысяч га, расположен природный заказник на территории Каракиянского района. ПП-Фон с координатами: N43°21'09,06'' и E51°37'12,42'', заложена на удалении 23 км. от контура всех изученных ПП.

Таблица 2 – Фоновое содержание химических элементов мг/кг

Показатели	Cu	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cr ⁶⁺	Co
Фоновая концентрация на ПП-Фон_	10,2	11,7	0,75	19,5	16,4	6,1	0,047	4,1

Всего исследовано 7 ПП, в разных участках мыса Песчаный. Содержание тяжелых металлов и металлоида, а также их коэффициенты концентрации указаны в таблице 3.

Анализ содержания ТМ и мышьяка в почвах и их сравнение с фоновыми значениями, выпол-

нены для проб всех ПП (табл. 3). Для меди превышение фонового значения – в пробах ПП-2 (1,7) и ПП-4 (2,07). Медь переносится на большие расстояния с воздухом и водой, и может накапливаться в растениях. По свинцу небольшое превышение (1,2) выявлено на ПП-6 (впадина).

Таблица 3 – Содержание ТМ и мышьяка (мг/кг) и их концентрация K_c

Глубина отбора проб, см	Cu	Pb	Cd	Zn	Ni	As	Cr ⁺⁶	Co
ПП-1. Район паромного комплекса Курык. Координаты: N43°10'01,90". E51°26'1,17"								
(0-5)	8,94	9,3	0,975	13,06	3,013	21,35	0,117	3,15
(5-20)	7,85	10,4	0,825	13,02	4,01	20,25	0,115	3,01
$K_c(0-5)$	0.87	0.79	1.3	0.66	0.18	3.48	2.48	0.76
$K_c(5-20)$	0.76	0.8	1.1	0.71	0.24	3.31	2.44	0.73
ПП-2. Сад. Крестьянское хозяйство «Жанбырши». Координаты: N43°10'17,38". E51°20'11,81"								
(0-5)	18,36	10,05	0,14	12,14	9,065	12,2	0,429	8,2
(5-20)	17,20	10,01	0,17	11,9	9,063	12,3	0,408	7,8
$K_c(0-5)$	1.8	0.85	0.18	0.62	0.55	2	9.12	2
$K_c(5-20)$	1.6	0.8	0.22	0.61	0.55	2.01	8.68	1.9
ПП-3. Прибрежный район мыса Песчаного. Координаты: N43°09'50,25". E51°17'24,30"								
(0-5)	8,1	8,23	1,2	14,5	4,105	4,89	0,031	4,05
(5-20)	9,3	7,91	1,1	13,9	5,106	5,75	0,027	3,97
$K_c(0-5)$	0.79	0.70	1.6	0.74	0.25	0.8	0.65	0.98
$K_c(5-20)$	0.91	0.67	1.46	0.71	0.31	0.94	0.57	0.96
ПП-4. Маяк на мысе Песчаном. Координаты: N43°11'21,91". E51°17'06,66"								
(0-5)	21,42	9,51	0,68	12,75	6,143	15,25	0,041	3,98
(5-20)	21,40	9,32	0,7	12,89	8,104	15,3	0,028	3,51
$K_c(0-5)$	2.1	0.81	0.9	0.65	0.37	2.5	0.87	0.97
$K_c(5-20)$	2.09	0.79	0.93	0.66	0.37	2.5	0.59	0.85
ПП-5. Крестьянское хозяйство «Венера». Координаты: N43°12'26,81". E51°20'15,57"								
(0-5)	9,10	9,98	0,43	13,44	5,104	10,98	0,423	9,84
(5-20)	10,01	9,57	0,26	14,5	9,124	10,83	0,327	8,99
$K_c(0-5)$	0.89	0.85	0.57	0.68	0.31	1.8	9	2.4
$K_c(5-20)$	0.98	0.81	0.34	0.72	0.55	1.77	6.95	2.19
ПП-6. Впадина Ашисор. Координаты: N43°12'18,34". E51°26'05,27"								
(0-5)	9,25	15,21	2,25	14,7	8,201	9,15	0,012	2,6
(5-20)	10,1	14,68	2,23	15,1	8,198	8,92	0,014	3,1
$K_c(0-5)$	0.9	1.3	3	0.75	0.5	1.5	0.25	0.63
$K_c(5-20)$	0.99	1.25	2.97	0.77	0.49	1.46	0.29	0.75

Для кадмия превышение в пределах (3,0) на ПП-6, и (1,2) и (1,53) на ПП-1 и ПП-3 соответственно. По цинку и никелю превышений в пробах нет.

Превышения для мышьяка в пробах всех ПП, от (3,4) на ПП-1, до (1,4) на ПП-6. Его источниками являются гербициды и инсектициды (химические вещества против сорняков и вредных насекомых, соответственно) [6].

Для региона превышение мышьяка носит природный характер.

Для хрома высокое превышение зафиксировано на ПП-1 (2,4), ПП-2 (8,5) и ПП-5 (7,3). Основной источник загрязнения почвы хромом – выхлопы автотранспорта и тракторные техники. В этих районах наблюдается большое количество земель, нарушенных беспорядочным проездом транспорта.

Выявленный Cr⁺⁶ легко мобилизуется в щелочных почвах. Хром входит в состав хлорофилла, придающего листьям растений зеленый цвет.

Превышение кобальта над фоновым значением обнаружено на участках сада и бахчевых культур на ПП-2 и ПП-5 соответственно в 2, 3 раза. Источники поступления – транспорт, удобрения и пестициды. Суммарный показатель загрязнения почв был рассчитан по формулам 2, 3, 4 и 5.

Результаты показателей СПЗ почв ТМ приведены на рисунке 1.

Расчет по формуле 2. При расчете Z_c были учтены значения $K_c > 1$ (табл.3) (значения фактической концентрации ТМ превышали значение фоновой концентрации на ПП-Фон). Получены результаты о накоплении ТМ в почве.

Расчет по формуле 3. Выполнен по показателю Z_{CT} , с учетом степени токсичности (опасности) изучаемых ТМ и As. При этом величина показателя Z_{CT} по отношению к Z_c (при $K_c > 1$) по всем ПП увеличилась (рис. 1).

Так, для ПП-1 (паромный комплекс) повышение на 66,5%, для ПП-2 (сад) – на 43,4%, ПП-3 (прибрежная зона мыса Песчаного) – на 50,9%, ПП-4 (маяк) – на 40,7%, на ПП-5 (крестьянское хозяйство «Венера») – на 38,2%, ПП-6 (впадина Ашисор) – на 53,5%. Диапазон – от 38,2% (ПП-5) до 66,5% (ПП-1).

Расчет по Z_{CT} дает самые наибольшие значения по сравнению с другими.

Это получено в результате того, что повышенное содержание в почвах зафиксировано для

ТМ (свинца, кадмия, хрома) и металлоида (мышьяка), относящихся к первому классу опасности ($K_1=1,5$).

Расчет по формуле 4. Показатель $Z_{C(r)}$ широко используется для оценки полиэлементного загрязнения, а также при расчете среднего содержания ТМ в почвах, к примеру в США [13, 14]. Из рисунка 1 видно, что результаты $Z_{C(r)}$ по сравнению с Z_c (при $K > 1$) уменьшились с 1,07% на ПП-6 до 32% на ПП-1 (без учета отрицательного значения на ПП-3). Этот результат получается при разбросе между значениями K_c (табл. 2) [9].

Расчет по формуле 5. Результаты, которые были получены по показателю Ю.Н. Водяницкого [7], $Z_{CT(r)}$ имеют отклонения от показателя Ю.Е. Саета, Z_c (при $K > 1$) от 42% на ПП-4 до 60% на ПП-2. Преимущество показателя $Z_{CT(r)}$ в том, что при расчетах учитывается токсичность ТМ, и за счет учета геометрического среднего исключаются ошибки при высоких значениях K_c .

Так, по результатам расчетов СПЗ, только по показателю $Z_{CT} = 16,5$, на ПП-2 в районе сада, уровень загрязнения средний (умеренно-опасный).

Что касается комплексного показателя, то меньшее значение $Z_{CT(r)}$ на ПП-3 ($Z_{CT(r)} = 0,67$) и наибольшее на ПП-2 ($Z_{CT(r)} = 6,95$) и ПП-5 ($Z_{CT(r)} = 4,91$).



Рисунок 1 – Показатели СПЗ (Z_c) почв ТМ и мышьяком

Таблица 4 – Среднее содержание ТМ и мышьяка для слоя 0-20

Тяжелые металлы и металлоид	Мыс. Песчаный. Пробные площадки.							Kruskal-Wallis ANOVA
	Mean \pm SD							
	ПП-1 (n = 2)	ПП-2 (n = 2)	ПП-3 (n = 2)	ПП-4 (n = 2)	ПП-5 (n = 2)	ПП-6 (n = 2)	Среднее (n = 6)	p
Cu	8,4 \pm 0,77	17,8 \pm 0,82	8,7 \pm 0,84	21,4 \pm 0,01	9,6 \pm 0,64	9,68 \pm 0,6	13,2 \pm 6,05	0,04
Pb	9,85 \pm 0,77	10,0 \pm 0,03	8,07 \pm 0,2	9,42 \pm 0,13	9,8 \pm 0,3	14,5 \pm 0,4	9,4 \pm 0,84	0,57
Cd	0,9 \pm 0,1	0,16 \pm 0,02	1,15 \pm 0,07	0,69 \pm 0,01	0,3 \pm 0,12	2,2 \pm 0,01	0,6 \pm 0,52	0,03
Zn	13,04 \pm 0,02	12,02 \pm 0,1	14,2 \pm 0,4	12,8 \pm 0,09	14 \pm 0,8	15 \pm 0,3	13,2 \pm 0,94	0,83
Ni	3,51 \pm 0,7	9,06 \pm 0,001	4,61 \pm 0,7	7,12 \pm 1,3	7,11 \pm 2,8	8,2 \pm 0,002	6,3 \pm 2,34	0,91
As	20,8 \pm 0,7	12,2 \pm 0,07	5,32 \pm 0,6	15,3 \pm 0,03	10,9 \pm 0,1	9,04 \pm 0,16	13 \pm 5,7	0,02
Cr ⁶⁺	0,12 \pm 0,001	0,42 \pm 0,01	0,03 \pm 0,002	0,03 \pm 0,009	0,4 \pm 0,06	0,01 \pm 0,001	0,2 \pm 0,19	0,01
Co	3,08 \pm 0,09	8 \pm 0,2	4,01 \pm 0,05	3,75 \pm 0,3	9,42 \pm 0,6	2,85 \pm 0,3	5,65 \pm 2,86	0,04

Статистическая обработка результатов исследования. Результаты табл. 4 показывают, что критерий Краскела-Уоллиса статистически значим для металлоида As, тяжелых металлов Cr и Cd (первый класс опасности) и Cu, Co (второй класс опасности) ($p < 0,05$). Наибольшими ранговыми суммами, по отношению к содержанию As, Cr, характеризуются выборки, составленные по участкам ПП-1 (паромный комплекс) (61,0; и 57,0 соответственно) и ПП-2 (сад) (56,0 и 87,0), а также к содержанию Co на ПП-2 и ПП-5 (51,0 и 57,0) и Si на ПП-4 (маяк) (51,0 и 53,0), а также Cd на ПП-6 (впадина) (60,0 и 59,0).

Полученные выборки металлоида и тяжелых металлов (As, Cr, Cd, Cu, Co) вносят максимальный вклад по их содержанию в почвах изученных ПП.

Участок ПП-6 возле впадины Ашисор характеризуется наименьшими ранговыми суммами по As и Cr (28,3; 21,7). Почвы пробных площадок значимо отличаются друг от друга по содержанию As, Cr, Cd, Cu и Co.

Заключение

Исследованиями установлено содержание ТМ в почвах прибрежной зоны мыса Песчаного в районе паромного комплекса «Курык».

Наличие мышьяка во всех пробах изученных пробных площадок с незначительными превышениями фонового значения носит природный характер. В пробах почв ПП-1 (паромный комплекс), ПП-2 (сад) и ПП-3 (крестьянское хозяйство «Венера») зафиксировано

значительное превышение над фоновыми показателями (относительно ПП-Фон) по хрому и мышьяку.

Кадмием загрязнены почвы ПП-6 (впадина). В основном значительные превышения фонового значения носят единичный характер и зависят от локальных особенностей загрязнения на участках отбора проб.

На основании результатов анализов проб по содержанию в почвах ТМ и мышьяка выполнен расчет суммарного показателя загрязнения, который позволил выявить оценку степени загрязнения исследованных ПП.

Учитывалась только величина $K_C > 1$. Так, при расчете Z_C при $K_C > 1$ на ПП-1 не учитывались K_C для Cu, Pb, Zn, Ni, и Co. По ПП-2, без учета K_C для Pb, Cd, Zn, Ni. На ПП-4 K_C учитывался для меди и мышьяка. По ПП-5 – с учетом K_C только для As, Cr⁶⁺ и Co. По ПП-6 учитывались K_C для Pb, Cd и As.

На пробной площадке ПП-3 (сад) коэффициенты K_C не учтены для Cu, Pb, Zn, Ni, AsCr⁶⁺ и Co. В результате этого для ПП-3 в районе яблоневых сада и бахчевых культур получен наименьший суммарный показатель загрязнения почв, в том числе и с отрицательными значениями $Z_{C(r)}$.

Результаты расчетов показывают, что комплексный показатель суммарного загрязнения Ю.Н. Водяницкого дает возможность учета всех параметров и получение конкретных результатов. Превышение допустимого значения СПЗ, по шкале Ю.Е. Саета, согласно расчетов наблюдается только на ПП-2, $Z_{CT} = 16,5$ категория загрязнения умеренно-опасная (рис. 2).



Рисунок 2 – Карта-схема района исследований (SAS Planet)

Таким образом, на других ПП не выявлено загрязнения почв ТМ, их содержание характеризуется фоновыми значениями, то есть данными по почвам Каракия-Каракольского государственного природного заказника.

Конфликт интересов

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

Литература

- 1 Республиканская газета Казправда. <https://www.kazpravda.kz>
- 2 О состоянии экологической обстановки Мангистауской области и источниках его загрязнения: Отчет управления природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области (УПРИПП). – Актау, 2017. – 62 с.
- 3 Рачковская, Е.И. и др. К вопросу о зональности растительного покрова пустынь Казахстана и Средней Азии/ Е.И.Рачковская и др // Ботан. журн. – 1990. – № 1. – С. 17-26.
- 4 Алексеенко, В.А. Геохимия окружающей среды: учебное пособие для ВУЗов / В.А. Алексеенко, С.А. Бузмаков, М.С. Панин. – Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2013. – 359 с.
- 5 Kosarev, A. N., Kostianoy A. G. Kara-Bogaz-Gol Bay // The Caspian Sea Environment / eds. A.G.Kostianoy, A. N. Kosarev // Springer, – 2005. – P. 211–221.
- 6 Kostianoy, A. G., Kosarev A. N. The Caspian Sea Environment // The Handbook of Environmental Chemistry / ed. O. Hutzinger. V. 5: Water Pollution. Pt. P. / volume eds. Kostianoy A. G., Kosarev A. N.// Springer, – 2005. – 271 p.
- 7 Kostianoy, A. G. Satellite monitoring of oil pollution in the Black, Azov, Caspian and Baltic seas // 3d Intern. Caspian and Black Sea Ecology Summit and Showcase “Black Sea and Caspian Ecology 2005”. –2005. – P. 27–28.
- 8 Семендяева Н.В. Методы исследования почв и почвенного покрова: учебное пособие / Н.В. Семендяева, А.Н. Мармулев, Н.И. Добротворская.– Новосибирск: Издательство НГАУ, 2015. – 202 с.
- 9 МВИ 20658-1917-ТОО НПО 001-2018. Методика выполнения измерений. Качество воды и экстракты почв. Измерение показателей состава спектрометром лабораторным «DR-2400». МВИ метрологически аттестована РГП «КазИнМетр».
- 10 Zonn I. S., Kostianoy A. G. The Caspian Sea Basin // Handbook of Applied Hydrology / ed. V. P. Singh. 2nd Ed. McGraw-Hill Education, – 2016.–P.124-1-124-7.
- 11 Angelon, M. Bini C. Trace element concentrations in soils and plants of Western Europe / M. Angelon, C Bini // Diogeochemistry of trace metals. Boca Raton, Florida: Lewis Publisher, –1992. – P. 16-60.
- 12 Kruskal W. H. and Wallis W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. // Journal of the American Statistical Association. – 1952, – №260. – P. 583-621.
- 13 Околедова А.А. Оценка полиэлементной токсикации почв / А.А.Околедова [и др.]// Фундаментальные исследования. – 2014. –№ 3-2. – С. 296-300.

- 14 Андреев, Д.Н. Суммарное химическое загрязнение почв тяжелыми металлами в различных биотопах на территории Вишерского заповедника / Д.Н. Андреев, Е.Л. Гатина, Е.А. Дзюба // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Том. 18, № 2, – С. 283-287.
- 15 Водяницкий, Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2013. – № 7. – С. 872-881.
- 16 Сает, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Сает, Ю.Е., Ревич Б.А. – М.: Недра. 1990. – 335 с.
- 17 Водяницкий, Ю.Н. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами / Ю.Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 1276-1280.
- 18 Содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводородов в почвах населенных пунктов Ямало-Ненецкого автономного округа / И.И.Алексеев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – 95(9). – С. 818-821.
- 19 Abdel-Saheb, J.A. A chemical characterization of heavy metal contaminated soil transect in South east Kansas. Amer. Soc. Agron. Annu. / J.A. Abdel-Saheb, A.P. Schwab, M.K. Banks, B. Hetrick // Minneapolis, – 1992. – P. 161-172.
- 20 Cambier, P., Trace metal availability in soil horizons amended with various urban waste composts during 17 years – Monitoring and modelling / P. Cambi, A. Michaud, R. Paradelo, M. Germain, V. Mercier, A. Revallier, S. Houot, // Science of the Total Environment – 15 February 2019. – Volume 651. – P. 2961-2974
- 21 Zgłobicki, W. Assessment of heavy metal contamination levels of street dust in the city of Lublin, E Poland / W. Zgłobicki, M. Telecka, S. Skupiński, A. Pasierbińska, M. Koziół, // Environmental Earth Sciences. – 1 December 2018. – Volume 77, Issue 23. – P. 136-143.
- 22 Cipullo, S., Insights into mixed contaminants interactions and its implication for heavy metals and metalloids mobility, bioavailability and risk assessment / S. Cipullo, B. Snapir, S. Tardif, P. Campo, G. Prpich, F. Coulon // Science of the Total Environment. – 15 December 2018. – Volume 645, – P. 662-673.
- 23 Akivis, T. Definitions and main dynamic processes in the coastal zone // Dynamics of Coastal Zone of Non-tidal Seas. Materials of the international conference. Baltiysk (Kaliningrad oblast), – 30 June – 05 July 2008. – P. 20-31.
- 24 Zonn, I. S. Environmental risks in production and transportation of hydrocarbons in the Caspian-Black Sea Region / Oil and gas pipelines in the Black-Caspian Seas Region / eds. S. S. Zhiltsov, I. S. Zonn, A. G. Kostianoy. // Springer, 2016. – P. 211-224.
- 25 Bekishev, K.B. Soil contamination by heavy metals (for example, the village Zhairam) / K.B. Bekishev, A.K. Auyelbekova, N.A. Alzhapparova // Eurasian Journal of Ecology, [S.l.]. – 2018. – 46. – P. 32-40.

References

- 1 Abdel-Saheb J.A., Schwab A.P., Banks M.K., Hetrick B. (2014) A chemical characterization of heavy metal contaminated soil transect in South east Kansas. Amer. Soc. Agron. Minneapolis., pp. 161-172.
- 2 Akivis, T. (2008) Definitions and main dynamic processes in the coastal zone // Dynamics of Coastal Zone of Non-tidal Seas. Materials of the international conference. Baltiysk (Kaliningrad oblast), pp. 20–31.
- 3 Alekseyenko V.A. Buzmakov S.A. Panin M.S. (2013) Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Environmental Geochemistry] Uchebnoye posobiye dlya VUZov. p. 359.
- 4 Andreev D.N., Gatina E.L., Dzyuba E.A. (2016) Total chemical contamination of soils with heavy metals in various biotopes in the territory of Vishersky Reserve. News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences., Tom. 18, vol. 2, pp. 283-287.
- 5 Angelon M. Bini C. (1992) Trace element concentrations in soils and plants of Western Europe: Diogeochemistry of trace metals. Boca Raton, Florida. Lewis Publisher., pp 16-60.
- 6 Bekishev K.B, Auyelbekova A.K., Alzhapparova N.A. (2018) Soil contamination by heavy metals (for example, the village Zhairam). Eurasian Journal of Ecology, vol.1 pp 32-40.
- 7 Cambier, P., Michaud, A., Paradelo, R., Germain, M., Mercier, V., Guérin-Lebourg, Revallier, A., Houot, S. (2019) Trace metal availability in soil horizons amended with various urban waste composts during 17 years – Monitoring and modeling. Science of the Total Environment., vol. 651, pp. 2961-2974
- 8 Cipullo, S., Snapir, B., Tardif, S., Campo, P., Prpich, G., Coulon, F. (2018) Insights into mixed contaminants interactions and its implication for heavy metals and metalloids mobility, bioavailability and risk assessment. Science of the Total Environment., vol. 645, pp. 662-673.
- 9 I.I. Alekseev i dr. (2016) Soderzhanie tyazhelyx metallov, mysh'yaka i uglevodorodov v pochvax naseleennyx punktov Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [The content of heavy metals, arsenic and hydrocarbons in the soils of settlements of the Yamalo-Nenets Autonomous District] Gigena i sanitariya. vol. 95(9). pp. 818-821.
- 10 Kosarev, A. N., Kostianoy A. G. (2005) Kara-Bogaz-Gol Bay : The Caspian Sea Environment. Springer. pp. 211–221.
- 11 Kostianoy, A. G., Kosarev A. N. (2005) The Caspian Sea Environment: The Handbook of Environmental Chemistry. Water Pollution. Springer., vol. 5 pp. 271.
- 12 Kostianoy, A. G. (2005) Satellite monitoring of oil pollution in the Black, Azov, Caspian and Baltic seas. 3d Intern. Caspian and Black Sea Ecology Summit and Showcase “Black Sea and Caspian Ecology 2005”., pp. 27–28.
- 13 Kruskal W. H. and Wallis W. A. (1952) Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association. pp. 583-621.
- 14 MVI 20658-1917- TOO NPO 001-2018. (2018) Metodika vypolneniya izmereniy. Kachestvo vody i ekstrakty pochv. Izmereniye pokazateley sostava spektrometrom laboratornym «DR-2400». [Method of measurement. Water Vault and Extract. Measurement of the spectrometer with the spectrometer “DR-2400” laboratory] MVI metrologicheski attestovana RGP «KazInMetr».

15 sostoyanii e'kologicheskoy obstanovki Mangistauskoj oblasti i istochnikax ego zagryazneniya (2017) [On the state of the ecological situation in the Mangystau region and the sources of its pollution] Otchet upravlenie prirodny'x resursov i regulirovaniya prirodopol'zovaniya Mangistauskoj oblasti (UPRiRP) p. 62.

16 Okolelova A.A., Kozhevnikova V.P., Kunitsyna I.A., Tarasov A.P. (2014) Otsenka polielementnoy toksikatsii pochv [Evaluation of soil polyelement toxicity] Fundamentalnyye issledovaniya, no 3-2. pp.296-300.

17 Rachkovskaya, E.I. i dr. (1990) K voprosu o zonal'nosti rastitel'nogo pokrova pusty'n` Kazaxstana i Srednej Azii [To the question of the zonality of the vegetation cover of the deserts of Kazakhstan and Central Asia] Botan. Zhurn, no 1. pp. 17-26.

18 Respublikanskaya gazeta Kazpravda. <https://www.kazpravda.kz>

19 Sayet Yu.E., Revich B.A. (1990) Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Environmental Geochemistry] Nedra. pp.335.

20 Semendyyayeva N.V., Marmulev A.N., Dobrotvorskaya N.I., N.V. Semendyyayeva (2015) Metody issledovaniya pochv i pochvennogo pokrova: uchebnoye posobiye [Methods of research of soil and soil cover: study guide] Novosibirskiy. gos. agrar. un-t. Sib NIIZ i Kh. – Novosibirsk: Izdatelstvo NGAU. p. 202.

21 Vodyanitskiy Yu.N. (2013) Zagryazneniye pochv tyazhelymi metallami i metalloidami i ikh ekologicheskaya opasnost (analiticheskiy obzor) [Soil pollution with heavy metals and metalloids and their environmental hazard (analytical review)] Pochvovedeniye. vol. 7. pp.872–881.

22 Vodyanitskiy Yu.N. (2010) Formuly otsenki summarnogo zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami i metalloidami [Formulas for estimating total soil contamination with heavy metals and metalloids] Pochvovedeniye. vol.10. pp.1276-1280.

23 Zgłobicki, W., Telecka, M., Skupiński, S., Pasierbińska, A., Koziel, M. (2018) Assessment of heavy metal contamination levels of street dust in the city of Lublin, E Poland. Environmental Earth Sciences. vol. 77, pp.136-143.

24 Zonn, I. S., Zhiltsov S. S., Kostianoy A. G. (2016) Environmental risks in production and transportation of hydrocarbons in the Caspian-Black Sea Region. Oil and gas pipelines in the Black-Caspian Seas. Springer, pp. 211-224.

25 Zonn I. S., Kostianoy A. G. (2016) The Caspian Sea Basin: Handbook of Applied Hydrology. 2nd Ed. McGraw-Hill Education, pp.124-1-124-7.

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

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Иманалинова А.А.¹, Усен К.², Бекмухамедов Н.Е.³

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

²Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахстан, г. Алматы, e-mail: ussen.kapar@mail.ru

³Национальный центр космических исследований и технологий,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: nurlan1964@yandex.ru

ОСЕННЕЕ СОСТОЯНИЕ ПАСТБИЩНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРЕДГОРИЙ ЧУ-ИЛИЙСКИХ ГОР

В настоящее время населенные пункты, фермы и зимовки, имеющие водопойные пункты, являются очагами деградации земель, одной из основных причин их деградации является чрезмерный выпас. Чрезмерное стравливание пастбищной растительности вокруг аулов является проблемой вместе с резким истощением природных пастбищ в густонаселенных местностях, в особенности в юго-восточной части страны. Оценка состояния земель традиционными методами сплошного наземного картографирования почв и растительности или же экспертно-экстраполяционным методом требуют значительных финансовых и временных затрат. На современном техническом уровне проблема получения информации о состоянии земель решается с применением дистанционных методов, позволяющих оперативно получать достаточно полный объем сведений о состоянии пастбищных экосистем. Общеизвестно, что дистанционные методы должны сопровождаться наземными корректировочными исследованиями.

Ввиду выше изложенного, нами разработан новый подход оценки состояния пастбищных ресурсов, который заключается в выборе «горячих точек» путем применения ГИС-данных и проведения наземных исследований на выбранных базовых участках для создания цифровых картографических материалов.

В статье приведены результаты полевых геоботанических исследований, проведенных в предгорьях Чу-Илийских гор, расположенных в зоне предгорных пустынь. Изучено состояние пастбищной растительности и показатели биологических индикаторов деградации, на основе которых выявлена степень деградации пастбищной растительности. Выявлены спектральные характеристики растительности изучаемой территории. Путем анализа полевых материалов и использования методов ДЗ проведена оценка состояния пастбищных угодий.

Ключевые слова: пастбища, предгорье, растительность, биологические индикаторы, деградация, спектральные характеристики, сообщество, эфемеры.

Imanalinova A.A.¹, Ussen K.², Bekmuhamedov N.Ye.³

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

²Institute of botany and phytointroduction, Kazakhstan, Almaty, e-mail: ussen.kapar@mail.ru

³National Centre for Space Research and Technology, Kazakhstan, Almaty, e-mail: nurlan1964@yandex.ru

Autumn condition of rangeland vegetation in the foothills of the Chu-Ili mountains

Currently, human settlements, farms and areas with water points are hotspots of land degradation. One of the main causes of land degradation is overgrazing. The overgrazing of rangelands around villages is a problem, together with the drastic depletion of natural rangelands around densely populated areas, especially in the South-Eastern part of the country. Traditional methods of mapping of soils and vegetation by expert-extrapolation method require considerable financial and time costs. At the modern technical level, the problem of obtaining information on the state of the land depends on the availability

of remote sensing methods, which make it possible to quickly obtain a fairly complete amount of data on the state of rangeland ecosystems. It is well known that remote sensing methods should be accompanied by extensive corrective research.

A new approach for assessing the state of rangeland resources was evaluated, which consists in choosing "hot spots" by applying GIS data and conducting field research in selected basic plots for creation digital cartographic materials.

The article presents the results of field geobotanical studies conducted in the foothill areas of the Chu-Ili Mountains, in the zone of piedmont deserts. The state of rangeland vegetation and biological indicators of degradation were studied. The spectral characteristics of vegetation of the study area are revealed. By the analysis of field data and the use of remote sensing methods, the state of rangelands was assessed.

Key words: rangeland, foothills, vegetation, biological indicators, degradation, spectral characteristics, community, ephemerals.

Иманалинова А.А.¹, Усен К.², Бекмухамедов Н.Е.³

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: azhar.imanalinova@gmail.com

²Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: ussen.kapar@mail.ru

³Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: nurlan1964@yandex.ru.

Шу-Іле тау баурайындағы жайылым өсімдік жабынының күздік күйі

Қазіргі кезеңде мал суаратын орындары бар елді мекендер, фермалар мен қыстаулар деградация ошақтарына айналған, оның басты себептерінің бірі малды шектен тыс жаю. Елді мекендердің айналасындағы жайылым шөбін шектен тыс пайдалану халық көп орналасқан өңірлер үшін, әсіресе еліміздің оңтүстік шығысында үлкен проблемаға айналған. Жердің күйін дәстүрлі топырақ пен өсімдікжабынды жаппай картографиялау мен эксперттік-экстраполяциялық әдістер бойынша зерттеу өте қомақты қаржы мен ұзақ уақытты қажет етеді. Қазіргі техникалық мүмкіндіктер деңгейінде жерлердің күйі туралы ақпараттарды алу жұмыстары жайылым экожүйелерінің күйі туралы толықтай мәліметтерді қашықтықтан зерттеу әдістерін пайдалану арқылы іске асырылады. Қашықтықтан зерттеу әдістерін жер бетіндегі зерттеулер арқылы түзету жұмыстарын жүргізумен ұластыру керек екені жалпыға белгілі. Жоғарыда айтылғандарға байланысты, біз жайылым ресурстарының күйін анықтау бойынша жаңа тәсіл құрастырдық, ол мынадай жолмен жүргізіледі: ГИС-ақпараттарлы пайдалана отырып «ыстық нүктелерді» анықтау және сандық картографиялық материалдар құрастыру үшін базалық учаскелерде жер бетіндегі зерттеулер жүргізу.

Мақалада тау баурайының шөл белдемінде орналасқан Шу-Іле таулары баурайында жүргізілген далалық геоботаникалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Жайылым өсімдіктерінің күйі мен жер деградациясының биологиялық көрсеткіштері зерттелді, соның негізінде жайылымдық өсімдікжабынының деградациялану дәрежесі анықталды. Зерттеу аймағындағы өсімдікжабынның спектрлік сипаттамалары анықталды. Далалық материалдарды талдау және ҚЗ әдістерін қолдану арқылы жайылымдардың күйі бағаланды.

Түйін сөздер: жайылым, тау баурайы, өсімдікжабын, биологиялық индикаторлар, жердің тозуы, спектрлік сипаттама, қауымдастық, эфемерлер.

Введение

Чу-Илийские горы расположены в полосе контакта трех крупных ботанико-географических регионов – Арало-Балхашской и Алаколь-Илийской равнинных и Джунгаро-Тянь-Шаньской горной подпровинций Афро-Азиатской пустынной области. По ботанико-географическому районированию растительный покров, согласно Ботанической географии Казахстана и Средней Азии [1], относится к При-северотяньшанской предгорной подпровинции.

В.Н. Храмцов [2] территорию Чу-Илийских гор отнес к ботанико-географическому типу При-северотяньшанских полукустарничковых (*Artemisia heptapotamica* Poljakov, *A. sublessingiana* Krasch. ex Poljakov, *Poa bulbosa* L., *Catabrosella humilis* (M. Bieb.) Tzvelev) пустынь со злаками (*Stipa richteriana* Kar. & Kir., *S. sareptana* A.K. Becker). Особенностью пустынных и степных сообществ региона является значительное участие в них синузии эфемеров и эфемероидов, характерной для всей полосы предгорий Средней Азии. Отроги Чу-Илийских гор имеют хол-

мисто-увалистый рельеф с абсолютными отметками 600-800 м. Поверхность их изрезана сетью сухих русел, образованных временными водотоками. Холмы имеют довольно сглаженную поверхность с крутизной склонов 15-18°. Изредка они перемежаются неширокими более или менее выположенными равнинами. Сложены отроги древними породами – гнейсами. Их покрывают кристаллические сланцы с прослоями мергелей, относимых к силуру. Выше залегают конгломераты – песчаники и известняки [3].

Территория исследования приурочена к Прибалхашской впадине, которая расположена к югу от бессточного озера Балхаш, с севера она ограничена южными скатами Сары-Арки, с запада – Чу-Илийскими горами, а на юге и юго-востоке – Заилийским и Джунгарским Алатау.

По агроклиматическому районированию описываемая территория относится к сухому жаркому с длинным вегетационным периодом району, который характеризуется следующими средними многолетними показателями: сумма положительных температур выше +10°C составляет 3500-3600°, за этот период выпадает 100-150 мм осадков, их количество весной – 45-55 мм, летом 100 мм, осенью – 30-35 мм; продолжительность безморозного периода – 153-190 дней; устойчивый снежный покров держится 80-100 дней, высота снежного покрова равна 10-25 см [4]. В этих аналогичных экологических условиях рост и развитие растений, формирующие растительное сообщество, ограничены низкими и переменными осадками, которые ограничивают деятельность человека в животноводстве [5, 6].

Почвенный покров обследованной территории представлен из сероземов светлых и обыкновенных, на холмисто-увалистой равнине и по предгорью распространены сероземы обыкновенные полнопрофильные и малоразвитые [7].

Экологический анализ флоры показывает широкое распространение ксерофитов по предгорной холмисто-увалистой и волнисто-холмистой равнинам и мезофитов – по долинам ручьев и рек.

По данным предыдущих исследований [8] флористический список отрогов Чу-Илийских гор и предгорий состоит из 135 видов, относящихся к 98 родам и 31 семейству. По количеству видов в семействах преобладают Сложноцветные – 22 вида, Маревые содержат 21 вид, Злаковые – 13 видов, Бобовые – 12 видов, Крестоцветные – 11 видов, Лилейные – 9 видов, Бурачниковые – 7 видов, Зонтичные – 6 видов, Гречишные – 6 видов, Гвоздичные – 4 вида,

Маковые – 3 вида, Осоковые, Лютиковые, Молочайные, Парнолистниковые, Губоцветные и Норичниковые – по 2, остальные семейства содержат по 1 виду. Доминантами в растительном покрове являются 25 видов.

Подавляющее количество видов поедается скотом на пастбищах. Ядовитыми являются 6 видов, лекарственными 3 вида.

Материалы и методы исследования

Одной из основных форм изучения пастбищных ресурсов является полевое обследование, включающее ландшафтно-экологическое профилирование ключевых участков и геоботаническое описание растительных сообществ, с применением методов оценки и анализа экологического состояния и антропогенной нарушенности пастбищ по интегрированным и частным параметрам индикаторов; методы лабораторных анализов (почв и растительности); обработки статистических данных. Полевые работы проведены по методике, разработанной нами, согласно закона РК «О пастбищах» [9] и по методике, изложенной в работе по исследованию сезонных изменений растительности [10].

Растительные сообщества изучаются с использованием традиционных методов полевых геоботанических исследований [11, 12].

Методика обработки спутниковых снимков для выявления и оценки очагов деградации почв основан на применении двух спектральных индексов (LDI-NDVI, LDI-TCW), разработанных для оценки деградации почв. Рассматриваемые отдельно эти индексы в условиях казахстанских пустынь не отличаются высокой информативностью. Разработанный на их основе метод расчета очагов деградации по спутниковым снимкам учитывает такие параметры, как характер и динамика растительного покрова (через NDVI), поверхностная влажность (TCW) и яркость поверхности в красном канале спутникового снимка, где открытые почвы имеют самые высокие яркостные характеристики [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Территория исследования расположена на землях Айдарлинского сельского округа Жамбылского района Алматинской области. Наблюдения за состоянием растительности пастбищ проведены в осенний период 2018 года. Маршрут заложен от окраины аула Айдарлы в юго-восточном направлении.

Эбелеково-адраспаново-белоземельнополюнные с эфемерами сообщества приурочены к сероземам светлым супесчаным и характеризуются сильной стравленностью. На очень сильно-деградированном участке пастбищ доминирует эбелек песчаный (*Ceratocarpus arenarius* L.), ему сопутствуют адраспан обыкновенный (*Peganum harmala* L.), полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae* Krasch.), эфемеры и эфемероиды. Поедаемая пастбищная растительность сильно изрежена.

Общее проективное покрытие почвы растениями – 25%, средняя высота травостоя – 5-15 см. Степень участия эдификаторов сообщества следующее: эбелек – 45%, адраспан – 35%, полынь – 10%, эфемеры и эфемероиды – 10%. Из эфемеров и эфемероидов встречаются мятлик луковичный (*Poa bulbosa*), анизанта кровельная (*Anisantha tectorum* L. Nevski.), дескурения Софьи (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl), бурачок пустынный (*Alyssum desertorum* (Stapf) Botsch.), полевица малая (*Eragrostis minor* Host), кельпиния линейная (*Koelipinia linearis* Pall.), пажитник пряморогий (*Trigonella orthoceras* Kar. & Kir.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach.). В сложении травостоя из разнотравья участвуют виды лука, сирень горная (*Syrenia montana* (Pall.) Klokov), из сорнотравья – кузиния крылатая (*Cousinia alata* Schrenk), колючелистник колючий (*Acanthophyllum pungens* (Bunge) Boiss.), солянка листовицелистная (*Salsola laricifolia* Turcz. & Litv.) и восточная (*Salsola orientalis* Pall.). Встречаются также микрогруппировки ковыля Гогенаккера (*Stipa hohenackeriana* Trin. & Rupr.) и нанофитона ежевого (*Nanophyton erinaceum* (Pall.) Bunge). Поверхность почвы защебнена, имеются тропы.

Адраспаново-эбелеково-эфемеровые с солянкой сообщества, приурочены к сероземам светлым супесчаным. На сильно деградированном участке пастбищ доминируют эбелек и эфемеры, им сопутствуют адраспан обыкновенный и солянка листовицелистная. Состав травостоя и морфометрические характеристики видов аналогичны с вышеописанным сообществом. Поедаемые растения почти полностью стравлены. Средняя высота травостоя – 5-20 см. Поверхность почвы защебнена, имеются тропы.

Солянково-эбелеково-эфемеровое сообщество приурочено к сероземам светлым супесчаным (рисунок 1б).

На среднедеградированном участке пастбищ доминируют эфемеры и эфемероиды, эбелек

песчаный, им сопутствует солянка листовицелистная. Доминанты сообщества – эфемеры и эфемероиды. Состав травостоя и морфометрические характеристики видов аналогичны с вышеописанным сообществом. Поедаемые растения частично стравлены. Средняя высота травостоя – 5-20 см.

Слабодеградированное эфемерово-белоземельнополюнное сообщество на сероземах светлых является фоновым на данной территории (рисунок 2).

Доминанту сообщества полыни сопутствуют эфемеры и эфемероиды: дескурения Софьи, мятлик луковичный, пажитник дугообразный (*Trigonella arcuata* C.A. Mey.), осока толстостолбиковая (*Carex pachystylis* J. Gay), бурачок пустынный, изредка встречаются кусты адраспана обыкновенного и солянок: листовицелистной и восточной. Состав травостоя и морфометрические характеристики видов аналогичны с вышеописанными сообществами. Средняя высота травостоя – 20-40 см (таблица 1).

В сообществе, отнесенном нами к очень сильной степени деградации, присутствуют полностью стравленные остатки полыни белоземельной, что говорит о чрезмерном пастбищном использовании.

Изменение спектральных образов растительности в пустынной зоне в зависимости от степени деградации выражено довольно сильно. Так в наших исследованиях сильно деградированные участки приближаются по характеру спектрального отражения к графикам голой почвы. В этом спектре основное участие принимают открытая почва и остатки растительности. Средняя и слабая деградации в осенний период так же имеют характер оголенного участка. Лишь небольшой скачок отмечен в красной области спектра на длине волны $\lambda=625-740$ нм. Оценить состояние растительности по осенним снимкам довольно сложно. Если учитывать отражательную способность в БИК диапазоне, то хорошее состояние растительного сообщества отмечено на контурах со слабой деградацией. Но у большинства растительных сообществ нет изменений в красном диапазоне спектра. Значит, большая часть растений закончила свою вегетацию. Таким образом, на основе спектральных характеристик, по степени деградации почвенно-растительных сообществ выделено четыре степени деградации: очень сильная, сильная, средняя и слабая степень деградации (рисунок 3).



а) Сильносбитые пастбища у аула Айдарлы



б) Соляново-эбелеково эфемеровое

Рисунок 1 – Растительные сообщества пастбищ, прилегающих к аулу



Рисунок 2 – Фоновое белоземельнополынное сообщество

Таблица 1 – Биологические индикаторы деградированных пастбищных участков

Показатели	Степень деградации			
	очень сильная	сильная	умеренная	фоновое
Проективное покрытие, %	25	35	50	60
Название растительного сообщества	Белоземельнополынно-адраспаново-эбелековое с эфемерами	Адраспаново-эбелеково-эфемеровое с солянкой	Соляново-эбелеково-эфемеровое	Эфемерово-белоземельнополынное
Эдификаторы сообществ	Полынь, адраспан, эбелек	эбелек, мятлик, бурачок, адраспан	мятлик, пажитник, эбелек, солянка	полынь, пажитник, мятлик, осока
Участия видов в сообществе, %	эбелек-45, адраспан-35, полынь-20	эбелек-40, эфемеры-30, адраспан-30	эфемеры-70, эбелек-20, солянка-30	полынь-80, эфемеры-20
Ядовитые и непоедаемые виды	Адраспан, дескурайния, ирис	Адраспан, дескурайния, ирис	Адраспан	-
Урожайность пастбищного корма, ц/га	-	0,18 ц/га поедаемой массы	0,23 ц/га поедаемой массы	0,62 ц/га поедаемой массы
Наличие выпаса	сильный	сильный	умеренный	слабый

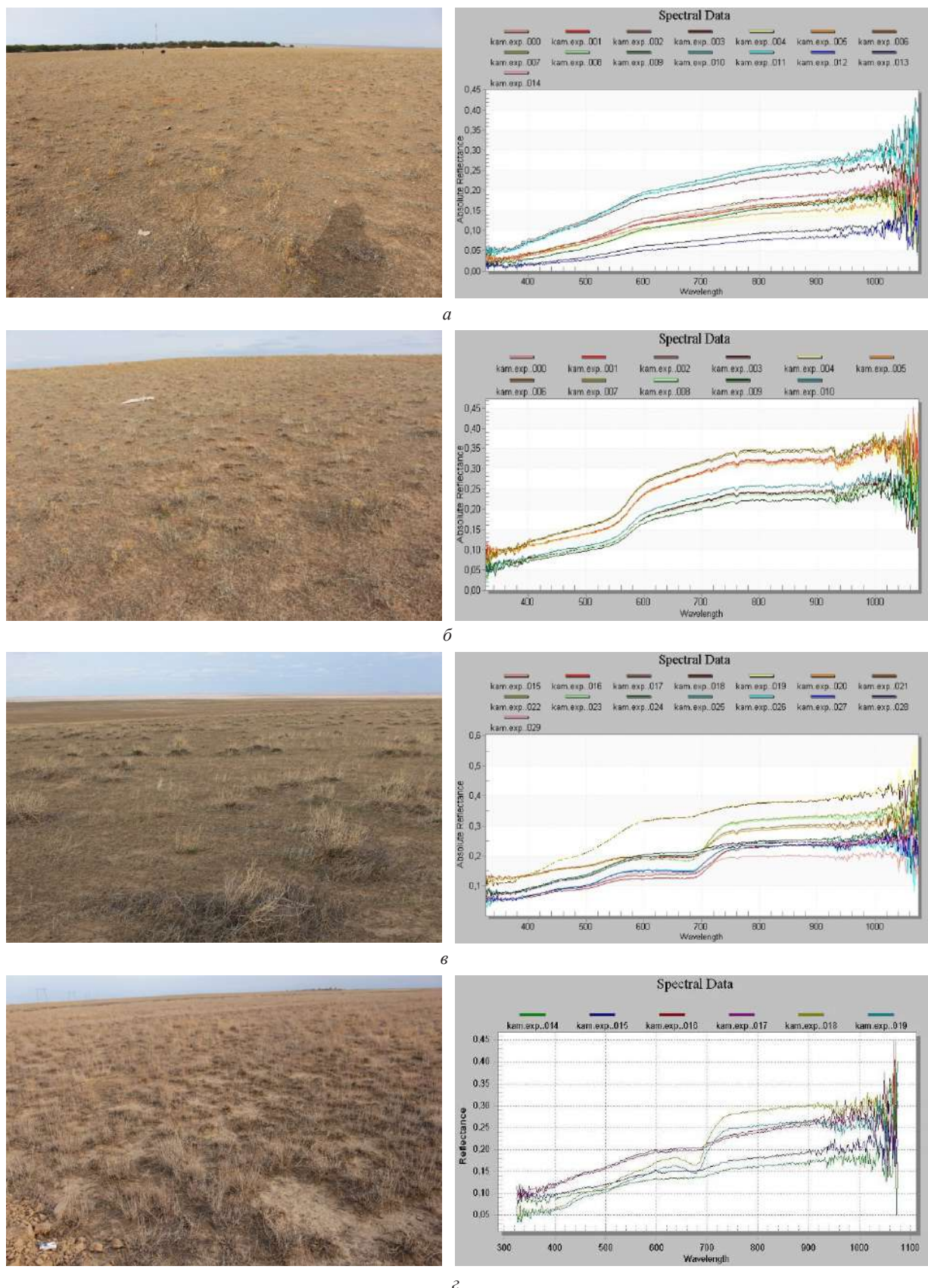


Рисунок 3 – Спектральные характеристики различных степеней деградации (а – очень сильная, б – сильная, в – средняя, г – слабая, фоновое сообщество)

Основную роль в формировании спектра играют растительные остатки и дернина, покрывающая почву. Разница коэффициента спектральной яркости (КСЯ) эбелеково-эфемерового сообщества в сравнении с эфемерово-полынным сообществом в БИК диапазоне составляет 4-5%. Разница в ОПП порядка 35% сказывается и на спектральных характеристиках. Изменения в БИК диапазоне практически отсутствуют, что свидетельствует о сильной деградации, практически открытой почве.

КСЯ белоземельнополынно-адраспаново-эбелековой с эфемерами сообщества, в осенний период, в красной области спектра и БИК диапазоне приближается к спектру голой почвы. Изменение проективного покрытия незначительное.

Осеннее спектрометрирование скорее характеризует почвенное покрытие, чем характер вегетации растительности. Незначительные изменения в красной области спектра $\lambda=625-740$ нм, характеризуют остаточную вегетацию растительности. Доля участия открытой почвы в спектральной характеристике сообщества довольно высокая. Таким образом, по осенней спектрометрии можно достаточно достоверно определить состояние почвенного и растительного покрова изучаемого региона.

Выводы

В последнее время при шадящем режиме выпаса созданы благоприятные условия для нормального развития в данном регионе пастбищных растений, однако большие площади на обследо-

ванной территории занимают модификационные сообщества: белоземельнополынно-эбелековые, эфемеровые, белоземельнополынно-адраспановые, белоземельнополынно-эбелековые, эбелековые, адраспаново-эбелековые. Видимо, это связано с тем, что раньше значительные площади территории были распаханы, а на некоторых участках проводились работы по коренному улучшению. В настоящее время все распашки брошены и как при восстановлении естественной растительности первыми на таких участках разрастаются однолетние растения – эбелек и эфемеры. Также это результат бессистемного выпаса скота, особенно в прилегающей к аулу территории.

На основании наземных исследований выявлено, что при изучении биологических индикаторов на участках деградации кормовые виды отсутствуют или полностью стравлены, они вытеснены в основном непоедаемыми и ядовитыми видами. Эфемерово-полынная коренная растительность модифицирована в различной степени. По мере отдаления от аула степень участия сорнотравья постепенно уменьшается. На состояние пастбищной растительности влияет и то, в каком направлении производится выпас домашнего скота жителей аула.

В последние годы, так же как и во многих населенных пунктах Казахстана основное поголовье домашнего скота выводится жителями аулов на отдаленные пастбища, поэтому процессы деградации пастбищ вокруг населенных пунктов остановились и идет частичное их восстановление.

Литература

- 1 Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). – СПб., 2003. – 424 с.
- 2 Храмцов В.Н. Предгорные пустыни // Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). – СПб.: Бостон-Спектр, 2003. – С. 157–166.
- 3 Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. – М.: «Мысль», 1978. – 512 с.
- 4 Агроклиматические ресурсы Алма-Атинской области Казахской ССР. – Алма-Ата: Гидрометеоздат, 1978. – С. 30–59.
- 5 Ruppert J.C., Holm A.M., Miede S., Muldavin E., Snyman H.A., Wesche K., Linstädter A. Meta-analysis of rain-use efficiency confirms indicative value for degradation and supports non-linear response along precipitation gradients in drylands // *Journal of Vegetation Science*. – 2012. – Vol. 23. – P. 1035–1050.
- 6 Zhao M.S., Running S.W. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009 // *Science*. – 2010. – Vol. 329. – P. 940–943
- 7 Почвы Казахской ССР. Алма-Атинская область (выпуск 4), АН КазССР. – Алма-Ата, 1962. – 424 с.
- 8 ДГП КИО НПЦзем. Отчет «Природные кормовые угодья» земель Айдарлинского сельского округа Жамбылского района Алматинской области. – Алматы, 2009. – 37 с.
- 9 Приказ и.о. Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 27 апреля 2017 года № 185. «Методика проведения мероприятий по борьбе с деградацией и опустыниванием пастбищ, в том числе аридных».
- 10 Kohler F., Gillet F., Gobat J.-M. & Buttler A. Seasonal vegetation changes in mountain pastures due to simulated effects of cattle grazing // *Journal of Vegetation Science*. – 2004. – Vol. 15. – P. 143–150.

- 11 Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1959–1976. – В 5 томах. – Т. 1. – 498 с., т. 2. – 500 с., т. 3. – 530 с., т. 4. – 336 с., т. 5. – 320 с.
- 12 Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 288 с.
- 13 Ячина К.В., Малахов Д.В. Опыт применения данных дистанционного зондирования среднего пространственного разрешения для выделения объектов нефтепромыслов в условиях техногенно-модифицированного ландшафта (на примере Оренбургской области) // Известия Самарского Научного Центра. – Самара, 2016. – С. 72-77.

References

- 1 Agroklimaticheskie resursyi Alma-Atinskoy oblasti Kazahskoy SSR (1978) [Agroclimatic resources of the Alma-Ata region of the Kazakh SSR]. Alma-Ata, Gidrometeoizdat, pp. 30-59.
- 2 Botanicheskaya geografiya Kazahstana i Sredney Azii (v predelakh pustyinnoy oblasti) (2003) [Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region)]. SPb, p. 424.
- 3 Bykov B.A. (1978) Geobotanika [Geobotany]. Alma-Ata, Science, 288 p.
- 4 DGP KIO NPTszem. Otchet «Prirodnyie kormovyye ugodya» zemel Aydarlinskogo selskogo okruga Zhambyl'skogo rayona Almatinskoy oblasti Almatyi (2009) [DGP KIO NPTszem. The report "Natural Fodder Lands" of lands of Aydarly rural district of Zhambyl district of Almaty region]. Almaty, – 37 p.
- 5 Gvozdetzky N.A., Mikhailov N.I. (1978) Fizicheskaya geografiya SSSR. Aziatskaya chast [Physical geography of the USSR. Asian part]. Moskva, «Myisl», 512 p.
- 6 Khrantsov V.N. (2003) Predgornyye pustyini [Foothill deserts]. Botanicheskaya geografiya Kazahstana i Sredney Azii (v predelakh pustyinnoy oblasti), SPb, Boston-Spectrum, pp. 157-166.
- 7 Kohler F., Gillet F., Gobat J.-M. & Buttler A. (2004) Seasonal vegetation changes in mountain pastures due to simulated effects of cattle grazing. *Journal of Vegetation Science*, vol. 15, pp. 143-150.
- 8 Pochvyi Kazahskoy SSR. Alma-Atinskaya oblast (vyipusk 4) (1962) [Soils of the Kazakh SSR. Alma-Ata region (issue 4)]. Alma-Ata, -424 p.
- 9 Polevaia geobotanika (1959-1976) [Field geobotany]. M., L., Science. In 5 volumes: 1: 498, 2: 500, 3: 530, 4: 336. 5: 320.
- 10 Prikaz i.o. Ministra selskogo hozyaystva Respubliki Kazahstan ot 27 aprelya 2017 goda # 185. «Metodika provedeniya meropriyatiy po borbe s degradatsiyey i opustyinivaniem pastbishch, v tom chisle aridnyih» [Order of the Acting Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated April 27, 2017 No. 185. "Methodology of measures to combat the degradation and desertification of pastures, including arid ones"].
- 11 Ruppert J.C., Holm A.M., Mische S., Muldavin E., Snyman H.A., Wesche K., Linstädter A. (2012) Meta-analysis of rain-use efficiency confirms indicative value for degradation and supports non-linear response along precipitation gradients in drylands. *Journal of Vegetation Science*, vol. 23, pp. 1035-1050.
- 12 Yachina K.V., Malakhov D.V. (2016) Opyit primeneniya dannyih distantsionnogo zondirovaniya srednego prostranstvennogo razresheniya dlya vyideleniya ob'ektov neftepromyislov v usloviyah tehnogenno-modifitsirovannogo landshafta (na primere Orenburgskoy oblasti) [The experience of using remote sensing data of the average spatial resolution for the identification of oil fields in a technologically modified landscape (on the example of the Orenburg region)]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra, Samara*, pp. 72-77.
- 13 Zhao M.S., Running S.W. (2010) Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, vol. 329, pp. 940-943.

**Кожабаева Э.Б., Аблайсанова Г.М., Амирбекова Ф.Т.,
Пазылбеков М.Ж., Абилов Б.И.**

ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: e.b.kozhabaeva@gmail.com

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO MYKISS* В КОЛЬСАЙСКИХ ОЗЕРАХ

В целях повышения рыбопродуктивности водоемов и рационального использования водных животных в Казахстане неоднократно проводились акклиматизационные мероприятия. Акклиматизационные работы коснулись практически всех водоемов Республики Казахстан, в том числе и горные водоемы. Бедность разнообразия ихтиофауны горных водоемов обусловлена особенностями гидрологических показателей. Река Кольсай берет свое начало на хребте Кунгей-Алатау и впадает по очереди в три озера, то есть верхний, средний и нижний Кольсай. Аборигенная ихтиофауна озера состояла из нескольких видов рыб, не имеющих промыслового значения. В середине XX века сюда была вселена микижа *Parasalmo mykiss*. Акклиматизация прошла успешно и была сформирована самостоятельная популяция. В настоящее время в водоеме промысловое значение имеет только радужная форель. В работе проведен анализ материалов за несколько лет и представлены данные о современном состоянии радужной форели *Parasalmo mykiss* (микижа). На основании анализа биологических показателей выявлено, что основные размерно-весовые показатели остаются стабильными. Значение биологических признаков на нижнем озере Кольсай выше по сравнению со средним озером Кольсай. Исследовательский улов составляли как младшевозрастные, так и старшевозрастные особи рыб, крупные особи встречаются не ежегодно. Кормовая база для рыб достаточна, что доказывают данные по упитанности.

Ключевые слова: акклиматизация, радужная форель, Кольсайские озера, абориген, биологические показатели.

Kozhabaeva E.B.¹, Ablaisanova G.M.¹, Amirbekova F.T.¹,
Pazylbekov M.Zh.¹, Abilov B.I.¹

LLP « Research and production center of fish industry»
Kazakhstan, Almaty, e-mail: e.b.kozhabaeva@gmail.com

The modern condition of rainbow trout *Parasalmo mykiss* from the Kolsai lakes

In order to increase the fish productivity of water bodies and the rational use of aquatic animals in Kazakhstan, acclimatization events have been repeatedly held. Acclimatization work touched almost all the reservoirs of the republic, including the mountain. The peculiarity of abiotic indicators of mountain reservoirs impoverishes the species diversity of aquatic organisms, and in order to increase biodiversity and rational use of the reservoir, rainbow trout was brought. In the middle of the 20th century, rainbow trout from reservoirs was acclimatized to the Kolsai lakes. Currently, several aboriginal species inhabit the pond, but only rainbow trout is of commercial importance. The paper presents data on the current state of rainbow trout *Parasalmo mykiss* (mikizha), analyzed materials for several years. According to the results of biological indicators, it was revealed that the main dimensional weight indicators remain stable. The significance of biological traits on the lower Kolsai lake is higher compared to the average Kolsai. The research catch was both young and old-aged individuals of fish, large individuals are not found annually. The food supply for fish is sufficient, as evidenced by the data on fatness.

Key words: acclimatization, rainbow trout, Kolsai lake, native species, biological features.

Кожабаева Э.Б., Аблайсанова Г.М., Амирбекова Ф.Т.,
Пазылбеков М.Ж., Абилов Б.И.

¹ЖШС «Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы»,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: e.b.kozhabaeva@gmail.com

Көлсай көліндегі құбылмалы бақтақтың *Parasalmo mykiss* қазіргі жағдайы

Қазақстанның суқоймаларында су жануарларын тиімді пайдалану және балық өнімділігін арттыру мақсатында бірнеше рет жерсіндіру іс-шаралары жүргізілді. Жерсіндіру жұмыстары республиканың барлық су қоймаларында, соның ішінде таулы аймақтарда да жүргізілді. Таулы суқоймаларының абиотикалық көрсеткіштерінің ерекшелігі су организмдерінің түрлік ауантүрлілігін түсіндіреді және биоауантүрлілікті арттыру, суқойманы тиімді пайдалану мақсатында құбылмалы бақтақ балығы әкелінді. 20-шы ғасырдың ортасында құбылмалы бақтақ балығын, Көлсай көлдеріне жерсіндірді, нәтижесінде жаңа түр пайда болды. Қазіргі уақытта су айдындарында бірнеше аборигенді түрлер бар, бірақ тек кәсіптік маңызы бар құбылмалы бақтақ. Жасалынған жұмыста құбылмалы бақтақтың *Parasalmo mykiss* (микижа), қазіргі жағдайы туралы мәліметтер келтірілген, бірнеше жылғы бойы материалдар талданды. Биологиялық көрсеткіштердің нәтижелері бойынша негізгі өлшемдік салмақ көрсеткіштері тұрақты болып табылады. Жоғары Көлсаймен төменгі Көлсай көліндегі биологиялық көрсеткіштерді салыстырғандағы мәні орташа. Балықтардың кіші және үлкен жастағы түрлері зерттеуге алынды, үлкен балық түрлері жыл сайын кездеспейді. Балықтардың қоректік қоры жеткілікті, бұл қондылығы бойынша мәліметтермен дәлелденеді.

Түйін сөздер: жерсіндіру, құбылмалы бақтақ, Көлсай көлі, аборигенді түрлер, биологиялық көрсеткіштер.

Введение

В целях увеличения рыбных запасов в водоемах Республики Казахстан неоднократно проводились акклиматизационные работы. Немаловажное направление акклиматизационных мероприятий заключается во вселении холоднолюбивых рыб в горные водоемы, которые открывают большую возможность по их практическому использованию. В Казахстан радужная форель *Parasalmo mykiss* в первый раз была завезена в 1964 г. из Чехословакии развивающейся икрой. В естественные водоемы начали вселять с 1965 г. под руководством профессора Н.З. Хусаиновой в водоемы верховьев бассейна р. Чилик – оз. Нижний и Средний Кольсай и Каинды в нескольких партий [1].

Естественный ареал радужной форели *Parasalmo mykiss* включает водоемы тихоокеанского побережья Северной Америки и Азии. Микижа – это рыба с уплощенным с боков, довольно высоким телом, высоким и коротким хвостовым стеблем, усеченным хвостовым плавником. Голова конической формы, на горле – ярко-оранжевая полоса. Жировой плавник обычно не окаймлен черной полосой. Пятен X-образной формы нет. Рот большой, фон окраски тела – от серебристого до золотисто-коричневого. Жаберные крышки и полоса вдоль боковой линии – от розоватого до кроваво-красного цвета (у круп-

ных особей). Брюхо чаще белое, белосерое, но может быть красно-оранжевое (у крупных рыб). На голове, жаберных крышках и на теле многочисленные темные, неправильной или овальной формы пятна, нередко густо расположенные. Ниже боковой линии, иногда до брюха, у крупных рыб могут быть многочисленные пятна, в том числе оранжевого цвета [1].

В связи с акклиматизацией изучались ихтиофауна водоемов, и только оз. Ниж. Кольсай имела аборигенную ихтиофауну и была представлена 2 видами; голый осман (*Diptychus dybowskii Kessler*), тибетский голец (*Noemacheilus stoliczkai Steindachner*), р. Кольсай населял чешуйчатый осман, встречаясь в озере единичными экземплярами. После акклиматизации радужной форели произошло постепенное сокращение численности гольца и османа. Голый осман полностью исчез из состава ихтиофауны озера, рыба голец встречалась в озере крайне редко, временами был обнаружен в желудке форели [1].

По последним литературным данным, современная ихтиофауна оз. Ниж. Кольсай состоит из 2 видов: радужной форели и тибетского гольца, причем последний встречался очень редко, а сейчас вполне возможно, что этот вид вовсе выпал из состава ихтиофауны, о чем свидетельствует отсутствие в наших сборах. Ихтиофауна оз. Средний Кольсай представлена одним видом – радужной форелью [2].

В целях сохранения и восстановления уникальных природных комплексов Алматинской области 2007 года был создан «Государственный национальный природный парк «Кольсай колдери», и сейчас система Кольсайских озер является одним из государственных национальных парков и расположена в Алматинской области (рис. 1).

Река Кольсай берет свое начало на хребте Кунгей-Алатау и впадает по очереди в три озера, то есть верхний, средний и нижний Кольсай. Гидрологическая характеристика Кольсайских озер уникальна тем, что температура воды низкая, летом достигает максимум до 17°C градусов

и прозрачность очень высокая и составляет около 8 м. В настоящее время в озерах Нижний и Средний Кольсай единственным промысловым видом рыб является радужная форель.

Систематика этой рыбы претерпела изменения и в настоящее время радужная форель классифицируется как *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) – микижа [3]. Первые поколения акклиматизантов неплохо изучены [1], но в последние 30 лет этот вид там не изучался. В целях выяснения современного состояния данного вида в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) нами было проведена данная исследовательская работа.



Оз. Нижний Кольсай



Оз. Средний Кольсай

Рисунок 1 – Исследованные водоемы

Материал и методы исследований

Исследования проводились летом с 2011 по 2014 и с 2016 по 2018 гг. на нижнем и среднем Кольсайских озерах. Для изучения динамики роста и биологических показателей использовали сборы предыдущих лет (с 2011 по 2016 гг.) [4].

Сбор и анализ материала проводился по общепринятым методикам. Для отлова рыб использовался постоянный набор ставных капровых сетей ячеи от 16 до 80 мм (всего 10 сетей длиной по 25 м) [5, 6]. Возраст рыб определяли по позвонкам по методике Н.И. Чугуновой [7]. Для сравнения выборок использовали показатели Tst [8], «коэффициент различия» CD [9] и «дивергенция» – $d^2_{1,2}$ [10].

Рыб фиксировали в 4% растворе формалина, их анализ проводили в лаборатории. Биологическая обработка материалов проводилась по схеме, предложенной И.Ф. Правдиным, 1966 и Holcik 1989 [11,12].

Измерение проводилось штангенциркулем (ЩЦ-1, Matrix, Китай) с точностью 0,1 мм. Рыб взвешивали на электронных весах (Scout-Pro, OHOUS, Китай) с точностью до 0,1 г.

Для выявления стабильности развития рыб (асимметрия) использовали методику, предложенную В.М. Захаровым [13].

Всего исследованных рыб 2011 г. – 64 экз.; 2012 г. – 73 экз.; 2013 г. – 26 экз.; 2014 г. – 19 экз.; 2016 г. – 42 экз.; 2017 г. – 55 экз.; 2018 г. – 107 экз. Общий внешний вид радужной форели представлен на рис. 2.



Рисунок 2 – Радужная форель оз. Нижний Кольсай, 2018 г.

Результаты

В исследовательских сборах присутствовали как крупные, так и мелкие особи. Доля мелких особей в уловах больше, чем старшевозрастных особей. Встречаемость крупных экземпляров единична, они присутствовали в сборах 2012 и 2018 гг.

Основные биологические показатели свидетельствуют о благоприятном существовании рыб, поскольку размерно-весовые показатели

остаются стабильными по годам. Все годы исследований пределы размерно-весовых признаков варьировали не существенно. В сравнительно биологических анализах между озерами выявлено, что максимальное значение биологических признаков особей, отловленных на нижнем Кольсае, выше, чем у рыб, исследованных на среднем Кольсае. Основные биологические показатели радужной форели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика биологических показателей радужной форели в Кольсайских озерах (данные за 2011-2016 гг. Баймуканова М.Т.)

Годы	Длина, мм		Масса, г		Упит. по Фультону, г	n
	lim	M	lim	M	M	
оз. Нижний Кольсай						
2011	133-367	224,9	30-667	158,1	1,3	42
2012	125-305	200,5	22-338	105,8	1,2	65
2013	145-310	197,6	48-455	120,1	1,4	60
2014	130-310	219,5	27-325	131,9	1,2	106
2016	115-370	217,1	17-640	143,3	1,2	71
2017	160-399	219,0	57-837	151	1,6	62
2018	126-545	193	32-1888	138	1,6	101
оз. Средний Кольсай						
2011	115-385	217,5	17-724	138,9	1,2	74
2012	140-500	235,5	30-1363	176,8	1,2	74
2013	135-345	207,7	36-511	152,1	1,5	56
2014	110-320	227,8	16-337	148,2	1,1	52
2016	110-350	222,3	17-510	163,9	1,3	44
2017	129-325	204,4	31-397	129,6	1,4	55
2018	130-294	180	36-402	116	1,6	17

Данные биологического анализа показывают, что минимальные показатели у рыб из нижнего озера Кольсай смещены в большую сторону. Тогда как у особей, обитающих в озере Средний Кольсай, максимальные значения немного уступают. Незначительная разница в значениях биологических признаков может быть связана с абиотическими показателями водоемов. Наиболее высокие и схожие значения упитанности по Фультону наблюдаются у особей, исследованных в 2013 и 2018 гг., причем в обеих водоемах. Возможно в эти годы существовали благоприятные гидрологические условия для популяции форели, а так же более высокая обеспеченность кормовой базой. В целом, на сегодняшнее время по основным биологическим параметрам, за годы исследования радужная форель на Кольсайских озерах растет равномерно и стабильно, а также фенотипов не обнаружено.

Крупные экземпляры попадаются редко, но тем не менее в протяжении исследования были отловлены довольно крупные экземпляры радужной форели: в 2012 году на среднем озере Кольсай длина радужной форели составила 500 мм., в 2018 г. из оз. нижний Кольсай длина особей составила 545 мм.

У большинства анализированных особей (90%) в брюшной полости присутствовали жировые отложения, что свидетельствует о хорошей обеспеченности пищей. В водоемах естественного ареала кормовыми объектами радужной форели являются насекомые как водные, так и наземные [1], т.е. по характеру питания она является эврифагом. В наших сборах было просмотрено содержимое желудков 20 экземпляров рыб. Основным объектом питания радужной форели оказались имаго и личинки летающих наземных насекомых отрядов *Coleoptera* – жуки, *Diptera* – двукрылые, *Hemiptera* – полужесткокрылые, *Hymenoptera* – перепончатокрылые. А так же в зависимости от сезона менялись доминирующие компоненты в пище форели. Такое явление объясняется биологической особенностью рыб, так как они реагируют на движущие объекты, а так же сезоном отлова рыб, поскольку материал был собран летом, в это время года, как правило, преобладают наземные беспозвоночные. Хотя в водоеме численность донных беспозвоночных была высокая, но ими рыба практически не питалась. Упитанность по Фультону исследованных особей из оз. Нижний Кольсай варьировала от 1,3 г до 1,5 г, а на оз. средний Кольсай от 1,1 г до

1,6 г., что указывает о хорошей обеспеченности кормовой базой.

В соотношении полов в 2012 – 2014 гг. преобладают самки, тогда как по данным 2011 г. самцы, напротив, преобладали в 2,2 раза. В 2017 году половой состав сходен с таковым в 2016 году, с небольшим преобладанием самок.

Половозрелыми в водоеме радужная форель становится в 2-3 года жизни. В конце июля 2014 г. большая часть рыб – почти 50 % находилась на II стадии зрелости гонад, около 35 % – на III стадии, что в целом явление нормальное, учитывая высокогорье. В 2017 году подавляющее большинство отловленных рыб находилось на III стадии развития гонад. Половое созревание отмечалась у рыб с 2 года жизни. В 2018 году в уловах оз. средний Кольсай соотношение полов особей составил 1:4,7 с преобладанием самцов, в оз. нижний Кольсай преобладают самки (1:1,4). В текущем году в озерах гонады исследованных рыб находились на III стадии развития с преобладанием самок (62%).

Нами впервые за долгие годы дается полная морфометрическая характеристика радужной форели из озера Нижнего Кольсай. Последние известные морфометрические данные отмечаются в работах Сидоровой [1] за первые годы вселения. Для морфологического анализа рассматривали 29 пластических и 23 меристических признака. Результаты сравнительных морфометрических характеристик представлены в таблице 2.

Выборки радужной форели из оз. нижний Кольсай между собой достоверно ($T_{st} > 2.2$, что превышает 5% уровень значимости) различаются по следующим признакам; по счетной (число позвонков) и пластической (расстояние грудных плавников, длина брюшного плавника, длина верхней лопасти хвостового плавника). Возможной причиной отличия этих признаков являются гидрологические показатели водоема, поскольку в 2017 г. исследования температура на оз. Нижний Кольсай была ниже по сравнению с 2018 г. В целом, большинство признаков остаются стабильными.

По результату анализа максимальные и минимальные пределы морфологических признаков варьировали в пределах в известных данных для этой рыбы. Однако, колебания значений большинства счетных признаков объясняются видовым приспособлением, позволяющим выживать в достаточно широком диапазоне изменений условий среды.

Таблица 2 – Сравнительная морфометрическая характеристика радужной форели из оз. Нижний Кольсай

Признаки	2018 n=31	2017 n=15	Литературные данные [1]	Сравнение выборок 2017-2018		
				$d^2_{1,2}$	CD	Pi/Tst
	<u>Min-max</u> M ±m	<u>Min-max</u> M ±m	<u>Min-max</u> M ±m			
L	<u>142-219</u> 177,5±19,50	<u>137-247,5</u> 198,2±33,08	-	0,28	0,34	5>1,95
l	<u>122,5-194,5</u> 153,7±17,61	<u>118-223</u> 173,5±29,73	-	0,33	0,36	5<2,03
l(S)	<u>133-212</u> 167,5±18,89	<u>128-229</u> 186,4±30,07	<u>272-339</u> 297± 0,29	0,23	0,33	5>1,91
Q	<u>32,8-119,8</u> 62,9±19,37	<u>27-161,4</u> 96,3±41,36	<u>210-440</u> 327,7± 0,76	0,31	0,46	1>2,56
q	<u>24,1-98,5</u> 50,6±16,40	<u>21,2-140,6</u> 80,2±35,16	-	0,31	0,48	1>2,64
Fulton	<u>1,43-2,06</u> 1,66±0,13	<u>1,34-2,03</u> 1,69±0,12	-	0,00	0,08	5>0,50
Clark	<u>0,95-1,59</u> 1,32±0,10	<u>1,17-1,69</u> 1,4±0,10	-	0,01	0,25	5>1,58
Ass	<u>0,08-0,33</u> 0,21±0,07	<u>0,06-0,25</u> 0,19±0,04	-	-	-	-
Счетные признаки						
l.l.	<u>125-141</u> 133,6±3,46	<u>119-141</u> 133,7±4,31	<u>117-127</u> 121,19±0,48	0,31	0,00	5>0,01
Dr	<u>1-4</u> 2,3±0,50	<u>2-3</u> 2,3±0,39	-	0,15	0,05	5>0,35
D soft	<u>10-14</u> 10,7±0,57	<u>10-13</u> 11,2±0,88	<u>9,5-12,5</u> 11,14±0,11	0,04	0,25	5>1,53
Ar	<u>1-3</u> 1,8±0,40	<u>1-3</u> 1,8±0,43	-	0,03	0,02	5>0,15
A soft	<u>9-12</u> 10,6±0,75	<u>10-14</u> 11,0±0,93	<u>9,5-11,5</u> 10,7± 0,10	0,21	0,18	5>1,07
Pr	<u>1-1</u> 1,0±0,00	<u>1-1</u> 1,0±0,00	-	0,00	0,00	5>0,00
P soft	<u>13-14</u> 13,5±0,50	<u>12-14</u> 13,3±0,53	-	0,05	0,19	5>1,17
Vr	<u>1-1</u> 1,0±0,00	<u>1-1</u> 1,0±0,00	-	0,00	0,00	5>0,00
V soft	<u>8-9</u> 8,5±0,50	<u>8-9</u> 8,7±0,39	-	0,05	0,26	5>1,67
Sp.br.	<u>15-19</u> 17,6±0,82	<u>17-20</u> 18,7±0,72	<u>17-21</u> 18,65± 0,17	0,25	0,59	5>1,87
Vert com	<u>52-63</u> 59,8±1,76	<u>58-66</u> 61,1±1,22	<u>59-63</u> 60,55±0,16	0,13	0,32	5<2,05
Пластические признаки В% 1						
aD	<u>45,5-65,3</u> 48,8±1,80	<u>42,6-52,5</u> 47,6±1,97	<u>39,2-44,3</u> 41,95± 0,20	0,20	0,20	5>1,31
pD	<u>22,5-45,7</u> 34,4±2,80	<u>29,9-41,0</u> 33,8±1,74	<u>32,8-39,9</u> 35,9±0,35	0,48	0,09	5>0,61

Признаки	2018 n=31	2017 n=15	Литературные данные [1]	Сравнение выборок 2017-2018		
	<u>Min-max</u> M ±m	<u>Min-max</u> M ±m		<u>Min-max</u> M ±m	d ² _{1,2}	CD
lca	<u>16,7-23,6</u> 20,0±1,57	<u>18,6-22,6</u> 20,5±0,98	<u>14,2-18,0</u> 15,82±0,12	0,48	0,15	5>1,01
aP	<u>16,8-24,2</u> 21,3±0,85	<u>19,1-24,5</u> 22,3±0,92	-	0,03	0,39	5<2,42
aV	<u>33,9-62,9</u> 52,2±2,38	<u>45,3-56,4</u> 52,2±1,80	<u>44,3-51,7</u> 47,49±0,16	0,50	0,13	5>0,68
aA	<u>69,3-82,1</u> 73,7±2,20	<u>63,7-77,0</u> 72,9±2,60	<u>64,3-69,4</u> 66,45±0,18	0,05	0,12	5>0,77
PV	<u>28,8-35,9</u> 32,3±1,24	<u>25,1-35,3</u> 31,6±1,87	<u>24,3-32,5</u> 28,76±0,23	0,38	0,17	5>1,00
VA	<u>18,5-25,2</u> 22,0±1,16	<u>17,0-23,5</u> 21,0±1,35	<u>17,5-21,3</u> 19,59±0,16	0,01	0,29	5>1,78
c	<u>21,4-26,1</u> 23,7±0,90	<u>21,1-26,7</u> 23,8±1,33	<u>18,1-23,4</u> 20,52±0,21	0,43	0,03	5>0,15
ao	<u>4,7-7,3</u> 5,7±0,40	<u>4,4-7,6</u> 5,9±0,74	<u>5,0-7,5</u> 5,91±0,11	0,54	0,13	5>0,72
ov left	<u>3,9-6,3</u> 5,1±0,46	<u>4,1-6,6</u> 5,2±0,36	-	0,00	0,05	5>0,31
ov right	<u>4,1-6,6</u> 5,2±0,46	<u>3,6-6,6</u> 5,1±0,41	<u>3,3-4,5</u> 3,17±0,04	0,01	0,04	5>0,24
op	<u>8,6-13,2</u> 11,6±0,76	<u>9,9-14,3</u> 12,1±0,91	<u>10,2-128</u> 11,17±0,11	0,01	0,26	5>1,61
lmx	<u>6,3-13,5</u> 8,9±1,53	<u>7,2-14,3</u> 9,8±0,86	<u>9,2-14,0</u> 10,89±0,20	0,13	0,27	5>1,78
lmd	<u>9,4-16,9</u> 11,8±1,44	<u>10,0-16,2</u> 12,2±1,07	<u>10,8-15,8</u> 12,60±0,22	0,07	0,12	5>0,78
io	<u>5,6-11,8</u> 6,9±0,58	<u>5,8-7,8</u> 6,8±0,64	-	0,26	0,08	5>0,50
hco	<u>9,7-16,7</u> 11,7±1,03	<u>10,3-13,1</u> 11,5±0,74	-	0,50	0,09	5>0,63
hc	<u>14,5-17,8</u> 16,0±0,64	<u>14,3-18,1</u> 16,3±0,66	<u>12,5-16,3</u> 13,99±0,18	0,04	0,13	5>0,80
H	<u>22,4-28,2</u> 24,9±1,13	<u>22,0-27,4</u> 24,3±0,91	<u>18,7-24,2</u> 21,82±0,21	0,09	0,25	5>1,61
h	<u>8,6-10,7</u> 9,6±0,44	<u>8,5-11,3</u> 9,6±0,59	<u>8,4-10,6</u> 9,25±0,08	0,20	0,01	5>0,04
lD	<u>12,9-20,9</u> 15,0±1,01	<u>11,7-15,8</u> 14,2±0,92	<u>11,6-14,9</u> 12,70±0,11	0,35	0,28	5>1,85
hD	<u>11,0-22,3</u> 16,3±1,59	<u>11,4-17,9</u> 15,6±1,10	<u>10,2-13,4</u> 11,79±0,12	0,29	0,19	5>1,28
lA	<u>7,0-14,6</u> 10,6±1,00	<u>8,5-12,4</u> 10,7±0,71	<u>9,2-11,3</u> 10,21±0,08	0,23	0,06	5>0,40
hA	<u>8,8-16,0</u> 13,6±1,22	<u>10,5-16,4</u> 13,9±0,94	<u>9,8-12,0</u> 10,82±0,08	0,07	0,10	5>0,63
lP	<u>13,9-18,4</u> 16,1±0,80	<u>12,1-19,1</u> 16,2±1,51	<u>13,5-17,5</u> 14,87±0,14	0,97	0,05	5>0,29

Признаки	2018 n=31	2017 n=15	Литературные данные [1]	Сравнение выборок 2017-2018		
	<u>Min-max</u> M ±m	<u>Min-max</u> M ±m		<u>Min-max</u> M ±m	d ² _{1,2}	CD
IV	<u>11,7-15,4</u> 13,3±0,72	<u>10,8-14,9</u> 12,7±0,83	<u>10,2-14,4</u> 11,61±0,13	0,02	0,33	5<2,06
ICs	<u>17,2-23,0</u> 20,6±1,16	<u>16,5-21,6</u> 19,4±1,26	-	0,06	0,43	1>2,56
ICi	<u>6,1-12,5</u> 8,1±0,98	<u>6,6-11,4</u> 8,7±0,80	-	0,06	0,23	5>1,52
ICm	<u>17,8-24,6</u> 20,9±1,42	<u>17,1-22,6</u> 20,5±1,14	-	0,05	0,11	5>0,73

Примечание: L – полная длина рыбы, мм; l – длина рыбы до конца чешуйного покрова, мм; Q – полная масса рыбы, г; q – масса рыбы без внутренностей, г; упитанность рыб рассматривали по (Fulton) Фультону и по (Clark) Кларк. Для полного морфометрического анализа были использованы следующие показатели: aD, aA, aV, aP – расстояние соответственно до спинного, анального, брюшных и грудных плавников; pD – постдорсальное расстояние; lca – длина хвостового стебля, P-V – расстояние от начала грудных до начала брюшных плавников; V-A – расстояние от начала брюшных плавников до начала анального плавника; с – длина головы; ao – длина рыла; o – горизонтальный диаметр глаза; op – заглазничное расстояние; mx, mh – длина и ширина верхней челюсти; md – длина нижней челюсти; io – ширина лба; hc – высота головы у затылка; hco – высота головы в области глаз, H – наибольшая высота тела; h – высота наименьшая, lD – длина спинного плавника, hD – высота спинного плавника, lA – длина основания анального плавника; hA – высота анального плавника; lP – длина грудного плавника; lV – длина брюшного плавника; lC – длина хвостового плавника; lc – длина верхней лопасти хвостового плавника, lci – длина нижней лопасти хвостового плавника, lcm – длина средней лопасти хвостового плавника; l.l. left, l.l. right – число чешуй в боковой линии слева и справа соответственно; sup left, sup right – над в боковой линии слева и справа соответственно; int left, int right – под в боковой линии слева и справа соответственно; Dr, Ds – количество неветвистых и ветвистых лучей в спинном плавнике; Ar, Asf – количество неветвистых и ветвистых лучей в анальном плавнике; P, V – количество лучей в грудных и брюшных плавниках; Sp.br. – количество жаберных тычинок; Vert. – количество позвонков.

Для оценки качества водной среды и степени нарушения стабильности развития использовали методику асимметрии. Средняя частота асимметричного проявления на признаках в выборке 2018 г. составляет $0,21 \pm 0,07$, у особей, отловленных в 2017 г., равно $0,19 \pm 0,04$. Значение показателя асимметрии по пятибалльной шкале соответствует одному баллу. Значение интегрального показателя асимметрии, соответствующее одному баллу, наблюдается обычно в благоприятных условиях среды обитания. Это говорит о том, что для рыб среда обитания в водоеме благоприятная.

По данным исследования роста и возраста рыб в 2017 и 2018 гг. доминировали младше-возрастные группы популяции. В 2017 году полученная возрастная структура сходна с данными 2016 года, в уловах преобладают 2-летние особи. В 2018 году научный улов из оз. средний Кольсай составили 2-3 летние особи. В оз. нижний Кольсай присутствовали крупные особи, максимальный возраст составили 10-летние рыбы, однако среди них отсутствовали 7-8-летние особи. Возможной причиной отсутствия и низкой встречаемости крупных размеров рыб в

уловах является переуплотнение популяции в озере. В связи с недостаточным пространством рыба ограничена ростом до максимума, хотя есть данные о том, что радужная форель в хороших условиях может дожить до 11 лет [14]. По опросным данным сотрудников парка, крупная рыба во время нереста поднимается вверх по реке Кольсай для размножения, и после чего уходит на дно озера, это объясняет возможное отсутствие в научных сборах крупных особей. В пределах линейных размеров не отмечалось больших различий, пределы примерно совпадают между собой.

В оз. Нижний Кольсай условия жизни, т.е. обеспеченность кормовой базой весьма благоприятная, о чем свидетельствует сравнительный быстрый рост. Максимальный возраст отловленных рыб в оз.Нижний Кольсай составил 10 лет, а минимальный 2+ года. Однако, средневозрастные рыбы – от 5 до 8 лет отсутствовали.

В оз. Средний Кольсай сбор материала составили рыбы возраста от 2+ до 4+, хотя здесь могли быть более крупные и взрослые рыбы, однако с затрудненным обловом в данном водоеме нами их не было обнаружено.

Выводы

На основании полученных данных современное состояние популяций радужной форели в Кольсайских озерах оценивается как благополучное. Биологические параметры остаются в пределах нормы, выраженных отклонений не выявлено. В настоящее время гидрологическая характеристика водоема благоприятна для устойчивого существования популяции. Это подтверждается результатами анализов гомеостаза развития (асимметрия не выражена).

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность за помощь в определении объектов питания рыб старшего научного сотрудника лаборатории гидробиологии и гидроаналитики PhD доктора Ж.О. Мажобаевой. Искреннюю признательность авторы выражают анонимному рецензенту за внимательное прочтение рукописи и ряд ценных замечаний по существу ее содержания.

Литература

- 1 Сидорова А.Ф. *Salmo gairdneri* Richardson – радужная форель, жилая форма стальноголового лосося // Рыбы Казахстана. Т. 5. С. 56-125.
- 2 Климов Ф.В., Мамилев Н.Ш. Современный состав ихтиофауны р. Шелек в горной и предгорной зонах // Вестник КазНУ. Серия экологическая, №1 (33). 2012. С. 85-87.
- 3 Дорофеева Е.А., Савваитова К.А. *Salmonidae* // Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. – М.: Наука, 1998. – С. 34-35.
- 4 Баймуханов М.Т. Состояние гидробионтов водоемов особо охраняемых природных территорий Республиканского значения Восточно-Казахстанской и Алматинской областей Казахстана (информационно-аналитическое пособие). Алматы, 2017. – Ч.3. –135 с.
- 5 Спановская В.Д., Григораш В.А. К методике определения плодовитости одновременно и порционно нерестующих рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс, 1976. – Ч. 2. – С. 54-62.
- 6 Мельникова А.Г. Оценка запасов рыб в водоёме по уловам набора ставных сетей /Рыбные ресурсы Камско-Уральского региона и их рациональное использование //Материалы науч.-практ. конф. (5-6 ноября 2008). – Пермь, 2008. – 168 с.,
- 7 Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.
- 8 Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
- 9 Майр Э. Принципы зоологической систематики. – М.: Мир, 1971. – 454 с.
- 10 Андреев В.Л., Решетников Ю.С. Исследование внутривидовой морфологической изменчивости сига *Coregonus lavaretus* (L.) методами многомерного статистического анализа // Вопросы ихтиологии. 1977. – Т.17, вып. 5. – С. 862-878
- 11 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
- 12 Holcik J. General introduction to fishes. 2. Determination criteria // The freshwater Fishes of Europe.- Aula-Verlag Wiesbaden. – 1989. -Vol.1. Part 2. – P. 38-58.
- 13 Захаров В. М. Асимметрия животных популяционно-феногенетический подход. – М.: Наука, 1987. – 216 с.
- 14 McAfee W.R. Rainbow trout. *Inland Fish.Manag.*, California. Dept. Fish and Game. – 1966. – P. 192-215.

References

- 1 Andreev V.L., Reshetnikov YU.S. (1977) Issledovanie vnutrividovoj morfologicheskoj izmenchivosti siga *Coregonus lavaretus* (L.) metodami mnogomernogo statisticheskogo analiza. // Voprosy ihtiologii.. vol.17, no 5, pp. 862-878.
- 2 Bajmukanov M.T. (2017) Sostoyanie gidrobiontov vodoemov osobo ohronyaemyh prirodnyh territorij Respublikanskogo znacheniya Vostochno-Kazahstanskoy i Almatinskoy oblastej Kazahstana (informacionno-analicheskoe posobie). Almaty. – vol. 3, pp. 135.
- 3 Chugunova N.I. (1959) Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb. M.: Izd-vo AN SSSR. pp. 164.
- 4 Dorofeeva E.A., Savvaitova K.A. (1998) *Salmonidae* //Annotirovannyj katalog kruglorotykh i ryb kontinental'nyh vod Ros-sii. M.: Nauka. pp. 34-35.
- 5 Holcik J. (1989) General introduction to fishes. 2. Determination criteria // The freshwater fish of Europe. Aula-Verlag Wiesbaden.vol.1, no 2, pp. 38-58.

- 6 Klimov F.V., Mamilov N.SH. (2012) Sovremennyy sostav ihtiofauny r. Shelek v gornoj i predgornoj zonah // Vestnik KazNU. Seriya ehkologicheskaya, no 1 (33), pp. 85-87.
- 7 Lakin G.F. (1990) Biometriya. M.: Vysshaya shkola. pp.- 352.
- 8 Majr EH. (1971) Principy zoologicheskoy sistematiki. M.: Mir. pp. 454.
- 9 McAfee W.R. (1966) Rainbow trout. Inland Fish.Manag. // California. Dept. Fish and Game. pp. 192-215.
- 10 Mel'nikova A.G. (2008) Ocenka zapasov ryb v vodoyome po ulovam nabora stavnyh setej /Rybnye resursy Kamsko-Ural'skogo regiona i ih racional'noe ispol'zovanie // Materialy nauch.-prakt. konf. (5-6 noyabrya 2008). Perm. pp. 168.
- 11 Pravdin I.F. (1966) Rukovodstvo po izucheniyu ryb. M.: Pishhevaya promyshlennost. pp.376.
- 12 Sidorova A.F. (1992) Salmo gairdneri Richardson – raduzhnaya forel', zhilaya forma stal'nogolovogo lososya // Ryby Kazhstana. vol. 5, pp. 56-125.
- 13 Spanovskaya V.D., Grigorash V.A. (1976) K metodike opredeleniya plodovitosti edinovremenno i porcionno nerestuyushchih ryb // Tipovye metodiki issledovaniya produktivnosti vidov ryb v predelah ih arealov. Vil'nyus, vol. 2, pp. 54 – 62.
- 14 Zaharov V. M. (1987) Asimmetriya zhivotnyh populyacionno-fenogeneticheskij podhod. M.: Nauka. pp. 216.

Насыров Н.Б., Курманбаева М.С.

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: nasyrov.nurzhigit.1996@gmail.com

АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫ ӘЙТЕКЕ БИ АУДАНЫ ҚАЙРАҚТЫ АУЫЛДЫҚ ОКРУГІНДЕГІ МАЛ ЖАЙЫЛЫМДАРЫНДАҒЫ ӨСІМДІКТЕРДІҢ МӘДЕНИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ

Бұл мақалада Ақтөбе облысы Әйтеке би ауданы Қайрақты ауылдық округіндегі мал жайылымдық жерлердегі өсімдіктердің систематикалық тізімі, геоботаникалық сипаттамасы, культур-техникалық жағдайы, шаруашылық маңызы мен малазықтық қоры туралы қарастырылған. Сонымен бірге, зерттелген ауданның географиялық жағдайы, жер бедері, су ресурстары, климаты және топырақ жамылғысы толықтай зерттеліп, талдаулар жасалынды. Округ бойынша жалпы жайылымдық жерлер көлемі анықталып, олардың өсімдіктер қауымдастығы бойынша типтерге жіктелуі мен контурлар түзуі көрсетілді. Зерттеу нәтижесінде 30 түрлі өсімдіктер қауымдастығының типтері анықталып, 12 типше мен 13 модификация ажыратылды. Типтер 16 топқа жіктеліп, әрқайсысына жекелей тоқталып сипаттама берілген.

Мал азықтық жайылымдардың маусымдық пайдаланылуы мен онда жүргізілетін іс-шаралар туралы, жалпы жемшөп қоры мен оның шаруашылықта тұтынылуы жөнінде нақтылы мәліметтер алынды. Нәтижесінде, округ аймағында 24 тұқымдасқа жататын 88 түрлі өсімдіктер тіркеліп, олардың 22 түрі малазықтық шөп қатарында екені анықталды. Олардың ішінде мал жейтін немесе аз желінетін, сондай-ақ, улы және дәрілік өсімдіктер де байқалды. Округ бойынша, деградацияға ұшыраған жайылымдарды қысқарту мақсатында, 1030 га жерде мал жаюды қалыпқа келтіру, 4970 га жерде жайылым күшін азайту, 93 га жерде арамшөптермен күрес жүргізу секілді ұсыныстар жасалды. Алынған нәтижелер бойынша, зерттелген аймақтың картасы сызылып, көрсеткіштер тіркеуге алынды.

Түйін сөздер: жайылымдық жерлер, жер бедері, су ресурстары, топырақ жамылғысы, климат, өсімдіктер қауымдастығы, жемшөп қоры, мал жаю, дәрілік өсімдіктер.

Nasyrov N.B., Kurmanbaeva M.S.

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: nasyrov.nurzhigit.1996@gmail.com

Assessment of cultural-technical condition of plants in pastures of Kayrakta rural district of Aitekebi district of Aktobe region

This article provides a systematic list of plants, geobotanical characteristics, cultural and technical condition, economic values and forage reserves of pastures in the Kayrakta rural district of Aitekebi district of Aktobe region. In addition, the geographical location of the study area, topography, water resources, climate and soil cover were fully studied and analyzed. The total number of pastures is determined by districts, and their classification and contours are shown on plant associations. The study revealed 30 types of plant associations, 12 subtypes and 13 modifications. Types are divided into 16 groups, each of which is described individually.

Detailed information was obtained on the seasonal use of pastures and the events held there, the total feed stock and its consumption in agriculture. As a result, 88 species from 24 plant families were recorded in the area, 22 of which are eaten by livestock. Among them are eaten or poorly eaten, as

well as toxic and medicinal plants. In order to reduce degraded pastures, recommendations were made to improve livestock grazing on 1,030 hectares, reduce pastures on 4,970 hectares and fight weeds on 93 hectares. Based on the results obtained, maps of the study area were mapped and indicators were recorded.

Key words: pastures, topography, water resources, soil cover, climate, plant associations, feed stock, livestock grazing, medicinal plants.

Насыров Н.Б., Курманбаева М.С.

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: nasyrov.nurzhigit.1996@gmail.com

Оценка культурно-технического состояния растений в пастбищах Кайрактинского сельского округа Айтекебийского района Актюбинской области

В данной статье приведен систематический перечень растений, геоботанических характеристик, культурно-технического состояния, хозяйственные ценности и кормовой запас пастбищ в Кайрактинском сельском округе Айтекебийского района Актюбинской области. Кроме того, были полностью изучены и проанализированы географическое положение исследуемого района, рельеф, водные ресурсы, климат и почвенный покров. По районам определено общее количество пастбищных угодий, а их классификация и контуры показаны на ассоциациях растений. В результате исследования было выявлено 30 типов растительных ассоциаций, 12 подтипов и 13 модификаций. Типы делятся на 16 групп, каждая из которых описывается индивидуально.

Была получена подробная информация о сезонном использовании пастбищ и проводимых там мероприятиях, общем кормовом фонде и его потреблении на сельском хозяйстве. В результате в районе было зарегистрировано 88 видов из 24 семейств растений, 22 из которых поедается скотом. Среди них есть поедаемые или плохопоедаемые, а также токсичные и лекарственные растения. В целях сокращения деградированных пастбищ были даны рекомендации по улучшению выпаса скота на 1030 га, сокращению пастбищ на 4970 га и провести борьбу с сорной растительностью на 93 га. На основании полученных результатов были составлены карты исследуемой территории и зафиксированы показатели.

Ключевые слова: пастбищная угодья, рельеф, водные ресурсы, почвенный покров, климат, ассоциация растений, кормовой запас, выпас скота, лекарственные растения.

Қысқартулар

Га – гектар

1. Кіріспе

Мал жайылымындағы өсімдіктерден мол өнім алу үшін топырақты сумен, ауамен, қоректік заттармен қамтамасыз ету тәртібін жақсартуға, оны жел, су эрозиясы сияқты қатерлі құбылыстардан қорғауға мәдени-техникалық жұмыстардың мүмкіндігі орасан зор. Яғни, жерді жақсартуға бағытталған техникалық және шаруашылық-ұйымдастырушылық шаралар жиынтығы, мал жайылымдарының топырағын жақсартуға және онда өсетін өсімдіктерге тигізетін әсері мол. Осы орайда, мал жайылымындағы өсімдіктердің құрамын, экологиялық-биологиялық ерекшеліктерін ескеріп, геоботаникалық зерттеу жүргізу аса маңызды.

Малдардың жайылымға әсер етуін реттеу, ол мал жаю деңгейін және мал жайылым

тәртібін қадағалап, ғылыми негізде үйлестіріп отыру мүмкіндіктерін пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Барлық жайылым түрлерінде өсетін және жайылым азығы қауымдастықтарын құрайтын өсімдіктердің өсіп-жетілуінің биологиялық ерекшеліктерін зерттеу қажет етіледі [1]. Үй жануарларының өсімдіктерге тигізетін әсерінің сипаты сол өсімдіктердің ерекшеліктеріне, мал жаю мерзіміне, оның деңгейіне және жайылатын мал түрлері мен тұқымдарына байланысты болып табылады [2]. Жер бетіне адам пайда болғанға дейін де, тұяқты жабайы малдар топ-тобымен, кейде өте көлемді топ (табын) құрап жайылған, алайда, олардың өсімдік қауымдастықтарына ерекше әсер етуі тек суаттар маңында, жолдардың жиектері маңайында ғана байқалған. Ал, кейінгі есепсіз мөлшердегі үй жануарларын алдына салып баққан адамдар тіршілігі кең байтақ алқаптардың өсімдік қауымдастықтарын түбегейлі өзгерістерге ұшыратып отыр [3]. Малдар барлық өсімдіктерді бірдей жей бермейді, сондық-

тан малды бір жерге үздіксіз жайғанда, малға ұнамды өсімдіктер біртіндеп жоғалады да, олар жемейтін, улы, тікенді, қатты түкті, т.б. өсімдіктер басым мөлшерде көбейіп кетеді. Малдар жеген шөптерімен бірге шалғындықтан қоректік заттарын да алып отырады. Бұл қоректік заттардың тек бір бөлігі ғана олардың қиымен бірге қайта оралады, өйткені тәуліктің белгілі бір бөлігін шалғындықта емес, қораларда немесе шалғындыққа барып қайтатын жолдарында өткізеді [4]. Далалық жерлерде мал жаю құрғақшылыққа төзімсіздеу өсімдіктердің орнына біртіндеп, оған барынша төзімді өсімдіктердің көбеюіне әкеп соғады. Далалық жерлер мен шалғынды аймақтар өсімдік қауымдастықтарының мал жаюдың әсерінен өзгеру сатылары жақсы зерттелген болатын. Табиғи жайылымдарда тікелей бақылаулар жүргізуден басқа, өсімдік түрлерін зерттеуші американдық ғалымдар «тұрақты шаршы» әдісін кеңінен қолданған. Осындай жағдайда, белгілі бір жерлерді торкөзді металл торлармен қоршау жолымен, сол араның өсімдіктеріне қандай да бір сүтқоректілердің әсер етуін болдырмаған болатын. Кейбір жерлерге үй жануарлары кірмейтіндей, кендеу қоршаулар қойып, кеміргіштердің енуіне мүмкіндік жасаған еді. Соңында, үшінші жердегі өсімдіктер малдардың да, кеміргіштердің де әсеріне ұшыратылған. Мұндай тәжірибелердің нәтижесі тайға таңба басқандай көрініп, мал жаю тәртібі мен жайылымға түсетін салмақ әртүрлі болғанда мал түрлері өсімдіктерге қалай және қаншалықты әсер ететінін білуге мүмкіндік берген болатын [5]. Жайылым шөптерін пайдаланудың теориялық негіздерін В.Р. Вильямс, С.П. Смелов, Л.Г. Раменский, Т.А. Работнов, И.А. Цаценкин, Н.Т. Нечаева, О.М. Морозова, З.Ш. Шамсутдинов сияқты белгілі ғалымдар ғылымға үлесін қосқан. Қазақстан аумағында бұл бағыт бойынша жұмыс жүргізген ғалымдар: И. В. Ларин, И.Г. Андреев, Ж.А. Жамбакин, А.Ф. Мельник, К.М. Молдабекова, А.П. Макаров [6].

Осы еңбектерді негізге ала отырып, еліміздің батыс аудандарында мал жайылымдық жерлердің шаруашылықта пайдаланылуы мен онда жүргізілетін негізгі жұмыстар туралы зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу аймағы ретінде Ақтөбе облысы Әйтеке би ауданының оңтүстік-батыс бөлігінде орналасқан Қайрақты ауылдық округінің мал жайылымдық жерлері алынды. Округ аумағы жер бедерінің сипаты бойынша Орал таула-

рының оңтүстік сілемдерін құрайтын Мұғалжар тауының аймағына жатады. Зерттеу ауданы орналасқан Балаталдық, Ұлыталдық, Талдық өзендері мен Ащысай бұлағының аралықтары Мұғалжар тауларының шығыс тармағы болып саналатын 300 метрлік биіктіктегі жерлер. Ол Талдық өзеніне қарай төмендейтін төбелі жазықтардан тұрады. Өсімдіктер жамылғысы шөлді-далалы аймаққа тән өсімдіктерден тұрады. Мұнда далалық астық тұқымдастар мен шөлдік бұталар және жартылай бұталар кездеседі. Сонымен қатар флораның бір жылдық элементтерін кездестіруге болады.

Осы бағытта жұмыс барысына қойылған негізгі міндеттер:

1) Қайрақты ауылдық округінің табиғи жағдайларына тоқталу (жер бедері, климаты, су ресурстары, топырақ жамылғысы);

2) Округ аумағындағы негізгі өсімдік топтары мен түрлерін анықтап, систематикалық тізімін жасау;

3) Негізгі жайылымдық жерлер мен ондағы өсімдік типтерін анықтап, жайылымдардың малазықтық өнімділігін есептеу;

4) Жайылымдарды жақсарту мақсатында жүргізілетін шараларды ұйымдастыру жолдары.

2. Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу аймағы ретінде Ақтөбе облысы Әйтеке би ауданы Қайрақты ауылдық округіндегі мал жайылымдық жерлер алынды. Зерттелген аумақтың жалпы ауданы 78941 га. Негізгі ауыл маңындағы және мал жаю өрістері болып табылатын жайылымдық жерлер маңызды зерттеу жүргізуге қажетті болды.

Мұндағы ауыл шаруашылық қарауындағы жерлердің барлығы дерлік мал ұстауға арналған жайылымдар. Тек ішінара шабындықтар мен егістіктер кездеседі. Зерттеу барысында аталған округ аумағындағы шаруашылық маңызы бар жайылымдардағы өсімдіктер қауымдастығы зерттеліп, жайылымдық жемшөп қоры мен маусымдық өнімділік деңгейі анықталды.

Геоботаникалық әдіс

Зерттеу жұмыстары геоботаникалық әдістер арқылы үш кезеңде жүргізілді: дайындық, далалық және камералдық кезең.

Дайындық кезеңі. Дайындық кезеңінде жұмыс жүргізілетін нысан және зерттеу масштабы жоспарланады; жұмыстың жүргізілу мерзімі жоспарланып, анықталады; жоспарлық картографиялық материалдар жинақталады,

зерттеу жұмысы жүргізілетін аумақтың шекарасы нақтыланып, бекітіледі; нысан туралы толық әдебиеттермен танысып, өсімдік жабыны, табиғи-климаттық жағдайы, топырақ қабаты туралы мәліметтер жинақталады; талдау жүргізу үшін алдыңғы жылдарда жүргізілген геоботаникалық және топырақ қабатын зерттеу туралы жұмыстардың картографиялық материалдары жинақталады; топокарталар, фотопландалар, сызбалар таңдалып алынады.

Далалық кезең. Бұл кезеңде территорияны рекогносцировкалық (алдын ала зерттеу) зерттеу, малазықтық алқаптарды геоботаникалық картаға түсіру, өсімдіктер жабыны мен топырағын сипаттау, табиғи малазықтық алқаптардың мәденитехникалық жағдайын сипаттап, оларды тиімді пайдалану және жақсарту шараларын анықтау, азықтық өнімділігі мен азықтың сапасын анықтау, химиялық талдау жасауға өсімдік үлгілерін алу және далалық кезеңде жиналған материалдарды өңдеу жұмыстары жүргізіледі [7].

Камералдық кезең. Далалық кезеңде жинақталған материалдар өңделеді. Өңдеу жұмыстары кезінде зерттелетін территорияның флоралық құрамы анықталып, нақтыланады; типологиялық құрамы қалыптастырылады, табиғи малазықтық алқаптар типтерінің классификациясы жасалады; шабындықтар мен жайылымдардың өнімділігі есептеледі (мерзім бойынша); табиғи малазықтық алқаптардың геоботаникалық картасы жасалынып, мәденитехникалық жағдайы және тиімді пайдалану жөнінде ұсыныстар жасалады [8].

Өнімділікті анықтау әдістері

Табиғи жайылымдардың өнімділігін анықтауда өнімділікті есептеудің екі әдісі қолданылады. Олар: ору әдісі (төртбұрыш алаңша) және моделдік өсімдік немесе бұта әдісі (тік төртбұрыш алаңша – трансект). Бірінші әдіс шөптесін және жартылай бұта өсімдіктер үшін, екіншісі – бұта және бірең-сараң жартылай бұта өсімдіктер үшін қолданылады [9].

Ору әдісі. Сипаттама жүргізетін жерде 1 x 1 м төртбұрыш ору алаңшасы пайдаланылады. Егер қауымдастықтың проективтік жабыны біркелкі болса, ору алаңшасы 4 қайтара, ал өсімдігі сирек болса, алаңшасы 8 қайтара салынуы керек. Бұталы жайылымдарда бұталар арасындағы ашық жерге 1x2,5 м ору алаңшасы салынады.

Өнімділігін анықтау кезінде жалпы салмағы (желінбейтін өсімдік түрлерін қоса) және

гектарына центнер азықтық құрғақ салмағы (бір ғана малмен болса да, желінетін өсімдік) алынады. Сонымен бірге өсімдіктің зерттеу кезінде ылғал салмағы да өлшенеді, ол өсімдіктің кебу коэффициентін анықтау үшін керек. Сондықтан әрбір онкүндікте бір рет өсімдіктің ылғал салмағы өлшеніп тұрады. Барлық мәлімет бланкіге толтырылып, өлшемі центнерге айналдырылады.

Модельдік өсімдік әдісі. Әдістің дәлдігі алдымен өсімдіктің орташа өлшемін анықтау дәлдігіне, модельдік өсімдікті таңдауға және санына байланысты. Бұл әдіс бұта, жартылай бұта және ірі шөптесін өсімдіктердің өнімділігін анықтау үшін қолданылады. Модельдік әдісте 10x10 м трансект салынады. Трансекттің ішіндегі бұталар биіктігі мен диаметрі бойынша 2-3 топқа біріктіріледі. Әр топтан ұсақтарынан 5-10, ірілерінен 1-2 өсімдік алынады, олардың тобы бойынша ылғал және құрғақ салмағы өлшенеді. Содан соң бір өсімдіктің орташа салмағы есептелініп, гектарындағы өсімдік санына шаққандағы өнімділігі есептеледі. Бұталардың дана саны әрбір сипаттау кезінде алынып, өнімділігі декадада бір рет өлшенеді [10].

3. Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Геоботаникалық зерттеу аймағының зерттелген бөлігі, компьютерлік есептеу нәтижесінде 78941 га құрады, оның ішінде ауыл шаруашылық жерлері – 78508 га, ал басқа қолданыстағы жерлер – 433 га болды. Масштабы 1:50000.

Ауыл шаруашылық жерлерінің барлығы жайылымдық жерлер – 78508 га, ал басқа қолданыстағы жерлерден: жапырақты ормандар – 169 га, су жүйелері – 194 га, халық қоныстанған жерлер – 70 га.

Агроклиматтық аудандастыру бойынша Қайрақты ауылдық округінің барлық аумағы екі агроклиматтық ауданда орналасқан: Па – құрғақ жылы және Пб – құрғақ ыстық. Климаттық жағдайларына қарай екі аудан да өте ұқсас, бірақ бірінші аудан ылғалды болып келеді.

Орташа тәуліктік температура 0°-тан жоғары болатын кезең 209-230 күнге созылады. Аязсыз кезеңнің созылуы 4-4,5 айды құрайды. Температура 100-ден асатын кезеңдегі жауын-шашын мөлшері – 135-160 мм, ал жылдық жауын-шашын мөлшері I ауданда – 250-320 мм, II ауданда – 135-165 мм-ді құрайды. Жылдық

метеорологиялық зерттеулер үшін бірнеше жылдық салыстыруларды Қарабұтақ метеостанциясының көрсеткіштерімен келтірілген. Ең жылы ай – шілде (20,9°C), ең суық ай – қаңтар (-16,4°C). Жылдық орташа ауа температурасы – 3,5°C. Жауын-шашынның көп мөлшері мамырдан шілдеге дейін және қазан айында түседі. Қыс кезінде жауын-шашын өте аз мөлшерде.

Аталған аумақтың климатының сипаттық ерекшелігі жылдық және тәуліктік температураның шұғыл өзгерісінен туындайтын жоғары континенталдылыққа сәйкес келеді. Жалпыда, 2017-2018 жылдардағы қарастырылған кезең үшін температура жоғары болды. Ал, жауын-шашын мөлшері көпжылдық орташа нәтижелермен салыстырғанда төмен болды да, өсімдіктердің өсуі мен дамуына қолайсыз жағдай туғызды. Геоботаникалық іздестіру материалдары бойынша өнімділік деңгейі зерттеу жүргізілген жылы қарастырылады.

Гидрографиялық желі жеткілікті тұрғыда қамтылған. Мұнда үлкен өзендер жоқ, десе де ұсақ өзендер мен суға толы сайлар көптеп кездеседі. Ауылдық округтің оңтүстік бөлігінен ағып өтетін ең үлкен өзендердің бірі – Талдық. Талдық өзеніне айтарлықтай көптеген ағындар – Балаталдық, Ұлыталдық келіп құяды және үлкен көлемде ағындық топтар құрайды. Бұл өзендердің аңғарлары шаруашылық пен мал жаюға қол жетімді, еңбекке жарамды болып келеді. Өзен ағыны бірнеше ағыстар мен салалардан құралып, қамыс пен қоға секілді өсімдіктермен қамтылған. Өзен ағындары жыл ішінде тұрақты түрде ағыс жасамайды және жыл мезгілдеріне қарай ағыны да әртүрлі деңгейде болады. Өзендердің қоректенуі атмосфералық жағдайда жүреді. Негізінен көктемгі еріген қар суы мен күзгі күнгі жаңбыр суымен қоректенеді.

"Қазақстанның жазықтықты аймақтарының топырағының негізгі диагностикалық көрсеткіштері мен жүйелік тізіміне" сәйкес Қайрақты ауылдық округінің жерлерінде төмендегідей топырақ типтері, тип тармағы, туыстары және түрлері ажыратылды:

- 1) тұзды ашық-сұр топырақ;
- 2) шалғынды кәдімгі ашық-сұр топырақ;
- 3) жағалық шалғынды кәдімгі ашық-сұр топырақ;
- 4) сортаң ашық-сұр топырақ.

Механикалық құрамы – құмды және сазды.

Қайрақты ауылдық округінің аумағы құрғақ далалық дөңді-толқынды жазықта орналасқан.

Мұнда төмендегідей типтер таралған: шөптекті дөңді дақылды, шөптекті дөңді дақылды-жусанды, шөптекті дөңді дақылды жусанды-эфемерлі, тырсалы-эфемерлі, тобылғылы-шөптекті дөңді дақылды-әртүрлі шөпті, қаражусанды, қаражусанды-эфемерлі, қаражусанды-солянкалы, бұйырғынды, бұйырғынды-эфемерлі, ақсоралы-соранды, дөңді дақылды-әртүрлі шөпті, дөңді дақылды-ақмиялы-жусанды, қамысты, ажырықты жайылымдар. Мұндағы климат табиғи өсімдіктердің өсуіне айтарлықтай қолайлы болып табылады.

Шөптекті дөңді дақылды, шөптекті дөңді дақылды-жусанды, шөптекті дөңді дақылды-жусанды-эфемерлі қауымдастықтар аумақтың барлық бөлігінде, ашық-сұр тұзды топырақтарда кеңінен таралған.

Доминанттық ерекшелікке Тырса мен Бетегебоз қау, Кәдімгі бетеге шөптекті дақылдары мен Лерхов, Көкшағыр және Бөрте жусандары ие.

Ауданның көп бөлігінде тобылғылы-шөптекті дөңді дақылды-әртүрлі шөпті, тобылғылы-шөптекті дөңді дақылды-австрия жусанды типтер ашық-сұр тұзды сазды топырақта кеңінен таралған. Олардың арасында жантақтыжусанды-шөптекті дөңді дақылды типтер сайлы жайылымдарда кездеседі.

Ауданның оңтүстік бөліктерінде шағын контур болып тырсыққаулы-эфемерлі тип ашық-сұр топырақта кездеседі.

Ауданның барлық бөліктерінде ұсақ теңбіл түзіп, жер бедерінің азайған элементтерімен бірге қаражусанды, қаражусанды-эфемерлі, қаражусанды-соранды, бұйырғынды, бұйырғынды-эфемерлі, ақсоралы-соранды типтер ашық-сұр сортаң топырақта таралған.

Сайлы және өзен аңғарларындағы жерлерде шалғынды ашық-сұр және жағалық ашық-сұр шалғындық топырақтарда дөңді дақылды-әртүрлі шөпті, дөңді дақылды-ақмиялы-жусанды, қамысты, ажырықты типтер кездеседі.

Далалық зерттеу материалдары бойынша флористикалық тізім 88 түрден, 63 туыстан, 24 тұқымдастан тұрады. Тұқымдастағы түр саны бойынша Астық тұқымдастар – 23 түр, Күрделігүлділер – 19 түр, Алабұталар – 17 түр, Бұршақтар – 6 түр, Лалагүлділер – 3 түр, Тарандар, Шатыргүлділер, Қорғасыншөптер, Ерінгүлділер, Раушангүлділер – 2 түрден және қалған тұқымдастарда тек бір ғана түрден кездеседі. Өсімдіктер жамылғысындағы доминанттарға 21 түр өсімдіктері жатады.

Берілген 21 түрдің барлығы дерлік мал жейтін өсімдіктер. Оның ішінде 4 түр – дәрілік, 4 түр – улы өсімдік түріне жатады. Кең таралған тіршілік формаларының ішінде көпжылдықтар 75 түр, оның ішінде ұзақ вегетациялық кезеңді көпжылдық өсімдіктер – 24 түр, жартылай бұталар – 5 түр. Бір жылдық өсімдіктер – 12 түр, екі жылдықтар – 1 түр ғана.

Зерттеу аймағындағы флораның экологиялық талдаулары көрсеткендей: ксерофиттер жазықтарда, ал мезофиттер өзен аңғарларында кеңінен таралған.

Жер бедерінің элементтері өсімдіктер жамылғысының таралуында маңызды рөл атқарады. Ауданның барлық бөлігінде үлкен аумақты қамтып шөптекті дәнді дақылды жайылымдар, жусандар мен эфемерлермен кешен түзіп таралған. Лерховжусанды және қаражусанды жайылымдар да кең таралған. Өзен аңғарлары мен бұлақтардың жағасында көкпекті жайылымдар жусанды, солянкалы, дәнді дақылды-әртүрлі шөпті, дәнді дақылды-брунцово-жусанды жайылымдармен кешен түзіп таралған. Шөптекті дәнді дақылдармен бірге кездесетін австрия жусаны өсімдік жамылғысының ұрылғанын көрсетеді. Қазақстан Республикасының табиғи жемшөп классификациясына сәйкес зерттелген аумақтағы табиғи жемшөп толқынды және толқынды-төбелі жазықтармен айқындалады, сондай-ақ, әлсіз жетілген және қарапайым оңтүстік кәдімгі сұрғылт топырақпен сипатталады. Зерттеу нәтижесінде 30 түрлі өсімдіктер қауымдастығының типтері анықталып, 12 типше мен 13 модификация ажыратылды. Типтер 16 топқа жіктеліп, әрқайсысына жекелей тоқталып сипаттама берілген. Солардың ішінде басымдыққа ие топтар төменде көрсетілді.

Қаулы жайылымдар тобы, садақбоз қау (тырса) басымдығымен

Типтер мен модификациялар: 2, 3, 4, 5, 2а, 3а, 4А, 4Б, 4Ба.

Жалпы ауданы 29394 га, оның ішінде модификация 2685 га.

Қаулы жайылымдар тобын шөптекті дәнді дақылды, шөптекті дәнді дақылды-эфемерлі, шөптекті дәнді дақылды-ақжусанды, шөптекті дәнді дақылды-жусанды-эфемерлі типтер мен шөптекті дәнді дақылды-жусанды және эфемерлі модификация құрайды. Аталған топтың жайылымдары округ бойынша кең таралған. Топырағы ашық-сұр түсті тұзды. Механикалық құрамы құмды және сазды.

Типтегі доминант – Садақбоз қау (тырса). Кодоминант – шөптекті дәнді дақылдар: Садақбоз қау(тырса), Бетегебоз қау және Кәдімгі бетеге. Субдоминант – эфемер топтары: Толық қиякөлең, Шөл жіңішкемасақ және жусандар: Лерхов және Көкшағыр. Үшінші орында жоғарыда көрсетілген эфемерлер тобы. Модификациядағы доминанттар – сол типтегі шөптекті дәнді дақылдар. Субдоминанттар – жусандар: Көкшағыр, Бөрте, Лерхов.

Топырақтың өсімдіктермен проективті қамтылуы 60-70%-ды құрайды. Шөптекті дәнді дақылдар мен жусандардың биіктігі 30-70 см, эфемерлер мен бөрте жусанының биіктігі 5-20 см, ал эфемерлер 3-30 см. Өсімдік қауымдастығының құрылымы үш ярусты.

Құрғақ массаның типтегі жазғы жалпы түсімі 7,5-10,0 ц/га. Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі ($\frac{\text{ц/га}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде

$$\frac{6,6}{3,7} - \frac{7,0}{4,8}, \text{ жазда } \frac{7,5}{4,4} - \frac{9,5}{5,7}, \text{ күзде } \frac{5,8}{2,8} - \frac{7,4}{3,7}, \text{ қыста } \frac{4,6}{1,8} - \frac{5,8}{2,0}.$$

Құрғақ массаның модификациялардағы жазғы жалпы түсімі 8,5-10,2 ц/га. Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі ($\frac{\text{ц/га}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{4,3}{2,9} - \frac{6,1}{4,1}$, жазда $\frac{5,9}{3,5}$

$$\frac{8,1}{5,4}, \text{ күзде } \frac{6,7}{3,5} - \frac{7,9}{3,9}, \text{ қыста } \frac{4,6}{1,8} - \frac{6,1}{2,2}.$$

Көк шөп массасының кептіру коэффициенті 50-60%-ды құрайды.

Жемнің жоғары құндылығында өнімділігі бойынша жайылым сапасы нашар және малазық қорының болуына байланысты орташадан төмен орта деңгейде.

Шөптекті дәнді дақылды, шөптекті дәнді дақылды-эфемерлі, шөптекті дәнді дақылды-ақжусанды, шөптекті дәнді дақылды-жусанды типтердің культуртехникалық жағдайы – күшті қауланған, шөптекті дәнді дақылды-жусанды модификация – орташа ұрылған, күшті қауланған; эфемерлі модификация орташа ұрылған.

Жемшөп массасының желінуіне байланысты шөптекті дәнді дақылды жайылымдар көктемгі-жаздық-күздік пайдалануға жатады. Барлық малдарды жаюға болады. Кезеңдік шабындық болып табылады.

Көкшағыр жусанды жайылымдар тобы

Типтер мен модификациялар: 9,10,11А,11Б
Жалпы ауданы 1523 га.

Берілген жайылымдық топ округтың солтүстік, батыс және орталық бөліктерінде теңбілденіп орналасқан. Ашық-сұр түсті тұзды сазды және құмды топырақта бекіген. Топ құрамында Көкшағыр жусанды, Көкшағыр жусанды-эфемерлі, Көкшағыр жусанды-шөптекті дәнді дақылды типтер ажыратылады.

Доминант – Көкшағыр жусаны. Субдоминант – шөптекті дақылдар: Садақбоз қау(тырса), Бетегебоз қау, Кәдімгі бетеге; эфемерлерден: Толық қияқөлең мен Тікмүйіз шөңгебас.

Топырақтың өсімдіктермен проективті қамтылуы 60-65%-ды құрайды. Өсімдік қауымдастығының құрылымы екі ярусты. Эфемерлер мен Көкшағыр жусанының, Кәдімгі бетегенің биіктігі 3-30 см, шөптекті дәнді дақылдар 60-70 см.

Құрғақ массаның типтегі жазғы жалпы түсімі 3,8-7,0 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі (ц/га $\frac{\text{құрғақ салмақ}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{1,6}{1,1} - \frac{4,1}{2,7}$,

$\frac{2,7}{1,6} - \frac{5,9}{3,4}$, күзде $\frac{1,7}{0,9} - \frac{4,3}{2,1}$, қыста $\frac{1,1}{0,3} - \frac{3,3}{1,1}$.

Көк шөп массасының кептіру коэффициенті 45-50%-ды құрайды.

Жемнің жоғары құндылығында өнімділігі бойынша жайылым сапасы нашар, малазық қорының болуына байланысты орташадан төмен.

Көкшағыр жусанды, Көкшағыр жусанды-эфемерлі, Көкшағыр жусанды-шөптекті дәнді дақылды типтердің культуртехникалық жағдайы таза, орташа қауланған типке жатқызылады.

Жемшөп массасының желінуіне байланысты аталған жайылымдар көктемгі-жаздық-күздік пайдалануға жатады. Барлық малдарды жаюға болады. Кезеңдік шабындық болып табылады. Мал жаю жылы кезеңдерде жүргізіледі.

Лерхов жусанды жайылымдар тобы

Типтер мен модификациялар: 12А, 12Аа, 12Б, 13А, 13Б, 13Ба, 14А, 14Аа, 14Б, 14Ба

Жалпы ауданы – 23871 га, оның ішінде модификация 3641 га.

Берілген жайылымдық топ ашық-сұр түсті тұзды құмды және сазды топырақта, жер бедерінің барлық элементтерімен бірге таралған. Лерхов жусанды, Лерхов жусанды-эфемерлі, Лерхов жусанды-шөптекті дәнді дақылды типтер мен жусанды, жусанды-шөптекті дәнді дақылды, жантақты-жусанды-шөптекті дәнді дақылды модификациялардан тұрады.

Типтегі доминант – Лерхов жусаны. Кодоминант – Лессинг жусаны. Субдоминант – эфемерлер: Толық қияқөлең мен Шөл жіңішкемасак.

Модификациядағы доминант Лерхов және Киіз жусаны мен Қырғыз жантақ. Кодоминанттарға – жусанды модификациядағы Австрия және Маршалл жусаны жатады. Субдоминанттар – эфемерлер (Толық қияқөлең, Рогоглавник пряморогий, Бурачок пустынный) және шөптекті дәнді дақылдар (Садақбоз қау, Бетегебоз қау және Кәдімгі бетеге).

Топырақтың өсімдіктермен проективті қамтылуы 60-70%-ды құрайды. Өсімдік қауымдастығының құрылымы үш ярусты. Эфемерлер мен Бөрте жусанының биіктігі 3-15 см, Лерхов жусаны мен Кәдімгі бетеге 20-30 см, ал шөптекті дәнді дақылдар 30-70см.

Құрғақ массаның типтегі жазғы жалпы түсімі 4,2-6,6 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі (ц/га $\frac{\text{құрғақ салмақ}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{2,9}{2,1} - \frac{4,4}{3,0}$,

$\frac{4,0}{2,7} - \frac{6,6}{4,2}$, күзде $\frac{3,4}{1,9} - \frac{5,6}{3,0}$, қыста $\frac{2,6}{0,7} - \frac{4,4}{1,4}$,

Құрғақ массаның модификациялардағы жазғы жалпы түсімі 7,8-9,1 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі (ц/га $\frac{\text{құрғақ салмақ}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{1,8}{1,3} - \frac{4,8}{3,2}$,

$\frac{3,0}{2,0} - \frac{8,0}{4,6}$, күзде $\frac{5,4}{3,2} - \frac{7,9}{3,9}$, қыста $\frac{4,0}{1,3} - \frac{6,2}{2,1}$.

Көк шөп массасының кептіру коэффициенті 50-55%-ды құрайды.

Жемнің жоғары құндылығында өнімділігі бойынша жайылым сапасы малазық қорының болуына байланысты орташа, орташадан төмен және нашар.

Лерхов жусанды, Лерхов жусанды-эфемерлі, Лерхов жусанды-шөптекті дәнді дақылды типтердің культуртехникалық жағдайы таза, ал жусанды, жусанды-шөптекті дәнді дақылды, жантақты-жусанды-шөптекті дәнді дақылды модификациялар орташа ұрылған және орташа қауланған типке жатқызылады.

Жемшөп массасының желінуіне байланысты аталған жайылымдар көктемгі-жаздық-күздік пайдалануға жатады. Барлық малдарды жаюға болады. Кезеңдік шабындық болып табылады. Мал жаю жылы кезеңдерде жүргізіледі.

Қара жусанды жайылымдар тобы

Типтер мен модификациялар: 15, 16, 16А, 17

Жалпы ауданы 12232 га, оның ішінде модификация 282 га.

Қара жусанды жайылымдар ауылдық округтің барлық бөлігінде ашық-сұр түсті сортаңдарда кездеседі. Қара жусанды, қара жусанды-эфемерлі, қара жусанды-көкпекті және қара жусанды-сораңды типтер мен эфемерлі модификациялар көрсетілген.

Доминант – Қара жусан. Субдоминанттар – эфемерлер: Толық қиякөлең; сораңдар: Лессинг қараматау, Боз көкпек, Жаманқұлақ, Сор бұйырғын, Бүрлі сарысазан, Тарбақ торғайоты. Модификациядағы доминант – Толық қиякөлең.

Топырақтың өсімдіктермен проективті қамтылуы 40-45%-ды құрайды. Өсімдік қауымдас­тығының құрылымы екі ярусты. Жаманқұлақ, Сор бұйырғын, Лессинг қараматау, Тарбақ торғайоты мен Бүрлі сарысазан биіктігі 5-10 см, Қара жусан мен Боз көкпек 15-40 см.

Құрғақ массаның типтегі жазғы жалпы түсімі 3,1-4,9 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі ($\frac{\text{ц/га}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{0,5}{0,3} - \frac{0,4}{0,3}$, жазда

$$\frac{0,6}{0,3}, \text{ күзде } \frac{2,2}{1,3} - \frac{3,4}{1,6}, \text{ қыста } \frac{1,9}{0,5} - \frac{2,8}{0,8}.$$

Құрғақ массаның модификациялардағы жазғы жалпы түсімі 1,9 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі ($\frac{\text{ц/га}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{2,7}{1,9}$, жазда $\frac{1,9}{1,0}$,

$$\text{күзде } \frac{1,4}{0,7}, \text{ қыста } \frac{1,1}{0,4}.$$

Көк шөп массасының кептіру коэффициенті 55-60%-ды құрайды.

Жемнің жоғары құндылығында өнімділігі бойынша жайылым сапасы орташа малазық қорының болуына байланысты орташа.

Қара жусанды, қара жусанды-эфемерлі, қара жусанды-көкпекті және қара жусанды-сораңды типтер культуртехникалық жағдайы бойынша таза, эфемерлі модификациялар орташа ұрылған типке жатқызылады.

Жемшөп массасының желінуіне байланысты қара жусанды жайылымдар күздік пайдалануға жатады. Қой, ешкі және жылқыларды жаюға болады. Мал жаю жылы кезеңдерде жүргізіледі.

Сораңды жайылымдар тобы (Боз көкпек басымдығымен)

Типтер мен модификациялар: 22, 23

Жалпы ауданы 3057 га

Сораңды жайылымдар округтің барлық аумағында кездеседі. Топ құрамында көкпекті-қара жусанды және Сораңды-қара жусанды типтер бар. Ашық-сұр түсті сортаң топырақта таралған.

Доминант – Боз көкпек (көкпек). Кодоми­нанттар – Күйреуік және Лессинг қараматау. Субдоминант – Майқара жусан.

Топырақтың өсімдіктермен проективті қамтылуы 40-50%-ды құрайды. Өсімдік қауымдас­тығының құрылымы екі ярусты. Жаманқұлақ пен Күйреуік биіктігі 30-40 см, ал қалған сораңдар мен қара жусанның биіктігі 5-15 см.

Құрғақ массаның типтегі жазғы жалпы түсімі 5,7-6,2 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі ($\frac{\text{ц/га}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): күзде $\frac{2,8}{1,9} - \frac{4,8}{2,1}$ қыста

$$\frac{3,8}{1,1} - \frac{3,8}{1,3}.$$

Көк шөп массасының кептіру коэффициенті 50-60%-ды құрайды.

Жемнің жоғары құндылығында өнімділігі бойынша жайылым сапасы жақсы малазық қорының болуына байланысты орташадан жоғары.

Көкпекті-қара жусанды және сораңды-қара жусанды типтер культуртехникалық жағдайы бойынша таза типке жатқызылады.

Жемшөп массасының желінуіне байланысты аталған жайылымдар күздік пайдалануға жатады. Қой, ешкі және жылқыларды жаюға болады. Мал жаю жылы кезеңдерде жүргізіледі.

Қамысты жайылымдар тобы

Типтер мен модификациялар: 29

Жалпы ауданы 157 га

Топ бір ғана қамысты типтен тұрады. Жағалық ашық-сұр түсті шалғындық кәдімгі сазды топырақта өзен аңғарлары мен жағаларында таралған.

Топырақтың өсімдіктермен проективті қамтылуы 80-85%-ды құрайды. Өсімдік қауым­дас­тығының құрылымы бір ярусты. Қамыстың биіктігі 180-250 см, ал дақылдар 70-90 см.

Құрғақ массаның типтегі жазғы жалпы түсімі 7,6 ц/га.

Жемдік массаның мезгіл бойынша түсімі ($\frac{\text{ц/га}}{\text{мал азықтық бірлік}}$): көктемде $\frac{3,8}{1,7}$, жазда $\frac{5,3}{2,1}$,

$$\text{күзде } \frac{4,2}{1,1}, \text{ қыста } \frac{3,7}{0,7}.$$

Көк шөп массасының кептіру коэффициенті 70-80%-ды құрайды.

Жемнің жоғары құндылығында өнімділігі бойынша жайылым сапасы жақсы малазық қорының болуына байланысты орташадан төмен.

Қамысты тип культуртехникалық жағдайы бойынша таза типке жатқызылады.

Жемшөп массасының желінуіне байланысты жайылым көктемгі-жазғы-күздік пайдалануға жатады. Барлық малдарды жаюға болады. Мал жаю жылы кезеңдерде жүргізіледі.

Жайылымдардың арасында маусымдық қолданылуына қарай көктемгі-жазғы-күзгі жайылым басымдыққа ие. Оның ауданы – 61494 га (78,3%). Көктемгі-жазғы-күзгі жемшөп қоры 392314 ц құрғақ масса немесе 242331 ц жемшөп бірлігін құрайды.

Күзгі жайылымдар ауданы – 16248 га (20,6%). Күзгі жайылымның жемшөп қоры 59974 ц құрғақ масса немесе 31448 ц жемшөп бірлігін құрайды.

Көктемгі-күзгі жайылымдардың ауданы 766 га (1%). Көктемгі-күзгі жайылымның жемшөп қоры 1875 ц құрғақ масса немесе 1166 ц жемшөп бірлігін құрайды.

Қайрақты ауылдық округі бойынша жалпы жемшөп қоры 454163 ц құрғақ масса немесе 274945 ц жемшөп бірлігін құрады. Бұдан шыға келе, мал жайылымының жүргізілу кезеңі 150 күнді құрайды және жемшөп қорының жалпы көлемінде 454163 ц құрғақ масса округ аумағында шартты түрде 1195 қой басын ұстауға мүмкіндік береді.

Жайылымдардың мәдени-техникалық жағдайына сәйкес көрсеткіштер төмендегідей болды.

Жайылымдардың жалпы көлемінен 78508 га жерден таза типке – 34879 га (44,4%), бұталанған типке – 3334 га (4,2%), тырсалы типке – 35201 га (44,9%), эфемермен және бір жылдық сорандармен аралас соғылған типке – 143 га (0,2%), екіншілік жусанды өсімдіктермен аралас соғылған типке – 4351 га (5,5%), аз желінетін және мүлде желінбейтін өсімдіктермен аралас соғылған типке – 600 га (0,8%) жатады.

Қайрақты ауылдық округінің белгілі жайылымдық аудандары интенсивті қолданылады. Осыған орай жайылымдарда эфемерлі, аз және мүлде желінбейтін, улы, екіншілік жусанды өсімдіктер кездеседі.

1-кесте – Жайылымдардың сапасын өнімділігі бойынша бағалау

Жайылымдарды пайдаланудың ұсынылатын маусымдары	Жайылымдардың ц/га жемшөп бірлігіндегі өнімділігі бойынша сапасы				
	жақсы	орташадан жоғары	орташа	орташадан төмен	нашар
Көктемгі-жазғы-күзгі	11,0-ден жоғары	7.0-11.0	4.0-6.9	2.0-3.9	2,0-ден төмен
Көктемгі	7,5-тен жоғары	5,5-7,5	3.0-5.4	1,2-2,9	1,5-тен төмен
Күзгі	3,0-4,0	2,0-2,9	1,0-1,9	-	1,0-ден төмен
Көктемгі-күзгі	Екі маусымда бір бағаланады				

2-кесте – Жайылымдар мен шабындықтардағы жемшөп сапасын өнімділігі бойынша бағалау

Жайылымдарды пайдаланудың ұсынылатын маусымдары	Жайылымдар мен шабындықтардағы жемшөптің өнімділігі бойынша сапасы (100 кг ауалық-құрғақ азықтағы жемшөп бірлігінің саны)		
	жақсы	орташа	нашар
Көктемгі	68-ден жоғары	51-68	51-ден төмен
Көктемгі-жазғы-күзгі	50-ден жоғары	40-50	40-тан төмен
Күзгі	40-тан жоғары	30-40	30-дан төмен
Шабындықтар	45-тен жоғары	45-35	35-тен төмен

Модификациялармен көрсетілгендей деградацияға ұшыраған жайылымдарды қысқарту мақсатында 1030 га жерде мал жаюды қалыпқа

келтіру, 4970 га жерде жайылым күшін азайту және 93 га жерде арамшөптермен күрес жүргізу секілді ұсыныстар жасалды.

Жайылымдарды рационалды пайдалану. Жайылымдар мен жайылымдық жемшөп жануарлар үшін маңызды. Жасыл шөптер жоғары қоректік жемшөп түрі болып табылады. Жақсы жайылымдардың шөптері, әсіресе дәнді дақылды-бұршақты өсімдіктер қосындысы 100 кг-да 10 кг дейін белок пен 100 жемшөп бірлігін құрайды. Одан бөлек, азықтық шөптің сіңімділігі көк шөпке қарағанда 15-20%-ға төмен болады. Жайылымдық көк шөпте, мысалға А витамині азықтық шөптегіге қарағанда 10 есе көп болады. Жануарлардың өсуі мен дамуына тұрақты әсер ететін минералды заттар (кальций

мен фосфор тұздары) жайылымдық шөптер құрамында болуы шарт. Жайылым құрамы жануарларға көп жақты әсер етеді. Ол түліктердің дұрыс дамуы мен өсуінің жақсаруына қолайлы жағдай жасап, әртүрлі ауруларға төзімділігін арттырады.

Осындай мәліметтерге сәйкес, зерттеу аумағының анықталған малазықтық жемшөп дайындауға тікелей жарамды өсімдіктердің химиялық құрамы анықталып, ондағы кездесетін табиғи органикалық заттар мен жалпы жемшөп массасының абсолюттік өнімділік деңгейі салыстырмалы тұрғыда анықталды.

3-кесте – Өсімдіктердің өнімділігі мен химиялық құрамы

№	Өсімдік түрлері	Жыл маусымы	Жемшөптің абсолютті құрғақ затында кездеседі, %					100 кг абс. құрғақ жемшөпте кездеседі, кг	
			протеин	майлар	клетчатка	ББЗ	зола	Сіңірілетін протеин	жемшөп бірлігі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кәдімгі бетеге (<i>тіпшақ</i>)	қыс	3,77	0,93	39,97	46,42	8,91	2,08	42,6
		көктем	13,67	2,97	27,82	45,99	9,55	9,06	72,8
		жаз	7,97	2,69	33,99	47,65	7,70	5,10	61,0
		күз	6,19	2,99	36,22	46,76	7,84	3,81	51,3
2	Бетегебоз қау	көктем	11,90	3,17	29,13	49,39	6,40	8,64	75,2
		жаз	7,01	3,31	33,28	19,14	7,26	4,69	67,4
		күз	3,92	3,70	36,48	50,47	5,43	3,18	59,2
3	Садақбоз қау (<i>тырса</i>)	қыс	4,41	1,74	35,38	51,83	6,64	2,34	47,7
		көктем	15,50	2,42	25,96	48,60	7,52	11,13	82,4
		жаз	4,84	2,62	33,80	52,58	6,16	2,01	57,6
4	Тарак бидайық	қыс	2,84	1,30	38,68	53,38	3,80	1,40	43,0
		көктем	21,52	3,30	26,22	40,17	8,79	15,70	83,0
		жаз	7,63	2,80	31,85	52,53	5,19	4,96	60,6
5	Жуашықты қоңырбас	қыс	4,26	1,16	39,04	48,19	7,35	2,25	76,3
		көктем	12,22	2,44	28,97	49,72	6,65	8,52	104,8
		жаз	6,25	1,87	33,24	53,31	5,33	3,83	87,2
6	Бытыраңқы ақмамық	қыс	6,04	1,10	38,23	45,81	8,92	3,26	56,7
		көктем	11,65	2,58	30,87	47,68	7,22	7,24	65,9
		жаз	6,72	1,98	32,68	51,50	6,60	3,98	66,1
7	Татар төскей	қыс	5,00	1,58	36,10	51,63	5,69	2,71	65,4
		жаз	10,41	4,44	22,61	53,27	9,27	5,62	66,0
		күз	9,17	5,03	25,24	52,49	8,07	4,95	66,2
8	Сор бұйырғын	жаз	10,38	1,74	14,16	44,90	28,82	7,62	71,9
		күз	9,08	2,19	19,02	43,60	26,11	6,80	70,0
9	Сарепт қауы (<i>тырсық</i>)	қыс	3,18	2,75	45,77	40,52	7,78	1,68	35,9
		көктем	13,01	2,92	30,52	44,42	9,13	9,50	75,9
		жаз	8,25	2,41	32,18	51,18	5,98	5,55	68,4
9		күз	5,40	2,30	35,01	51,27	6,02	3,23	56,2

3-кестенің жалғасы

№	Өсімдік түрлері	Жыл маусымы	Жемшөптің абсолютті құрғақ затында кездеседі, %					100 кг абс. құрғақ жемшөпте кездеседі, кг	
			протеин	майлар	клетчатка	ББЗ	зола	Сіңірілетін протеин	жемшөп бірлігі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Қызылот арпабас	қыс	3,27	0,45	36,13	53,45	6,70	1,75	47,1
		көктем	11,69	2,59	29,30	47,07	9,35	7,95	69,1
		жаз	8,29	2,52	32,29	49,34	7,56	5,25	66,0
		күз	5,24	2,34	36,89	48,05	7,48	2,81	45,1
11	Қотыр көкпек (жаманқұлақ)	жаз	7,68	2,52	17,81	41,09	29,08	7,29	70,0
		күз	10,19	3,08	19,01	43,43	26,80	5,68	70,4
12	Дала қоңырбас	қыс	3,13	1,38	38,28	49,58	7,63	1,66	42,6
		көктем	19,08	2,12	25,50	43,22	10,08	13,76	80,2
		жаз	5,24	2,28	33,33	52,45	6,70	2,46	63,2
		күз	5,68	2,11	36,12	48,80	7,29	3,14	61,6
13	Нағыз қызылбою	көктем	12,86	2,76	22,39	53,31	8,78	6,19	64,2
		жаз	10,21	3,80	22,71	54,57	8,71	4,90	65,1
		күз	5,64	3,51	28,53	55,43	6,89	2,72	61,7
14	Бөрте жусан	көктем	13,46	3,42	25,31	49,29	8,52	10,08	80,1
		жаз	10,16	5,03	25,76	52,00	7,05	6,71	73,4
		күз	8,81	6,23	27,24	50,48	7,27	5,21	74,7
15	Лерхов жусаны	көктем	15,67	5,12	21,33	47,80	10,08	11,49	85,6
		жаз	10,47	6,18	24,63	50,51	8,21	8,12	83,8
		күз	8,76	6,84	27,01	50,39	7,00	6,22	72,0
16	Лессинг түсті жусан	қыс	6,57	3,96	28,42	55,88	5,17	2,81	46,0
		көктем	17,73	4,77	21,12	45,97	10,41	13,24	81,6
		жаз	11,10	6,12	22,84	52,68	7,26	7,87	76,8
		күз	8,43	5,73	26,78	52,89	6,17	4,35	55,7
17	Көкшағыр жусан	жаз	8,46	4,06	25,62	55,24	6,62	5,40	69,1
		күз	7,65	4,01	26,31	55,81	6,22	4,51	61,0
18	Майқара жусан	көктем	16,00	2,31	22,34	49,63	9,72	11,52	82,7
		жаз	11,03	5,52	22,40	53,98	7,07	6,91	71,1
		күз	8,84	5,10	24,75	55,09	6,22	5,16	67,6
19	Кебір жусан	көктем	14,05	1,69	21,58	51,07	11,61	11,10	79,4
		жаз	11,73	5,16	23,83	52,25	7,03	9,01	77,0
		күз	8,35	6,55	23,88	55,45	5,77	6,40	83,2
20	Түйсақарын ажырық	көктем	12,04	3,50	30,42	45,01	9,03	7,17	67,8
		жаз	8,58	2,48	31,01	48,76	9,17	4,96	66,6
		күз	4,92	2,24	34,69	49,07	9,08	2,92	57,8
21	Кәдімгі қамыс	қыс	3,53	1,41	30,93	45,76	8,94	1,41	21,0
		көктем	17,50	2,06	33,74	40,80	10,40	8,52	53,5
		жаз	11,55	2,11	34,36	41,16	10,82	5,52	46,3
		күз	6,46	1,92	38,25	40,08	13,29	2,74	29,9
22	Құмебелек	жаз	13,39	1,57	26,42	48,47	10,01	8,85	72,7
		күз	10,06	1,52	27,98	52,10	8,34	5,85	61,2

Қорытынды

Осылайша, жүргізілген геоботаникалық зерттеу жұмыстарының негізінде, Ақтөбе облысы Әйтеке би ауданы Қайрақты ауылдық округіндегі мал жайылымдық жерлердің жалпы жағдайы, табиғи жер бедері, су ресурстары,

климаты, топырақ жамылғысы және өсімдіктер қауымдастығы зерттеліп, нәтижелер жинақталды.

Алынған нәтижелерге сәйкес, округ аумағындағы өсімдіктердің жалпы систематикалық тізімі жасалды. Анықталған 16 типтік топтар бойынша мәліметтер жіктеліп, өсімдік типтері-

нің маусымдық және жылдық өнімділік деңгейі есептелді. Округ ауданындағы барлық жайылымдық жерлердің маусымдық пайдаланылуына қарай Көктемгі-жазғы-күзгі, Күзгі, Көктемгі-күзгі деп жіктеліп, олардың жалпы ауданы және жемшөп қоры анықталды. Сондай-ақ, мал шаруашылығындағы негізгі жемшөп бірліктері есептеліп, тұтыну көрсеткіштері айқындалды.

Округ аумағынан мал жейтін немесе аз жейтін 22 түрлі өсімдік табылып, әрқайсысының маусымдық желінуі, малазықтық жемшөп дайындауға тікелей жарамды өсімдіктердің химиялық құрамы анықталып, ондағы кездесетін табиғи органикалық заттар мен жалпы жемшөп

массасының абсолюттік өнімділік деңгейі салыстырмалы тұрғыда анықталды.

Жүргізілген геоботаникалық іздестіру жұмыстары ауыл шаруашылық саласында және өсімдіктер қауымдастығы мен оларды дұрыс пайдалану шеңберінде аса маңызды зерттеу болып табылады. Жыл сайынғы мал басы санының өсуіне қарай, өсімдіктер санының азаюы, мал жаюдың дұрыс жүргізілмеуі флоралық дүниенің жалпы сандық азаюы мен сапалық көрсеткіштерінің төмендеуіне әкеліп соғуда. Осы мақсатта, зерттеу жүргізілген аймақ бойынша әртүрлі мал жаюды дұрыс жүргізу туралы іс-шаралар ұйымдастырылып, ұсыныстар мен талаптар енгізілді.

Әдебиеттер

- 1 Тореханов А.А., Алимаев И.И. Результаты и пути научного обеспечения использования пастбищных ресурсов в Казахстане// Кормопроизводство. – М., 2004. – № 12. – С. 6-13.
- 2 Ипатов В.С., Кириков Л.А. Фитоценология. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. – 34 с.
- 3 Демина М.И., Соловьев А.В., Четчикова Н.В. Геоботаника с основами экологии и географии растений. – Москва, 2013.
- 4 Ипатов В.С. Геоботаника: учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербур., 2010.
- 5 Бученков И.Э. Геоботаника. Краткий курс лекций. – Минск, 2012.
- 6 Работнов Т.А. Фитоценология. – М. Изд-во МГУ, 1992. – 352 с.
- 7 Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР Сельхозгиз 1950-1956, т.т. 1-3.
- 8 Жамбакин Ж.А. Улучшение сенокосов и пастбищ Казахстана. – Алматы: Қайнар, 1972. – 19-29 с.
- 9 Жанбаев К.Б. Кормовая продуктивность пастбищ Мойынкумов в зависимости от способа использования. – Алматы: Наука, 2008. – 245 б.
- 10 Прозорова Т.А., Черных И.Б. Кормовые растения Казахстана: Книга. – Павлодар 2004. – С. 278.

References

- 1 Buchenkov I.E. Geobotany. Short course of lectures., Minsk 2012
- 2 Demina M.I., Soloviev A.V., Chechetkina N.V. Geobotany with the basics of ecology and plant geography., Moscow 2013.
- 3 Ipatov V.S. Geobotany: textbook Publishing house of S.-Petersburg., 2010.
- 4 Ipatov V.S., Kirikov L.A. Phytocenology. St. Petersburg, St. Petersburg State University Publishing House, 1998 – 34 p.
- 5 Prozorova, T.A., Chernykh, I.B. Kormovyye Plant of Kazakhstan: Book-Pavlodar 2004, – С. 278.
- 6 Rabotnov TA Phytocenology. – M. Publishing House of Moscow State University, 1992. – 352 p.
- 7 Surroundings of senokos and patronage of СССР Selkhozgiz 1950-1956, vol. 1-3.
- 8 Torekhanov A.A., Alimaev I.I. Results and ways of scientific support for the use of pasture resources in Kazakhstan // Kormoproizvodstvo.- М., 2004.-№ 12.- Р.6-13.
- 9 Zhambakin J.A. Improvement of senokos and pastures of Kazakhstan. – Almaty: Kainap, 1972. – 19-29 с.
- 10 Zhanbaev, K. B. The Kormovaya Productibility of the Moynkum Passages, depending on the method of use. – Almaty: Science, 2008 – 245 p.

МАЗМҰНЫ–СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақалалар – Обзорные статьи

Demirbağ Z., Zayadan K.B., Balouch H., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K., Karabekova A.N., Kozhan D.
A Review on Metagenomic Approaches to Assess Microalgal Diversity: Options & Challenges 4

1-бөлім Раздел 1 Қоршаған ортаны қорғау Воздействие на окружающую среду және қоршаған ортаға антропогендік антропогенных факторов и защита факторлардың әсері окружающей среды

Abdibattayeva M., Xintai Su, Almatova B., Umbetbekov A., Satarbayeva A., Asanova G.
Soil degradation due to pollution by oil and oil products and the development of a way to prevent them 24

Anuarbek Sh.N., Abugalieva S.I., Chudinov V.A., Tuberosa R., Pecchioni N., Turuspekov Ye.K.
Comparative assessment of the yield components of the tetraploid wheat world collection 39

Can Y., Qiao X., Akimbekov N.Sh., Zhubanova A.A., Malik A.M.
The solubilization of lignite by selective strains of bacteria 50

Алыбаева Р.А., Шилманова У.А., Инелова З.А., Атабаева С.Д.
Жаздық арпа генотиптерінің мырыш пен кадмийге тұрақтылығын зерттеу 60

Асқарұлы Қ., Азам С., Шинтай Су, Жақсылық Н.
Таза кремний тотығын күріш қауызының күлінен синтездеу және оның сипаттамалары 69

2-бөлім Раздел 2 Қоршаған орта ластаушыларының биотаға Оценка действия загрязнителей және тұрғындар денсаулығына окружающей среды на биоту и әсерін бағалау здоровье населения

Malik A.M., Akimbekov N.Sh., Zhubanova A.A., Abdieva G.Zh., Digel L.E., Ualieva P.S.
Screening of biosurfactant - producing microorganisms 80

Rysbekov K., Usen K., Akhtaeva N., Osmonali B., Nurmakhanova A., Mukanova G.
Examination and current state of vegetation of technologically disturbed lands of SSGPO 90

Заядан Б.К., Маторин Д.Н., Акмуханова Н.Р., Садвакасова А.К., Болатхан К., Бауенова М.Ө., Каренеева Ж., Төреханова М.М.
Chlamydomonas reinhardtii жасыл микробалдырының пигментті мутанттарын алу және олардың морфологиялық қасиеттері мен фотосинтез аппараттарының жағдайын зерттеу 100

Кенжетәев Г.Ж., Пермяков В.Н., Серикбаева А.К., Сырлыбекқызы С., Койбакова С.Е.
Оценка суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами в прибрежной зоне мыса Песчаного 111

3-бөлім Раздел 3 Биологиялық Актуальные проблемы алуантүрлілікті сақтаудың сохранения биологического өзекті мәселелері разнообразия

Иманалинова А.А., Усен К., Бекмухамедов Н.Е.
Осеннее состояние пастбищной растительности предгорий Чу-Илийских гор 124

Кожабаяева Э.Б., Аблайсанова Г.М., Амирбекова Ф.Т., Пазылбеков М.Ж., Абилов Б.И.
Современное состояние радужной форели *Parasalmo Mукiss* в Кольсайских озерах 132

Насыров Н.Б., Курманбаева М.С.
Ақтөбе облысы Әйтеке би ауданы Қайрақты ауылдық округіндегі мал жайылымдарындағы өсімдіктердің мәдени-техникалық жағдайын бағалау 142

CONTENTS

Review

- Demirbağ Z., Zayadan K.B., Balouch H., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K., Karabekova A.N., Kozhan D.*
A Review on Metagenomic Approaches to Assess Microalgal Diversity: Options & Challenges 4

Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protectiony

- Abdibattayeva M., Xintai Su, Almatova B., Umbetbekov A., Satarbayeva A., Asanova G.*
Soil degradation due to pollution by oil and oil products and the development of a way to prevent them 24
- Anuarbek Sh.N., Abugaliyeva S.I., Chudinov V.A., Tuberosa R., Pecchioni N., Turuspekov Ye.K.*
Comparative assessment of the yield components of the tetraploid wheat world collection 39
- Can Y., Qiao X., Akimbekov N.Sh., Zhubanova A.A., Malik A.M.*
The solubilization of lignite by selective strains of bacteria 50
- Alybaeva R.A., Shilmanova U.A., Inelova Z.A., Atabayeva S.D.*
Study of resistance of spring barley genotypes to zinc and cadmium 60
- Askaruly K., Azat S., Su Xintai, Zhaksylyk N.*
Preparation of pure silica from rice husk ash and its characteristics 69

Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health

- Malik A.M., Akimbekov N.Sh., Zhubanova A.A., Abdieva G.Zh., Digel L.E., Ualiyeva P.S.*
Screening of biosurfactant - producing microorganisms 80
- Rysbekov K., Usen K., Akhtaeva N., Osmonali B., Nurmakhanova A., Mukanova G.*
Examination and current state of vegetation of technologically disturbed lands of SSGPO 90
- Zayadan B.K., Matorin D.N., Akmukhanova N.R., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K., Bauyenova M.O., Kareneeva Zh., Torekhanova M.M.*
Pigment mutants of the green microalga *Chlamydomonas reinhardtii*: morphological properties and photosynthetic performance 100
- Kenzhetayev G.Zh., Permyakov V.N., Serikbayeva A.K., Syrlybekkyzy S., Koibakova S.E.*
Assessment of total soil contamination with heavy metals in the coastal area of the cape peschany 111

Section 3 Actual problems of biodiversity conservation

- Imanalinova A.A., Ussen K., Bekmuhamedov N.Ye.*
Autumn condition of rangeland vegetation in the foothills of the Chu-Ili mountains 124
- Kozhabaeva E.B., Ablaisanova G.M., Amirbekova F.T., Pazylbekov M.Zh., Abilov B.I.*
The modern condition of rainbow trout *Parasalmo mykiss* from the Kolsai lakes 132
- Nassyrov N.B., Kurmanbaeva M.S.*
Assessment of cultural-technical condition of plants in pastures of Kayrakta rural district of Aitekebi district of Aktobe region 142